JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE

RADOVI

VII JUGOSLAVENSKOG SIMPOZIJUMA
ZAŠTITA OD ZRAČENJA

U organizaciji Instituta za medicinska istraživanja
i medicinu rada JAZU

22,23,24,25,26 listopad 1973
KAŠTEL STARI

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE

R A D O V I

VII JUGOSLAVENSKOG SIMPOZIJUMA
ZAŠTITA OD ZRAČENJA

U organizaciji Instituta za medicinska istraživanja
i medicinu rada JAZU

22, 23, 24, 25, 26 listopad 1973
KAŠTEL STARI

Organizacioni odbor:

Predsjednik:	Popović V.	(Zagreb)
Članovi:	Bauman Alica	(Zagreb)
	Srdoč D.	(Zagreb)
	Dvornik I.	(Zagreb)
	Breyer B.	(Zagreb)
	Sterle M.	(Ljubljana)
	Cevc P.	(Ljubljana)
	Merkaš Z.	(Beograd)
	Teodosievski G.	(Skopje)
	Buzadžić Z.	(Beograd)
	Đukić Z.	(Beograd)
	Radovanović R.	(Beograd)
	Simić B.	(Sarajevo)
	Gugić P.	(Split)

Tehnička organizacija: Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb, Moše Pijade 158

VII SIMPOZIJUM JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD
ZRAČENJA, KAŠTEL STARI 22-26 OKTOBAR 1973. GODINA
Dr Zdenko Čanić
Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba

DVADESET GODINA RADA ZAVODA ZA ZAŠTITU ZDRAVLJA GRADA ZAGREBA NA ZDRAVSTVENOJ ZAŠTITI OSOBA KOJE SU PROFESIONALNO IZLOŽENE IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU

Autor prikazuje rezultate medicinskih pregleda osoba izloženih ionizirajućem zračenju u periodu 1953-1972 godine. Od 2073 osoba 6,2 % je imalo utvrdjeno profesionalno oštećenje. Na kraju autor se osvrće na postojeće zakonske propise zaštite od zračenja, i daje sugestije za izmjenu.

Opasnost od rendgenskih zraka i zračenja koje emitiraju redioaktivne materije bila je poznata već odavna, dovoljno je spomenuti, da su već Pierre i Marie Curie imali kožne povrede uslijed zračenja. No usprkos tome, broj oštećenja uslijed zračenja se kod istraživača, liječnika- rendgenologa, i drugog medicinskog osoblja neprestano povećavao, tek od 1920 godine pojedine države su počele donositi propise kojima su odredjivane mjere zaštite od ionizirajućeg zračenja.

Sa razvojem medicine i tehnike, sve se više širi krug osoba koje su profesionalno izložene ionizirajućem zračenju, pa mjere zaštite i nadzor nad eksponiranim osobama postaju sve složenije.

U ovom referatu želim da ukratko prikažem ciljeve, metode i rezultate Odjela za patologiju rada, Zavoda za zaštitu zdravlja grada Zagreba /bivšeg Higijenskog Zavoda/, povodom dvadesetogodišnjice osnivanja Zavoda.- Zdravstveni pregledi medicinskog osoblja koje je bilo izloženo zračenju počeli su se doduše vršiti već i ranije, tj. u Ambulanti za profesionalne bolesti koja je bila najprije u sastavu Socijalnog osiguranja, a zatim Instituta za medicinska istraživanja. Osnivanjem Zavoda ta Ambulanta postaje radna jedinica u sklopu Zavoda, i od tada tek ima široke mogućnosti razvoja i rada. Od nje se razvija Odjel, koji i pored niza drugih poslova i nadalje je obimno radio na problemima zaštite od zračenja.

Z A D A C I koje si je Odjel zacrtao na području zaštite od zračenja bili su slijedeći:

a/ organizirati i aktivno raditi profesionalnu selekciju osoba koje bi mogle u toku rada biti izložene ionizirajućem zračenju

b/ Organizirati i aktivno sprovoditi zdravstveni nadzor nad osobama koje su izložene zračenju, odnosno vršiti periodske medicinske preglede takvih osoba,

c/ vršiti ocjenu preostale radne sposobnosti u slučajevima profesionalnih oštećenja uslijed zračenja

d/ prikupljati, obradjivati i analizirati uvjete rada osoba izloženih zračenju i predlagati mjere za unaprijedjenje zaštite.

U odnosu na postavljene zadatke, u svome izlaganju prvestveno bi se osvrnuo na zdravstveni nadzor nad eksponiranim osobama, te broj i vrstu utvrdjenih profesionalnih oštećenja. Razumljivo je da se naša djelatnost bazirala na zakonskim propisima, koji su se kroz taj dugi vremenski period i mijenjali, pa sada Pravilnik o zdravstvenim pregledima i zdravstvenim uvjetima osoba koje rade sa izvorima ionizirajućeg zračenja predstavlja temelj za medicinske kriterije.

U tome vremenskom perindu od dva decenija pod našom kontrolom su bile sveukupno 2.073 osobe, od toga 897 muških i 1.176 žena. Ovdje nisu uračunate osobe koje su bile samo na tzlv. prethodnom pregledu prije uposlenja ili školovanja. Neke od tih 2.073 osoba su bile samo dva do tri puta na pregledima, a 1.149 osoba je bilo lo i više puta na pregledu. U podatke su dakako uključeni i oni koji su već u penziji kao i već umrle osobe. Svega je izvršeno preko 26.ooo zdravstvenih pregleda sa kompletnom laboratorijskom obradom. Klinički pregled je vršio specijalista medicine rada, a hematološka obrada se sastojala od kompletne krvne slike, trombocita, retikulocita te vremena krvarenja i zgrušavanja. Kod svakog ispitanika se za svaku vrst krvne pretrage uzimala dva uzorka /preparata/, te se izračunavala srednja vrijednost. U slučaju potrebe konzultirani su i liječnici drugih specijalnosti, a kod dubioznih nalaza pacijent je bio upućen na odgovarajući odjel kliničke bolnice radi daljnje obrade.

Na temelju ovako kompletne obrade svakog pacijenta, utvrdjena je profesionalno oštećenje kod 13o osoba /vidi tabela 1, 2, 3/, odn. kod 6,2% osoba koje su bile pod nadzorom bila je potrebna privremena ili trajna promjena radnog mjesta ili invalidska mirovina, s razloga jer su promjene bile takve vrste i težine da su ispunjavali uvjete Liste prof. bolesti iz Zakona o invalidskom osiguranju. Prolazne leukopenije, lakši dermatitisi i druga slična stanja koja nisu zahtjevala promjenu radnog mjesta ili bolovanje nisu razumljivo uključena u navedenu obradu. Profesionalna oštećenja u industriji zapažamo tek posljednjih godina, a najveći broj oštećenja je bio u zdravstvu.

Ako pogledamo tabelu 4., upasti će nam u oči da se kod liječnika većinom radilo o oštećenju kože, dok kod rendgen tehničara i ostalog ppmoćnog osoblja su prevagnula oštećenja krvi i krvotvornih organa. Do navedenih razlika u vrsti i broju oštećenja razlog je, po mojem mišljenju, što su liječnici /napose rendgenolozi i ftizeolozi /bliže direktnom snopu zračenja, a pomočno osoblje je više izvrgnuto ozračivanju čitavog tijela. Interesantno je napomenuti, da od 78 profesionalno oštećenih liječnika, njih 27 tj. skoro tećina otpada na period 1947 -1952. Razlog je vjerojatno u tome, što je neposredno nakon završetka rata, radi malog broja liječnika te loših i nezaštićenih rendgen aparata bila i ekspozicija vrlo velika.

Treba medjutim napomenuti da su naši podaci, kako o broju eksponiranih tako i o broju profesionalno oštećenih osoba nepotpuni. Radi nemara izvjestan broj eksponiranih je neredovito dolazio na preglede ili uopće nije dolazio / u čemu prednjače liječnici/.

Zatim u periodu kada su se sva bolovanja plaćala 1oo%, sigurno je da nismo mogli sva oštećenja registrirati, jer nije bilo potrebno da se pacijent k nama javi, a obaveza prijavljivanja profesionalnog oboljenja se nepotpuno izvršavala. Osim toga, uvjeren sam da je bilo slučajeva oštećenja ionizirajućim zračenjm koji su bili k liječani pod raznim drugim diagnozama, a da nisu bili upućivani k nama.

Smatram da neću mnogo pogriješiti ako ustvrdim da smo registrirali samo 6o-7o % oštećenja od ionizirajućeg zračenja, pa ako je prema našim podacima 6,2 % osoba pod nadzorom bilo oštećeno, realna bi bila procjena da je cca 1o% eksponiranih bilo oštećeno zračenjem.

Da bi se moglo ispravno procijeniti zdravstveno stanje eksponiranih osoba, potrebno je imati medicinsku dokumentaciju o stanju prije ekspozicije, Prema našim podacima, od 2o73 osobe pod nadzorom, prije ekspozicije je bilo svega 489 tj. cca 24 % kod nas na pregledu. Napose nam se prijašnjih godina dešavalo, da se na redoviti godišnji periodički pregled upućuju novouposlene osobe koje već pola godine i više rade u sferi ionizirajućeg zračenja. Zatim, zapošljavanju se osobe koje su u nekom drugom mjestu već bile izložene zračenju, ali bez ikakve dokumentacije o zdravstvenom stanju i primljenim dozama zračenja. Ovakva situacija otežava procjenu zdravstvenog stanja u slučaju sumnje na profesionalno oštećenje.

Smatrali smo i smatramo, da zdravstveni nadzor nad eksponiranim osobama treba neprestano uskladjivati sa suvremenim dostignućima medicinske nauke /s obzirom na ekspoziciju, patološke promjene i procjenu preostale radne sposobnosti/. Osnovna misao nam je bila, ne dopustiti da dodje do ireparabilnih oštećenja zdravlja, ali isto tako da ne stvaramo bespotrebne invalide rada. U tome nastojanju je trebalo kadšto naći kompromis izmedju suvremenih medicinskih gledišta i suhoparnih zakonskih propisa. Prolazna leukopenija ili leukocitoza bi "činovnički gledana" kadšto zahtjevala ukloniti sa radnog mjesta praktično zdravu osobu. S toga razloga smo pri prosudjivanju hematoloških nalaza najprije detaljnom obradom isključili etiološke faktore uslijed kojih bi moglo doći do sličnih promjena u krvi. Zatim, držali smo se principa, da jedan patološki hematološki nalaz ne može biti potvrda da se radi o oštećenju krvotvornih organa, i da se zaključak o oštećenju može donijeti jedino na temelju ponovljenih pretraga krvi.

U pogledu procjene radne sposobnosti osoba izloženih ionizirajućem zračenju, napose što se tiče oštećenja krvotvornih organa izvršili smo više raznih ispitivanja. Ovdje bi prikazao neke rezultate laboratorijskih pretraga krvi, i odnos tih rezultata sa propisima za ocjenu radne sposobnosti u sferi zračenja, a radjeno je 1971. godine.

Te, tj. 1971. godine, izvršili smo periodični medicinski pregled kod 56o osoba, iz obrade smo isključili 5 osoba sa prekoračenom primljenom dozom, zatim smo isključili sve one slučajeve, gdje se na temelju anamneze ili kliničkog nalaza sumnjalo ili utvrdilo da dotična osoba boluje od bolesti koja dovodi do promjena u krvnoj slici ili uzima lijekove koji djeluju na krvotvorne organe. Tako nam je za obradu ostalo 446 osoba, od toga 2o6 muških i 24o žena /Tabela br. 5/.

Izvan Pravilnikom propisanih graničnih vrijednosti broja eritrocita nalazi se 1 % muškaraca i 3 % žena. Što pak se tiče broja leukocita, situacija u odnosu na Pravilnik je lošija. Od 446 pregledanih 25 osoba tj. 5,5 % ima manji broj, a 13 osoba tj. 3 % ima veći broj leukocita, nego što dozvoljava Pravilnik / Vidi tabelu br. 6/. Ako uzmemo u obzir da se radilo o uglavnom radno sposobnim osobama, koje bi trebalo, makar i privremeno, isključiti od rada u sferi zračenja, postotak je velik.

Kod broja limfocita situacija je još gora Pravilnik odredjuje samo postotak, a ne govori ništa o apsolutnom broju. Prema nalazima /Vidi tabelu br. 7/, 63 osobe odnosno 14% pregledanih bi trebalo da bude isključeno od rada u sferi zračenja. Napominjem, da je kod većine ovih osoba jedini nalaz za diskvalifikaciju bio postotak limfocita izvan Pravilnikom propisanih norma.

Na osnovu iznesenog smatram, da bi član 8 Pravilnika trebalo mijenjati tako da sadrži slijedeće normative:

- osobe koje se nalaze na radnim mjestima izloženim ionizirajućim zračenjima, moraju imati slijedeću krvnu sliku:
  broj bijelih krvnih zrnaca 3500-10.000 u cmm.
  limfocita 800 do 4000 u cmm /procentualno 20-50%/
  polimorfonukleara 40 do 75%
  broj crvenih krvnih zrnaca:
  muškarci - 3,800.000 do 5,500.000
  žene - 3,500.000 do 5,000.000
- broj trombocita i vrijeme krvarenja će ovisiti i o dogovorenoj metodici pretrage. Predlažem da se obavezno odredjuju i retikulociti,
- metodika uzimanja uzoraka i brojenja takodjer bi trebala da bude obuhvaćena jednim članom izmijenjenog odnosno novog Pravilnika,
- zahtjevi za zdravstveno stanje osoba koje će tek raditi u sferi zračenja i osoba koje već rade /možda cecenijima/ se tako malo razlikuju, da je to neprihvatljivo.

Općenito govoreći, trebalo bi čitav Pravilnik mijenjati, jer se pojedine stavke mogu široko i proizvoljno tumačiti, kao primjer citiram iz člana 5: " sa zatvorenim izvorima ionizirajućih zračenja ne mogu raditi osobe koje boluju od teže funkcionalne neuroze i psihoneuroze".

Ove sugestije u izmjeni Pravilnika, ne smatram za konačni prijedlog, već kao prilog diskusiji, i smatram da bi samo jedna komisija stručnjaka mogla izraditi konačni prijedlog nacrta Pravilnika.

Na kraju, smatrajući da sam u ovom kratkom feeratu uspio prikazati samo nekoliko isječaka iz dvadesetgodišnjeg rada, kako moje ustanove tako i mene osobno, na području zaštite od zračenja, ujedno zahvaljujem svim svojim bivšim i sadašnjim suradnicima, a napose prim. dr Miroslavu Fleischhackeru, jer su oni, svojim radom i zalaganjem, omogućili da imam o čemu govoriti. Ja sam samo nastojao da sumiram neke rezultate zajedničkog rada.

a b c č ć d e f g h ij k l m n o p r s š t u v w z ž

POKAZNO-PREGRADNI KARTON

Red. broj	PREZIME I IME RADNIKA	Mjesto, ulica i kućni broj	Osobni, radni broj	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				

Birozavod Zagreb
Dokumentacijski obrazac 5214
Preštampavanje zabranjeno!
Obrazac OO-Ok

Broj utvrđenih profesionalnih oštećenja i vrste

Tabela 1. /period 1947-1952/

Oštećeni organ	Profesionalna ekspozicija		Ukupno
	zdravstvo	industrija	
Koža	30	1	31
Krv i krvotvorni organi	8	2	10
Oči /kararakta/	-	-	-
S v e g a :	38	3	41

Tabela 2. /period 1953-1972./

Oštećeni organ	Profesionalna ekspozicija		Ukupno
	zdravstvo	industrija	
Koža	46	3	49
Krv i krvotvorni organi	25	12	37
Oči /kararakta/	3	-	3
S v e g a :	74	15	89

Tabela 3. /sveukupno-period 1947-1982./

Oštećeni organ	Profesionalna ekspozicija		Ukupno
	zdravstvo	industrija	
Koža	76	4	80
Krv i krvotvorni organi	33	14	47
Oči /katarakta/	3	-	3
S v e g a :	112	18	130

Profesionalno oštećenje zdravstvenog osoblja
za period 1947 - 1972

Tabela 4

Radno mjesto	Oštećeni organ	Liječnici	Tehničari sestre i ostalo osoblje	Svega
Grad Zagreb	Koža	49	7	56
	Krv	3	26	29
	Oči	3	-	3
Ostala mjesta koja gravitiraju prema Zagrebu	Koža	2o	-	2o
	Krv	3	1	4
Svega	-	78	34	112

Dobne skupine pregledanih u 1971. godini

Tabela 5

Dobna skupina-god.	Muški	Žene	Ukupno	%
16-2o		6	6	1,3
21-25	25	38	63	14,2
26-3o	18	5o	68	15,2
31-35	34	32	66	14,8
36-4o	35	38	73	16,5
41-45	33	24	57	12,8
46-5o	32	29	61	13,7
51-55	14	9	23	5,1
56-6o	8	14	22	4,9
61-65	7	-	7	1,5
Svega	2o6	24o	446	1oo %

Distribucija % leukocita pregledanih osoba

Tabela br. 6

Broj leukocita	Broj osoba			
	Muški	Ženske	Svega	%
25ol-3oo	2	-	2	o,4
3ool-35oo	1	3	4	o,9
35ol-4ooo	8	11	19	4,2
4ool-45oo	19	35	54	12,1
45ol-5ooo	26	42	68	15,2
5ool-55oo	4o	39	79	17,8
55ol-6ooo	22	35	57	12,8
6ool-7ooo	42	51	93	2o,9
7ool-8ooo	27	21	48	1o,8
8ool-9ooo	8	1	9	2,o
9ool-1oooo	9	1	1o	2,2
1ooo1-11ooo	1	1	2	o,4
11ooo1-12ooo	1	-	1	o,2
Svega	2o6	24o	446	1oo,o

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari od 22. do 26. oktobra 1973.

Ćirić Vladimir, magistar fizike, Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije, Beograd

Radenković Dragoljub, dipl. inž., Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije, Beograd

PRIKAZ PRAVILNIKA O MERAMA ZA UČEŠĆE U RADIJACIONO-HEMIJSKO-BIOLOŠKOJ ZAŠTITI NAUČNOISTRAŽIVAČKIH INSTITUTA, LABORATORIJA, HIDROMETEOROLOŠKE SLUŽBE I DRUGIH ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA[1]

Rezime. Na osnovu Zakona o narodnoj odbrani[2] i Zakona o opštenarodnoj odbrani[3] donet je Pravilnik o merama za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada. Dat je kratak sadržaj pravilnika, obrazloženje donošenja istog, zatim kako se sprovodi u praksi i zaključci a vezi sa tim.

Uvod

Prema koncepciji o opštenarodnoj odbrani, sve društvene strukture su uključene u odbrambeni sistem zemlje. Zakonom o narodnoj odbrani i Zakonom o opštenarodnoj odbrani se utvrđuje ko propisuje mere za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada. Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije je, u saradnji sa odgovarajućim republičkim organima uprave, doneo Pravilnik o merama za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada. Ovaj pravilnik je stupio na snagu aprila 1973. godine.

Sadržaj pravilnika

Pravilnik sadrži tri poglavlja i to:

1. Opšte odredbe

2. Organizovanje i izvršavanje mera radijaciono-hemijsko-biološke zaštite i

3. Završna odredba.

U opštim odredbama pravilnika je definisano sledeće:

- Šta obuhvataju mere radijacione-hemijske-biološke (u daljem tekstu RHB) zaštite,

- ko učestvuje u izvršavanju mera RHB-zaštite, obim, vreme i način izvršavanja,

- organi i organizacije na koje se odnosi pravilnik, a to su: instituti, hidrometeorološka služba, organizacije udruženog rada kojo se u okviru redovne delatnosti bave RHB-zaštitom iz oblasti zdravstva, snabdevanja lekovima, veterine i poljoprivrede,

- organizacije udruženog rada, kojo raspolažu laboratorijama i odgovarajućim kadrovima, iz sledećih oblasti: hemijska, farmaceutska, prehrambena, duvanska, tekstilna, elektronska, elektro i automobilsko-mašinska industrija, zatim industrija nafte i naftinih derivata, nemetala, za proizvodnju i preradu plastičnih mase i rudarstva,

- srednje, više i visoke škole i fakulteti.

Poglavlje o organizovanju i izvršavanju mera RHB-zaštite sadrži:

a) Radi izvršavanja mera RHB-zaštito, organi i organizacije obrazuju:

- stanice za RHB-zaštitu,

- centre za RHB-zaštitu, i

- specijalističke laboratorije za RHB-zaštitu.

b) Stanice za RHB-zaštitu, u oblasti zaštite od zračenja, vrše:

- detekciju beta i gama zračenja u uzercima životne sredine i biološkog materijala (vazduh, voda, hrana, sanitetski materijal i lekovi) prenosnim uređajima;

- dozimetriju iks i gama zračenja;

- uzimanje uzoraka materijala sumnjivog na R-agense i slanje u centar na ispitivanje;

- dekontaminaciju ljudi, domaćih životinja i materi-

jalno-tehničkih sredstava i

- pružanje stručne pomoći u sprovođenju mera zaštite.

c) Centar za RHB-zaštitu, pored mera koje spadaju u obradu uzoraka u stanici za RHB-zaštitu, u oblasti zaštite od zračenja, vrši:

- merenje specifične radioaktivnosti u uzorcima životne sredine i biološkog materijala kontaminiranih fisionim produktima;

- dekontaminaciju vode, hrane, lekova, sanitetskog materijala, zemljišta, objekata, odeće, obuće i drugih sredstava;

- dekontaminaciju povređenih i obolelih ljudi i domaćih životinja;

- učešće u urgentnoj profilaksi radioprotektorima i zbrinjavanju povređenih od dejstava NHB b/e;

- učešće u proceni RHB-situacije;

- praćenje stručnih dostignuća iz oblasti RHB-zaštite.

d) Specijalistička laboratorija za zaštitu od zračenja vrši:

- konačnu identifikaciju mogućih nepoznatih supstanci u životnoj sredini (vazduh, voda, hrana, zemljište rastinje, predmeti opšte upotrebe i dr.);

- davanje konačnog mišljenja u pogledu identifikacije uzročnika izolovanih u centrima za RHB-zaštitu;

- učešće u proceni radijacione situacije;

- praćenje naučnih i stručnih dostignuća iz oblasti zaštite od zračenja.

e) Hidrometeorološka služba vrši:

- prati R-kontaminaciju vazduha i vode;

- učestvuje u proceni RHB-situacije.

U završnoj odredbi je napisan datum kada pravilnik stupa na snagu.

Obrazloženje pravilnika

Svi poslovi detekcije i merenja jonizujućih zračenja,

identifikacije radionuklida, dozimetrije, pružanja prve pomoći i zaštite su vrlo složeni, zahtevaju visoku stručnost, iskustvo i umešnost, složeno uređaje i opremu, uvežbanost u radu i ulaganja znatnih finansijskih sredstava. Da bi se svi navedeni poslovi mogli izvršavati, neophodno je utvrditi organizaciju i metodologiju rada, preporučiti aparate, uređaje i opremu za rad, osposobiti kadrove i doneti odgovarajuća normativna akta neophodna za rad.

Specifičnost i složenost zaštite od zračenja uslovljava da se za njihovu adekvatnu realizaciju angažuju odgovarajući kadrovi i materijalno-tehnička sredstva visokih tehničkih mogućnosti.

Radne organizacije, koje po prirodi svoje delatnosti mogu mnogo da učine na planu zaštite od zračenja, su bile nedovoljno angažovane. Osposobljavanjem i uključivanjem određenih kategorija radnih organizacija, na primer iz zdravstva, veterinarstva, poljoprivrede i prehrambene industrije, biće obezbeđena briga i pomoć ljudima i zaštita materijalnih dobara, kako u mirnodopskom periodu, tako i u vanrednim uslovima.

Ovaj pravilnik daje određena stručna i organizaciona rešenja, koja će doprineti efikasnijem sprovođenju mera i zadataka RNB-zaštite, koje treba da provode određene kategorije radnih organizacija. Pravilnik obezbeđuje:

- stručnu pomoć odgovornim organima u društveno-političkim zajednicama i organizacijama udruženog rada u odlučivanju koju vrstu poslova iz zaštite od zračenja treba da obavljaju na osnovu procene ugroženosti, potreba i mogućnosti,
- uključivanje stručnog kadra raznih specijalnosti i materijalno-tehničkih sredstava visokih tehničkih mogućnosti u sprovođenju mera i zadataka zaštite od zračenja,
- stimulisanje organizacija udruženog rada za određene poslove za potrebe redovne delatnosti, a koje do sada nisu našli odgovarajuće mesto (na primer merenje radioaktivnosti u

životnoj sredini i hrani),

- dugoročnije planiranje finansijskih sredstava za opremanje civilne zaštite materijalno-tehničkim sredstvima za zaštitu od zračenja,

- racionalnije ulaganje finansijskih sredstava u opremu i obuku kadrova na osnovu planske raspodele poslova koje treba da sprovedu odgovorni organi u društveno-političkim zajednicama i organizacijama udruženog rada,

-jedinstvenu (tipsku) opremu koja omogućuje jednoobraznost u radu, a naročito u interpretiranju rezultata merenja.

U protekl.om periodu se radilo na izgrađivanju elemenata koji treba da budu sastavni deo opšteg sistema mera zaštite od zračenja. U prvom redu se radilo na obuci tj. na stručnom usavršavanju kadrova koji rade u zdravstvu, privredi i obrazovanju.

Primena pravilnika

Pre donošenja pravilnika otpočelo se sa obukom kadrova sa visokom stručnom spremom i to najpre instruktorskog, a zatim kadrova koji će raditi neposredno na sprovođenju mera zaštite od zračenja. To je ustvari bio eksperimentalni period gde se ispitivao put i način za primenu napred navedenih zakonskih odredbi. Pošto su rezultati eksperimenta opravdali očekivanja, pristupilo se izradi i donošenju pravilnika.

Uključujući navedeni period sprovođenje pravilnika se odvija u tri etape koje nisu vremenski odvojene.

U prvoj etapi se otpočelo sa obukom kadrova, kako instruktorskog tako i kadra koji će raditi neposredno na sprovođenju mera zaštite od zračenja. Obuka instruktorskog kadra je uglavnom sprovedena u periodu 1970.-1972. godine. Tada se počelo sa obukom kadrova sa visokom stručnom spremom, koji će neposredno biti angažovani na sprovođenju mera i zadataka iz zaštite od zračenja. Ova etapa će duže trajati, jer stručnog kadra koji dolazi u obsir za obuku ima dosta, a sama obuka zahteva znatnija

finansijskih sredstava.

Drugu etapu karakteriše snabdevanje stanica, centara i specijalističkih laboratorija materijalno-tehničkim sredstvima za zaštitu od zračenja i to: prenosni detektori, dozimetri, radiometrijska laboratorija, lična zaštitna sredstva (zaštitna maska, zaštitni kombinezon od gumiranog platna, rukavice, čizme, zaštitna pasta za obuću, sredstva za dekontaminaciju) i druga potrebna sredstva. Težište rada je na opremanju centara i specijalističkih laboratorija radiometrijskom laboratorijom LARA-10. Istovremeno se sprovodi i obuka kadra, koji treba da radi sa ovom laboratorijom.

U trećej etapi se predvida organizovanje vežbi i interkomparacije. Na primer za 1974. godinu je planirana interkomparacija sa laboratorijama LARA-10.

Zaključak

1. Sprovođenje pravilnika predstavlja deo aktivnosti civilne zaštite SR Srbije na zaštiti ljudi i materijalnih dobara od jonizujućih zračenja u vanrednim situacijama.

2. Pravilnik treba da osnori uključivanje radnih organizacija, koje raspolažu laboratorijama i odgovarajućim stručnim kadrom, za sprovođenje mera zaštite od zračenja za potrebe civilne zaštite.

Abstract

A REVIEW OF THE REGULATION FOR ENGAGEMENT OF SCIENTIFIC INSTITUTES, LABORATORIES, HYDROMETEOROLOGICAL SERVICE AND OTHER SIMILAR ORGANIZATIONS IN RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL (RCB) PROTECTION

On the bases of the Law for National Defence and the Law for the General National Defence, a Regulation for engagement of the scientific institutes, laboratories, hydrometeorological service and other similar organizations in RCB-protection

has been introduced. A short summary of the Regulation, explanation of the necessity of its introduction, and the implementation in practice are discussed.

Reference

(1) Pravilnik o merama za učešće u radijacionо-hemijske-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada; "Službeni glasnik SR Srbije", broj 14/73.

(2) Zakon o narodnoj odbrani, "Službeni list SFRJ", broj 8/69.

(3) Zakon o opštenarodnoj odbrani, "Službeni glasnik SR Srbije", broj 27/70.

Srdjan Mitrović

NEKA PITANJA ZAŠTITE OD ZRAČENJA I ZAŠTITE OKOLINE U JUGOSLAVIJI

Institut "Boris Kidrič"

1.- UVOD

Ovih dana se navršilo u Jugoslaviji sedam vekova od prvog pisanog dokumenta o zaštiti životne sredine (Statut Dubrovačke republike iz 1272.god.) i četvrt veka od početka radova na razvoju nuklearne energije i zaštite od zračenja.

Medjutim, i pored relativno ranih početaka brige o zaštiti sredine i zaštiti od zračenje, zbog poznatih istorijskih i ekonomskih razloga, ne može se govoriti o nekim spektakularnim iskustvima na ovim poljima. Pa ipak današnji trenutak je za Jugoslaviju značajan iz više razloga:

a) Po svome razvoju SFRJ se nalazi negde izmedju razvijenih i nerazvijenih zemalja, tj. na granici od koje, zbog sve intenzivnijeg razvoja, može početi i vrlo ozbiljno ugrožavanje životne sredine ukoliko se blagovremeno ne preduzmu odgovarajuće mere;

b)Čitava jugoslovenska javnost je poslednjih godina animirana na problemima zaštite životne sredine, što uz učešće gradjana, javnih radnika i stručnjaka stvara vrlo povoljnu klimu za ozbiljno rešavanje ovog pitanja;

c) U toku je javna diskusija o nacrtu novog ustava koji formuliše osnovne principe zaštite životne sredine i na tom polju odredjuje dužnosti od gradjana do najviših organa vlasti.

Novi ustav karakterišu dalja decentralizacija državne uprave i sve veća prava radnih organizacija i komuna na donošenju odluka i mera. Tako je na primer pravo regulisanja zaštite vode i vazduha preneto sa federacije na republike, dok će federacija doneti samo savezni zakon o zaštiti životne sre-

dine. Istovremeno se javljaju ideje da brigu o zaštiti sredine preuzmu posebna i nova tela u republikama i federaciji.

d) Prema predlozima ustavnih rešenja zaštita od zračenja bi se regulisala delom kroz zaštitu životne sredine, a delom kroz zaštitu na radu. Postoji i mišljenje da zaštitu od zračenja treba regulisati jedinstveno. Medjutim zastupnici oba mišljenja slažu se u neophodnosti striktnog poštovanja medjunarodnih normi i preporuka, a pre svega ICRP (Medjunarodnog komiteta za zaštitu od zračenja) i MAAE (Medjunarodne agencije za atomsku energiju).

e) Predstojeća gradnja prve nuklearne elektrane može otvoriti put pravim rešenjima prilagodjavanja velikih potencijalno opasnih objekata, posebno nuklearnih, - uslovima okoline; ali i obratno, mogle bi se doneti i odluke čije bi se posledice kasnije teško ispravile.

Sve ovo, bez obzira na veliku raznovrsnost, čak i kontradiktornost ideja koje se javljaju, stvara vrlo povoljnu klimu za rešavanje stvarnih problema, jer raste saznanje da je došao pravi trenutak za preduzimanje ozbiljnih mera i da je bolje sprečiti danas nego lečiti sutra.

2.- ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Do ustavnih promena zaštita životne sredine bila je pod nadležnošću raznih resora, pri čemu je Zdravstvo, brinući o kvalitetu vazduha, vode,životnih namirnica i sl. nosilo najveću odgovornost, pa i trpelo najveće kritike. U poslednje vreme nastalo je niz inicijativa da se zaštita i unapredjenje čovekove okoline rešavaju drugačije i brže. Formiran je čitav niz stručnih i drugih udruženja, komiteta, saveta i drugih tela za zaštitu životne sredine, vazduha, voda i sl., a po republikama, komunama, gradovima..., predloženo je niz mera; republike su donele svoje zakone o zaštiti vazduha, neki gradovi su doneli svoje posebne specifične odluke o merama zaštite. Razmišlja se o novim in-

stitucionalnim rešenjima i sl.

Medjutim, za sada nema dovoljno praktičnih iskustava ni materijalnih sredstava da se odmah učini mnogo. Pored toga predstoje procesi uskladjivanja inicijativa i mera unutar republika i izmedju njih, jer su predložena rešenja u pojedinim regionima dosta različita. Očekuje se da će debata o nacrtu ustava, a posebno zakon o zaštiti životne sredine, koji će se doneti do kraja godine, konstruktivno usmeriti sva ova kretanja.

3.- ZAŠTITA OD ZRAČENJA

3.1.- Sadašnje stanje

Zaštita od zračenja u SFRJ organizovana je u okviru zdravstvene zaštite i zaštite na radu, a u duhu organizacije državne uprave i decentralizovana je. Saveznim organima (Federaciji) pripadaju poslovi uvoza, izvoza i tranzita izvora zračenja, kao i briga o trajnom zbrinjavanju radioaktivnog otpadnog materijala. Odluke o gradnji i eksploataciji nuklearnih postrojenja donose se dogovorno izmedju organa federacije i republike, a kontrola radioaktivnosti životne sredine usklađuje se i finansira na nivou federacije. Svi ostali poslovi povereni su republikama. Nadležni organi za izdavanje dozvola za rad sa izvorima zračenja, za odobrenje mera zaštite i za nadzor su republički organi sanitarnih inspekcija, koji imaju vrlo velika prava i ovlašćenja.

Sanitarne inspekcije se u svojim odlukama oslanjaju na laboratoriske analize i ekspertize zdravstvenih i naučnih institucija. U svakoj republici postoji jedna do dve ustanove zakonom ovlašćene za obavljanje poslova zaštite od zračenja. To su odgovarajuće medicinske ustanove (za medicinu rada) i službe zaštite od zračenja u nuklearnim institutima. One vrše sve stručne usluge za nadležne organe vlasti, ali takodje i za sve druge korisnike izvora zračenja.

Preduzeća ili institucije koje poseduju nuklearne mašine moraju imati sopstvene službe zaštite od zračenja, koje nisu sastavni deo javnih službi, ali se na zahtev nadležnih organa mogu uključiti u pojedine javne poslove za koje su ovlašćene.

Bez obzira na to što je zaštita od zračenja organizovana po republikama, njen rad kao službe u SFRJ je uskladjen. Za medjurepubličke dogovaranja u ovom domenu mogu pokrenuti inicijativu nadležni republički ili savezni organi, jedna od ovlašćenih ustanova, privredna asocijacija (na pr. Elektroprivreda) ili stručna udruženja. Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja redovno organizuje dogovore stručnjaka o svim važnijim pitanjima, na pr. o propisima, kriterijumima i standardima, uskladjivanju mernih metoda, o programima rada i istraživanja i sl. Ovi dogovori stručnjaka sprovode se u praktičnom radu i nalaze odraza u zakonskoj regulativi.

3.2.- Diskusija o nekim mogućim rešenjima

Nacrt novog ustava SFRJ koji se sada nalazi na javnoj diskusiji posvećuje veliku pažnju zaštiti svih vidova životne sredine, ali ne pominje eksplicitno zaštitu od jonizujućih zračenja. Predlagač teksta je smatrao da će potpuno i dobro regulisanje zaštite životne sredine i zaštite na radu obuhvatiti kompletnu zaštitu od jonizujućih zračenja, uključujući tu i sve probleme koji mogu nastati sprovodjenjem programa razvoja nuklearne energije.

U okviru ustavnih i zakonskih promena menjaće se i dosadašnji osnovni zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja. Formalno, novi zakon o zaštiti životne sredine treba da stvori pravnu podlogu za regulisanje zaštite životne sredine od jonizujućeg zračenja. U tim izmenama ne očekuje se znatne promene materijalnih odredbi, jer je postojeći zakon ocenjen kao dobar, već samo onih koje regulišu nadležnosti i postupke. Sa stručne strane očekuje se odgovarajuće proširenje da bi

se potpunije i odredjenije obuhvatila zaštita okoline nuklearnih postrojenja.

4.- RAZVOJ NUKLEARNE ENERGIJE I ZAŠTITA OKOLINE

4.1.- Programi nadzora okoline

U Jugoslaviji je zakonskim propisima regulisan stalni nadzor nivoa radioaktivnosti vazduha, vode, tla i životnih namirnica. Propisane su metode merenja, merne tačke, predmet i učestanost merenja, kao i komuniciranje rezultata:

- Vazduh se meri počev od granica SFRJ na pravcima glavnih strujanja vazduha, a zatim u okolini većih gradova, nuklearnih centara i reaktora;

- Kontrola voda se vrši na svim mestima na kojima vode utiču na teritoriji SFRJ ili iz nje ističu;

- Morska voda se kontroliše na tri mesta, a takodje i radioaktivnost voda svih većih jezera;

- Tlo se kontroliše na preko petnaest mesta, a takodje se prati radioaktivnost životnih namirnica, posebno: mleka, mesa, žitarica, povrća i voća.

U svim većim gradovima i na još nekoliko karakterističnih mesta kontroliše se radioaktivnost padavina. Ukoliko je veća od odredjene granice onda se na desetak reka važnih za navodnjavanje, kao i na drugim punktovima uvodi stalna kontrola radioaktivnosti.

Rezultati svih merenja na teritoriji SFRJ sakupljaju se i publikuju.

Svaka republika ima i dopunske programe merenja radioaktivnosti životne sredine prema svojim specifičnim uslovima, tako daje broj mernih tačaka dosta veći od gore pomenutog. Tako se na pr. u Srbiji radioaktivnost tla meri na preko 500 tačaka, a u Makedoniji su vršena obimna merenja na terenima gde je veće prirodno zračenje. U Hrvatskoj je posebna

pažnja posvećena kontroli Jadranskog mora, oblastima gde je kišnica glavni izvor vode za ljudsku upotrebu i Savi nizvodno od buduće Nuklearne elektrane, i sl.

Pored navedenog, svaki nuklearni centar ukoliko ima nuklearno postrojenje, obavezan je da ima sopstvenu službu zaštite od zračenja i da kontroliše svoju okolinu. Tako na pr. Institut "Boris Kidrič" permanentno kontroliše bližu okolinu, povremeno prostor do 25 km od reaktora, a na pravcima dominantnih vetrova, na udaljenosti oko 80 km od reaktora ima dve istaknute merne tačke.

4.2.- Problemi lociranja nuklearnih elektrana

U SFRJ je izučavano oko desetak potencijalnih lokacija nuklearnih elektrana. Na svima su izvršena merenja i preliminirane procene mogućih posledica većih ispuštanja radioaktivnih materija na okolinu. Ova ispitivanja su počela pre dvanajest godina. Intenzivno je nastavljeno ispitivanje okoline Videm-Krškog i doline Save, tj. lokacije na kojoj će se graditi prva nuklearna elektrana u SFRJ. Ova ispitivanja, u čijem finansiranju učestvuje i elektroprivreda, su vrlo detaljna i još nisu završena.

U realizaciji programa razvoja nuklearne energetike u odnosu na zaštitu okoline, tj. izborom konkretne lokacije i odredjivanjem mera sigurnosti i zaštite, javili su se sledeći problemi:

a) Deficitarnost energije nastupila je u razvijenijim krajevima, sa gušćom naseljenošću, intenzivnijom poljoprivredom, jačom industrijom i maksimalno iskorišćenim vodama. Sve to čini mere zaštite i sigurnosti težim i skupljim;

b) Lokacije sa malom gustinom naseljenosti po pravilu nemaju dovoljno vode i ne zadovoljavaju ni druge uslove, kao geološke, seizmičke, a posebno ekonomske;

c) Gradnja prve nuklearne elektrane za zemlju u razvoju znači i donošenje i niza pratećih odluka sa trajnijim posledicama. To nisu samo pitanja izbora tipa reaktora i elektrane, izbora partnera ili isporučioca, programa nuklearnog goriva i sl., već se tada usvajaju i odredjeni kriterijumi i principi radijacione sigurnosti i zaštite i prejudicira se niz mera na planu zaštite okoline uopšte.

4.3.- Nuklearne energetika u slivu Dunava

Dunavski sliv obuhvata oko 7,5% teritorije i oko 14% stanovništva Evrope. Prisustvo radionuklida u Dunavu na teritoriji Jugoslavije pokazuje tendencije povećanja. Isto važi i za druge "klasične" štetne materije. Prema programima razvoja uzvodnih zemalja, a posebno razvoja nuklearne energetike u slivu Dunava, može se predpostaviti mogućnost većeg ispuštanja štetnih materija, što može zemlje u donjem toku Dunava dovesti u složenu situaciju.

Ovo što je rečeno za sada samo ukazuje na potrebu da se sekundarne posledice privrednih aktivnosti u okviru jednog rečnog sliva zajednički sagledavaju, što je neobično važno ako je sliv medjunarodni. Regionalni dogovori trebalo bi da obezbede mogućnosti ravnomernog razvoja u svim delovima regiona, tj. dovoljne rezerve čiste vode u celom toku, zajednički sistem nadzora i kontrole kvaliteta vode, sistem informisanja, posebno o eventualnim većim i akcidentalnim ispuštanjima, zajednička istražvianja, uzajamnu pomoć i garancije obeštećenja.

4.4.- Regulisanje razvoja nuklearne energetike u SFRJ

Ostala pitanja omogućavanja razvoja nuklearne energije uz očuvanje okoline u SFRJ, u kojoj ne postoji posebno nuklearno zakonodavstvo i gde ne postoji specifični "nuklearni" organ uprave, mogu se rešavati i rešavaju se kroz propise o zaštiti

od zračenja, o zaštiti na radu, o zaštiti sredine i propise koji regulišu odgovarajuću materiju u klasičnoj privredi. Većina privrednih propisa se može direktno primeniti, dok neki mogu samo analogijom. Za propise o kvalitetu materijala i opreme nuklearne elektrane moraće se prihvatiti propisi zemlje isporučioca.

Značajno je da Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, kao koordinator energetskih programa regija i republika igra sve vidniju ulogu u razvoju nuklearne energije, iako ne spada u državnu upravu. Zajednica je priremila nacrt projektnih i sigurnosnih kriterijuma za nuklearne elektrane, koji sadrže i osnovne stavove o zaštiti okoline, a takodje je pokrenula akciju da se donesu specifični propisi za omogućavanje razvoja nuklearne energetike. I ova pitanja će biti diskutovana u okviru diskusije o nacrtu ustava.

5.- OSTALA PITANJA ZAŠTITE OD ZRAČENJA

5.1.- Standardi i norme zaštite

Ranije primenjivane norme razvijenih zemalja potpuno su zamenjene preporukama ICRP i MAAE. Ukoliko se ove preporuke javljaju u medjunarodnim konvencijama koje je Jugoslavija ratifikovala, primenjuju se direktno i obavezno (na pr. u transportu). Stručnjaci se pridržavaju i svih ostalih preporuka i nema problema oko njihovog sprovodjenja u život ukoliko ne dodje do spora, jer ih zvanična regulativa ne priznaje. U toku su razgovori izmedju Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja i zakonodavnih organa da se preporuke ICRP i MAAE zvanično publikuju kao propisi ili uputstva.

5.2.- Formiranja kadrova za zaštitu od zračenja

U Jugoslaviji nema posebnog fakulteta koji formira kadar za poslove zaštite od zračenja, ni za rešavanje problema zaštite, iako na nizu fakulteta prirodnih, tehničkih i medi-

cinskih nauka postoje stalni ili fakultativni kursevi - predmeti zaštite od zračenja. Obično se kadar koji će raditi na zaštiti dopunski obuči na dvomesečnom kursu u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, ili u nekom republičkom centru. U poslednje vreme redovne su multidisciplinarne postdiplomske studije iz zaštite od zračenja.

Lekari rentgenolozi i radiolozi tokom svoje specijalizacije imaju kraće kurseve zaštite od zračenja, koje ni oni sami ne ocenjuju kao dovoljne, naročito u praktičnom delu obuke.

Zbog naglog porasta primene izvora zračenja u dijagnostici i terapiji smatra se da je danas u Jugoslaviji najkritičniji srednji kadar, tj. pretežno rentgen tehničari, i njegovo poznavanje mera zaštite.

Imajući sve ovo u vidu Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja se obavezalo da izradi minimalne programe zaštite od zračenja za razne profile i nivoe stručnjaka i da ih predloži nadležnim školskim vlastima.

5.3.- Lična dozimetrija

Za svako lice u SFRJ koje radi sa izvorima zračenja, stalno ili povremeno, obavezna je upotreba ličnih dozimetara. Uobičajeni su komercijalni gama filmovi i razni tipovi stilo--dozimetara. Posebne vrste se upotrebljavaju tamo gde je neophodno i to se u principu odredjuje prilikom izdavanja dozvole za rad.

Do 1970.g. vršen je vrlo intenzivan razvoj termoluminescentnih ličnih dozimetara. Poslednjih godina se dosta radi na metodama medicinske i bio-dozimetrije na razvoju akcidentalnih dozimetara.

Poslednja interkomparacija MAAE akcidentalnih dozimetara održana je ove godine u SFRJ u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči. Obrada rezultata je još u toku.

5.4. - Instrumenti za zaštitu od zračenja

Instrumenti koji služe za detekciju i merenje radioaktivnosti i koji se koriste u svrhu zaštite od zračenja moraju imati poseban test o tačnosti i ispravnosti. Institut "Boris Kidrič" ima izradjenu posebnu baždarnicu za kalibrisanje institutskih instrumenata i za usluge drugima.

Problemi održavanja su poznati svim zemljama u razvoju. Ne mogu se izbeći problemi specifične uvozne opreme, dovoljnih količina rezervnih delova i sl. Skoro podjednako stoji stvar i sa održavanjem instrumenata sopstvene proizvodnje, jer su u pitanju uvozne komponente.

Može se reći da u SFRJ poslednjih godina sve više ulazi u upotrebu instrumentacija domaće proizvodnje, a da se uvozi samo vrlo specifična.

5.5.-Radioaktivni otpaci

Radioaktivni otpadni materijali za sada u SFRJ ne predstavljaju posebni problem a postupak sa njime je regulisan zakonski u skladu sa potrebama. U Institutu "BorisKidrič" u Vinči, koji je i najveći proizvodjač izotopa u zemlji, nalazi se privremeno skladište radioaktivnog otpadnog materijala. Medjutim, tempo porasta nivoa aktivnosti, vrsta i količina materijala je takav da je sa nadležnim državnim organima počelo da se traži odgovarajuće trajno rešenje.

5.6.-Transport radioaktivnog materijala

U pogledu transporta radioaktivnog materijala u završnoj je fazi donošenje novog zakona; tj. u Jugoslaviji će se transport svih opasnih materijala regulisati jednim jedinstvenim saveznim zakonom, koji će sa tehničke strane biti potpuno oslonjen na odgovarajuće medjunarodne konvencije.

6.- ZAKLJUČAK I PREDLOZI

Poslednjih godina je evidentan porast "nuklearnih aktivnosti", tj. sve šira primena izvora zračenja u privredi i gradnja nuklearnih elektrana. Od ovih izvora, a posebno zbog nuklearne energetike biće sve više radioanuklida u životnoj sredini: vazduhu, tlu i životnim namirnicama. Ne može se isključiti mogućnost da radioaktivnost premaši tolerantne nivoe. To je i danas moguće u ograničenom trajanju, na ograničenim prostorima u slučaju radijacionih i nuklearnih akcidenata. Ne potcenjujući težinu posledica akcidentalnih ili vanrednih okolnosti na teritoriji jedne države, mora se ukazati na vrlo složene i delikatne situacije koje mogu nastati ako posledice, tj. radionuklidi, nošeni vetrom ili vodom, ili čak transportovani hranom, kontaminiraju region koji obuhavata više susednih zemalja.

Ocenjujući da ovog trenutka najrealnije potencijalne opasnosti mogu nastati zbog raznošenja radioaktivnih kontaminanata vodenim putem u donje tokove medjunarodnih reka, gde opet mogu biti rekoncentrisani u ekološkim sistemima, - Jugoslavija podržava sve inicijative i akcije MAAE i drugih medjunarodnih i regionalnih organizacija usmerene na očuvanju kvaliteta životne sredine i njeno unapredjenje.

U tom cilju, a smatrajući da je najbolje da same zainteresovane zemlje zajednički, dogovorno i sa dobrom voljom rešavaju svoje medjusobne i zajedničke probleme, Jugoslavija će učestvovati u svakom regionalnom dogovoru i programu, sa susednim i podunavskim zemljama koji je usmeren na obezbedjenje jednakih uslova sredine i jednakih uslova radijacione sigurnosti u celom slivu Dunava.

Verujući da će stručna pomoć specijalizovanih organa i organizacija Ujedinjenih nacija, kao IAEA, WHO, FAO i sl. biti dragocena i nezamenljiva, Jugoslavija smatra da bi njihovo angažovanje u rešavanju ovakvih problema bilo u duhu njihovih Statuta, obaveza i u skladu sa mogućnostima, i da bi bilo garancija

nalaženje odgovarajućih rešenja.

Uzimajući za primer probleme koji mogu nastati u slivu Dunava i imajući u vidu slične okolnosti na svim kontinentima a pre svega u Evropi, Jugoslavija smatra da bi dogovori o obezbedjenju jednakih uslova u regionu jednog medjunarodnog sliva trebalo da obuhavate:

a) Definiciju kvaliteta voda sliva i mogućih tolerantnih odstupanja, tj. definisanje dozvoljenih nacionalnih doprinosa zagadjenju vodotokova;

b) Definisanje akcidentalnih i varednih situacija;

c) Dogovor o zajedničkom sistemu kontrole i informisanja, uključujući i naučno istraživanje;

d) Dogovore i sporazume o uzajanoj pomoći u saniranju posledica akcidenata i varednih okolnosti, kao i nekontrolisanih ispuštanja u vode;

e) Sporazume o garancijama obeštećenja.

Ovakvi sistemi i dogovori mogli bi da obuhavate ne samo nuklearne, već i druge opasnosti i štete koje bi se mogle prenositi vodama.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva
za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobra. 1973.

Ing SRDJAN MITROVIĆ
Prof. TOMISLAV VELJKOVIĆ
Institut "Boris Kidrič", Vinča

USTAVNE PROMENE
I
REGULISANJE ZAŠTITE OD ZRAČENJA

K r a t a k s a d r ž a j: Rad ukazuje na neka aktuelna pitanja regulisanja zaštite od jonizujućih zračenja u našoj zemlji gde su u toku diskusije za donošenje novog Ustava, analizirajući dosadašnju praksu i predložena ustavna rešenja.

UMESTO UVODA

Ove godine se navršilo u Jugoslaviji sedam vekova od prvog pisanog dokumenta o zaštiti životne sredine (Statut Dubrovačke republike iz 1272.g.) i četvrt veka od početka radova na razvoju nuklearne energije i zaštite od zračenja.

Medjutim, i pored relativno ranih početaka brige o zaštiti sredine i zaštiti od zračenja, zbog poznatih istorijskih i ekonomskih razloga, ne može se govoriti o nekim spektakularnim iskustvima na ovim poljima. Pa ipak današnji trenutak je za Jugoslaviju značajan iz više razloga:

a) Po svome razvoju Jugoslavija se nalazi negde izmedju razvijenih i nerazvijenih zemalja, tj. na granici od koje, zbog sve intenzivnijeg razvoja, može početi i vrlo ozbiljno ugrožavanje životne sredine ukoliko se blagovremeno ne preduzmu odgovarajuće mere;

b) Čitava jugoslovenska javnost je poslednjih godina animirana na problemima zaštite životne sredine, što uz učešće gradjana, javnih radnika i stručnjaka stvara vrlo povoljnu klimu za ozbiljno rešavanje ovog pitanja;

c) U toku je javna diskusija o nacrtu novog ustava koji formuliše osnovne principe zaštite životne sredine i na tom polju odredjuje dužnosti od gradjana do najviših organa vlasti.

Novi ustav karaktarišu dalja decentralizacija državne uprave i sve veća prava radnih organizacija i komuna na donošenje odluka i mera tz. deetatizacija. Tako je na primer pravo regulisanja zaštite vodi i vazduha preneto sa federacije na republike, dok će federacija doneti samo savezni zakon o zaštiti životne sredine. Istovremeno se javljaju ideje da brigu o zaštiti sredine preuzmu posebna i nova tela u republikama i federaciji.

d) Prema predlozima ustavnih rešenja zaštita od zračenja bi se regulisala delom kroz zaštitu životne sredine, a delom kroz zaštitu na radu. Postoji i mišljenje da zaštitu od zračenja treba regulisati jedinstveno za celu zemlju. Medjutim, zastupnici oba mišljenja slažu se u neophodnosti striktnog poštovanja medjunarodnih normi i preporuka, a pre svega ICRP (Medjunarodnog komiteta za zaštitu od zračenja) i MAAE (Medjunarodne agencije za ekonomsku energiju).

e) Predstojeća gradnja prve nuklearne elektrane može otvoriti put pravim rešenjima prilagodjavanja velikih potencijalno opasnih objekata, posebno nuklearnih, - uslovima okoline: ali i obratno mogle bi se doneti i odluke čije bi se posledice kasnije teško ispravile.

Sve ovo, bez obzira na veliku raznovrsnost, čak i kontradiktornost ideja koje se javljaju, stvara vrlo povoljnu klimu za rešavanje stvarnih problema, jer raste saznanje da

je došao pravi trenutak za preduzimanje ozbiljnih mera i da je bolje sprečiti danas nego lečiti sutra. Naravno, trenutak je da se uradi onoliko koliko dozvoljavaju kadrovske, materijalne i druge mogućnosti.

Do ustavnih promena zaštita životne sredine bila je pod nadležnošću raznih resora, pri čemu je Zdravstvo, brinući o kvalitetu vazduha, vode, životnih namirnica i sl. nosilo najveću odgovornost, pa i trpelo najveće kritike. U poslednje vreme nestalo je niz inicijativa da se zaštita i unapredjenje čovekove okoline rešavaju drugačije i brže. Formiran je čitav niz stručnih i drugih udruženja, komiteta, saveta i drugih tela za zaštitu životne sredine vazduha, vode i sl., a po republikama, komunama, gradovima... predložen je niz mera... Republike su donele svoje zakone o zaštiti vazduha, neki gradovi su doneli svoje posebne specifične odluke o merama zaštite. Razmišlja se o novim institucionalnim rešenjima i sl.

Medjutim, za sada nema dovoljno praktičnih iskustava ni materijalnih sredstava da se odmah učini mnogo. Pored toga predstoje procesi uskladjivanja inicijativa i mera unutar republika i izmedju njih, jer su predložena rešenja u pojedinim regionima dosta različita. Očekuje se da će debata o nacrtu ustava, a posebno zakon o zaštiti životne sredine, koji će se doneti do kraja godine, konstruktivno usmeriti sva ova kretanja.

ZAŠTITA OD ZRAČENJA

Zaštita od zračenja u SFRJ je do sada bila jedinstvena regulisana Osnovnim zakonom o zaštiti od jonizujućih zračenja (Sl. list SFRJ 12/65) i njegovim pratećim propisima čija će važnost prestati krajem 1973. godine.

Prema dosadašnjim odlukama i propisima jedinstveno regulisanje zaštite od zračenja treba shvatiti kao jedinstveno tretiranje problema i mera zaštite:

- u svim domenima primene izvora zračenja, tj. u zaštiti životne sredine, zaštiti na radu i u medicinskoj primeni;
- na svim nivoima i vrstama primene zračenja (nuklearna energija i nuklearna postrojenja, pojedinačni izvori bez obzira na vrstu i veličinu; njihov prenos i promet, deponovanje radioaktivnih otpadaka itd.);
- na celoj teritoriji SFRJ;
- u normalnim uslovima (u miru), kao i u vanrednim okolnostima (u akcidentima i u ratu).

Obim i nivo regulisanja ove materije uglavnom je potpuno zadovoljavao nivo primene izvora zračenja u našoj zemlji. Medjutim, sve se više osećalo da su postojeći propisi u nekim oblastima nepotpuni (kao na pr. zaštita životne sredine od zračenja i posledica, zaštita u medicinskoj primeni), u drugim oblastima nedovoljno precizni (zaštita na radu, transport, radioaktivni otpadni materijal, uslovi za rad sa izvorima), dok neke oblasti, kao nuklearnu energetiku nisu uopšte regulisali, sem u nekoliko opštih odredbi.

Izvesne oblasti bile su i ostale potpuno regulisane medjunarodnim konvencijama, kao transport radioaktivnih materija.

Mora se istaći da u oblasti zaštite od zračenja postoji vrlo veliki broj medjunarodnih preporuka, standarda, normi i kriterijuma.

Celovitost sistema i službe zaštite od zračenja omogućavaju, za slučaj da se rešavanje pojedinih problema ne postoje domaći propisi, da se primene one medjunarodne preporuke i norme koje su opšte priznate a odgovaraju našim uslovima.

Treba dodati da sve radne organizacije vezane za medjunarodni promet radioaktivnih materija obavezno, ekonomskom primudom, primenjuju medjunarodne propise bez obzira na stanje njihovog ratifikovanja u našoj zemlji.

Nacrt novog Ustava predvidja da federacija uredi:

1. Prenos radioaktivnih materija. Uradjen je prednacrt Zakonima o uslovima transporta svih opasnih i potencijalno opasnih materija, što je u skladu sa čl. 253 t.g. nacrta ustava SFRJ. To je u isto vreme i jedino mesto na kome se konkretno pominju radioaktivne materije.

2. Zaštitu i unapredjenje čovekove sredine koji su od interesa za celu zemlju i medjunarodnu zajednicu, a koja je u nacrtu ustava regulisana sledećim odredbama:

Član 75.

Radni ljudi i gradjani, organizacije udruženog rada, društveno-političke zajednice, mesne zajednice i druge samoupravne organizacije i zajednice imaju pravo i dužnost da obezbedjuju uslove za očuvanje i razvoj prirodnih i radom stvorenih vrednosti čovekove sredine, kao i da sprečavaju otklanjaju štetne posledice koje zagadjivanjem vazduha, tla i vode ili na drugi način ugrožavaju te vrednosti ili dovode u opasnost zdravlje i život ljudi.

Član 99.

Stav 3.

U mesnoj zajednici radni ljudi odlučuju o ostvarivanju svojih zajedničkih interesa i o solidarnom zadovoljavanju zajedničkih potreva u oblastima: uredjenja naselja, dečje i socijalne zaštite, obrazovanja, kulture, fisičke kulture, zaštite potrošača, zaštite čovekove sredine, narodne odbfane, društvene samozaštite

i drugih uslova života i rada.
Statutom opštine utvrdjuje se i način i postupak obrazovanja mestnih zajednica.

Član 163.

Prava i dužnosti opštine utvrdjuju se ustavom, pokrajinskim ustavnim zakonom i statutom opštine.
U opštini se naročito: stvaraju i razvijaju materijalni i drugi uslovi za život i rad i za zadovoljavanje materijalnih, socijalnih, kulturnih i drugih zajedničkih potreba radnih ljudi; usmerava i uskladjuje privredni i društveni razvoj i uredjuju odnosi od neposrednog interesa za radne ljude i gradjane u opštini; organizuju vršenje poslova od zajedničkog interesa i opštedruštvenog interesa i obrazuju organi samoupravljanja i vlasti za vršenje tih poslova; obezbedjuje neposredno izvršavanje zakona,aka njihovo izvršenje nije zakonom stavljeno u nadležnost organa širih društveno-političkih zajednica; obezbedjuje ostvarivanje i zaštita sloboda, prava, dužnosti i odgovornosti čoveka i gradjanina; obezbedjuje ostvarivanje ravnopravnosti naroda i narodnosti; štiti zakonitost i sigurnost ljudi i imovine; uredjuje korišćenje zemljišta i dobara u opštoj upotrebi; uredjuje i organizuje narodna odbrana; uredjuju odnosi u stambeno-komunalnoj oblasti; uredjuje i obezbedjuje zaštita čovekove sredine; organizuje i obezbedjuje društvena kontrola.

Član 169.

Čovek ima pravo na zdravu životnu sredinu.
Društvena zajednica obezbedjuje ovo pravo organizovanim naporom za zaštitu i unapredjenje čovekove sredine.

Član 170.
Svako ko koristi zemljište, vode i druge izvore prirode dužan je da to čini na način kojim se obezbedjuju uslovi

i drugih uslova života i rada.
Statutom opštine utvrdjuje se i način i postupak obrazovanja mestnih zajednica.

Član 163.

Prava i dužnosti opštine utvrdjuju se ustavom, pokrajinskim ustavnim zakonom i statutom opštine.
U opštini se naročito: stvaraju i razvijaju materijalni i drugi uslovi za život i rad i za zadovoljavanje materijalnih, socijalnih, kulturnih i drugih zajedničkih potreba radnih ljudi; usmerava i uskladjuje privredni i društveni razvoj i uredjuju odnosi od neposrednog interesa za radne ljude i gradjane u opštini; organizuju vršenje poslova od zajedničkog interesa i opštedruštvenog interesa i obrazuju organi samoupravljanja i vlasti za vršenje tih poslova; obezbedjuje neposredno izvršavanje zakona,ake njihovo izvršenje nije zakonom stavljeno u nadležnost organa širih društveno-političkih zajednica; obezbedjuje ostvarivanje i zaštita sloboda, prava, dužnosti i odgovornosti čoveka i gradjanina; obezbedjuje ostvarivanje ravnopravnosti naroda i narodnosti; štiti zakonitost i sigurnost ljudi i imovine; uredjuje korišćenje zemljišta i dobara u opštoj upotrebi; uredjuje i organizuje narodna odbrana; uredjuju odnosi u stambeno-komunalnoj oblasti; uredjuje i obezbedjuje zaštita čovekove sredine; organizuje i obezbedjuje društvena kontrola.

Član 169.

Čovek ima pravo na zdravu životnu sredinu.
Društvena zajednica obezbedjuje ovo pravo organizovanim naporom za zaštitu i unapredjenje čovekove sredine.

Član 170.
Svako ko koristi zemljište, vode i druge izvore prirode dužan je da to čini na način kojim se obezbedjuju uslovi

za rad i život čoveka u zdravoj sredini.
Svako je odgovoran da čuva prirodu i njena dobra, prirodne znamenitosti i retkosti i spomenike kulture.
Kažnjivi su zloupotreba prirodnih izvora, kao i unošenje otrovnih i drugih štetnih materija u vode, tlo, vazduh, hranu i upotrebne predmete.

Smatra se da će o zaštiti životne sredine biti donet savezni zakon, koji će izmedju ostalog moći da bude pravni osnov za šire regulisanje zaštite od zračenja. Bez svake sumnje će ovaj zakon moći da posluži kao pravni osnov za regulisanje zaštite okoline nuklearnih postrojenja i izvora zračenja od štetnih dejstava zračenja i kontaminacije, bilo u normalnim, bilo u vanrednim i akcidentalnim uslovima. Time će se inicirati i donošenje propisa o kvalitetu okoline, o dozvoljenim ispuštanjima radioaktivnih materija u okolinu (voda, tlo i vazduh), o uslovima za lociranje nuklearnih postrojenja i sl. Medjutim, nije toliko sigurno da će se na osnovu zakona o zaštiti životne sredine moći da regulišu mere zaštite pri radu sa izvorima zračenja i pri njihovoj upotrebi u medicinske svrhe, što bi ako se ostane pri sadašnjim stavovima iziskivalo postojanje više zakona koji potpuno regulišu zaštitu od zračenja (okolinu, rad i medicinsku upotrebu).

U vezi sa ovim treba podvući dve osnovne činjenice:

a) sve nezgode sa izvorima zračenja i sve štetne posledice (ozračivanje radnika, pacijenata i trećih lica; kontaminacija radnih prostora i okoline i sl.) mogu postati isključivo <u>pri radu</u> sa izvorima zračenja i <u>pri radu</u> nuklearnih postrojenja, (pri čemu je priroda opasnosti na radnom mestu i okolini ista). Zakonodavstva nekih zemalja polaze upravo od ovih činjenica, regulišući mere zaštite od rada do okoline jedinstveno.

b) Medjunarodni sistem preporuka, kriterijuma i normi zaštite od zračenja u svom savremenom vidu polazi do pretpostavke da je čovek svuda isti zbog čega se primenjuju isti kriterijumi zaštite i dozvoljenih izlaganja štetnim dejstvima bilo na

radnom mestu, bilo u okolini, odnosno normalnim radnim i životnim uslovima. Zato su medjunarodni kriterijumi široko prihvaćeni od većine zemalja i medjunarodnih org izacija čiji je član i SFRJ.

Sve ovo navedeno znači da će regulisanje zaštite od zračenja krajem ove godine pretrpeti potrebne promene, tj. prestećē važnost dosadašnjih propisa i doneće se novi propisi. S toga je upravo trenutak da svi zainteresovani organi, organizacije i pojedinci daju svoj doprinos u iznalaženju najboljih rešenja kroz buduće propise koji će regulisati ovu materiju.

A b s t r a c t: In this work some actual questions of radiation protection in Yugoslavia are pointed out in connection with public discussions concerning the new constitution draft. The up to now practis is analysed and the constitutional solutions are proposad.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu
od zračenja, Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.
Krveje Cerovac, Zlatko Benčak, Robert Hufnue
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU
Zagreb

MJERENJE RADNOG NAPONA DIJAGNOSTIČKE RENDGEN CIJEVI POMOĆU SCINTILACIONOG KRISTALNOG SPEKTROMETRA

Kod rutinske kontrole ispravnosti zaštite rendgen aparata često je potrebno odrediti ili provjeriti radni napon cijevi. Ako smo se zbog niza razloga unaprijed odrekli mogućnosti bilo kakvog mehaničkog ili električnog ulaska u sklop rendgen aparata, za dobivanje željenih podataka ostaje nam mjerenje karakteristika izlaznog snopa.

Za odredjivanje radnog napona možemo iskoristiti činjenicu da je zakočni spektar dijagnostičke rendgen cijevi odredjen isključivo radnim naponom cijevi.

Maksimalnu energiju spektra možemo odrediti scintilacionim kristalnim spektrometrom pogodnim za mjerenje nekih gama zraka, služeći se uobičajenom metodologijom odredjivanja gama energije zračenja pojedinih radioaktivnih izotopa.

Imamo li takav scintilacioni spektrometar, kojim možemo mjeriti intenzitet u vrlo uskim intervalima energija (u tom slučaju intenzitet prirodnog zračenja je prilično zanemariv) imamo mogućnost vrlo točnog odredjivanja radnog napona.

Već i mali porast broja impulsa (ako s mjernim kanalom idemo u smjeru ka početku spektra), znak je da smo došli do područja maksimalne energije zračenja, koja odgovara radnom naponu. Uz potrebna baždarenja možemo odrediti radni napon.

Da bi se smanjio broj impulsa u minuti na mjerno prihvatljivu veličinu, korisni snop rendgen aparata bio je ograničen na samom izlazu iz cijevi na promjer 6 mm^2 a i

kristal aparata je za vrijeme mjerenja bio prekriven olovnom pločicom sa otvorom jednake dimenzije.

Za mjerenje spektra, poslužili smo se instrumentom proizvodnje IBK Vinča Minus-1, na koji je dodan kristal češče proizvodnje Tesla dimenzije D = 45 mm d = 2 mm za mjerenje mekog zračenja do 100 kV. Visina izlaznih impulsa tog uredjaja je do 5 V. Širinu kanala izlaznih impulsa, moguće je odrediti u rasponu od 10 do 500 mV.

Energetsko baždarenje vršili smo izotopima (kadmij-109, jod-125, olovo-210 i smercij-241).

Baždarenje uredjaja, sastoji se iz dva dijela. Prvi je da se pomoću radnog napona fotomultiplikatora odredi odnos energija upadnog elektromagnetskog vala na kristal visina izlaznog signala u voltima, a drugi da se provjeri linearnost tog odnosa za područje od 0 - 5 V izlaznog signala, odnosno energija upadnog zračenja do 100 kV.

To smo izveli na uobičajeni način za takve uredjaje. Za željena mjerenja najpogodnije je uspostaviti odnos, da upadni elektromagnetski val od 100 kV odgovara izlaznom signalu od 5 V. Uz naknadnu provjeru linearnosti tada mora vrijediti.

Izlazni signal u voltima	Upadno zračenje u kV	(Baždarni izotop)
5.000	100.0	
2.950	58.9	smercij-241
2.350	47.0	olovo-210
1.350	27.0	jod-125
1.080	22.0	kadmij-109

Postupak baždarenja je slijedeći:

- uzmemo manju količinu izotopa (približno 0.1 uCi).
- širinu kanala spektrometra postavimo od 2.94 donji do 2.96 gornji diskriminator (širina kanala).
- postepenim povećavanjem radnog napona odredimo onaj koji u zadanom kanalu daje najveći broj impulsa.

Tim je odredjen radni napon koji za 1000 kV upadnog elektromagnetskog vala daje izlazni signal 5 V.

Provjeru linearnosti za tako odredjeni radni napon vršimo ovako:

- uzmemo odredjenu količinu izotopa (kadmij-109, smercij-241, olovo-210 i jod-125).

Iz rezultata odredimo odnosa:

Izlazni signal u V	Upadna energija u kV
2.950	58.9
2.350	47.0
1.350	27.0
1.100	22.0

Smatramo li vrijednosti na diskriminatoru kao vrijednosti opacise a upadne energije u kV kao vrijednosti ordinate iz danih vrijednosti dobivamo jednadžbu pravca

$$V = 0.05\ kV + 0.09$$

koji nam daje neprekidnu vezu izmedju vrijednosti na diskriminatoru i energije upadnih gama zraka.

A method for measuring filtration of x-ray tubes by means of a scintillation spectrometer is described. The method is conceived on the fact that the ratio between two narrow lines from two different parts of the tube spectrum depends to large extent on tube filtration. The relationship between filtration and diameter is given by expression (1).

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu
od zračenja, Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.
Hrvoje Cerovac, Robert Hufnus, Zlatko Benčak
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU
Zagreb

ODREĐIVANJE FILTRACIJE DIJAGNOSTIČKIH RENDGEN CIJEVI

Najznačajniji umjetni izvor ozračivanja stanovništva ionizantnim zračenjem je dijagnostička primjena rendgenskih aparata. Znanje liječnika sigurno je najvažniji činilac zaštite pacijenata. No, sigurno je da je i nužna kontrola pojedinih dijelova rendgen aparata i njihovog rada, sa svrhom da se utvrdi njihova početna ispravnost i ispravnost tokom rada.

Ako izuzmemo sve parametre koji određuju dozu a mogu se ovisno o uvjetima rada mijenjati, ostaju dva činioca koja su tvornički dana, na koje ne možemo utjecati, a o njima ovisi doza koju prima pacijent. To su filtracija cijevi i kvalitet ekranske folije.

Kada bi do pacijentove kože dolazilo sve zračenje koje izlazi sa katode vjerojatno bi takav pregled u većini slučajeva više štetio nego koristio. Najveći dio tog zračenja zbog svojih energetskih osobina ništa ne doprinosi kvaliteti slike na ekranu već samo povećava dozu koju prima pacijent. To znači da moramo na neki način eliminirati ono zračenje koje smatramo nepotrebnim.

Potpuna ili djelomična eliminacija pojedinih energija postiže se apsorbcijom u staklu cijevi, ulju za hlađenje i dodatnoj pločici aluminija ili berilija. Radi lakšeg proračuna i razmatranja ukupnu apsorbciju i u drugim materijalima izražavamo pomoću ekvivalentne apsorbcije u aluminiju. Uobičajeno je takvu apsorbciju zračenja rendgenskih cijevi nazivati filtracijom cijevi.

A method for determining working voltage of diagnostic x-ray tubes by means of a crystal scin-illation spectrometer is described. The range of spectrum energies is assessed on a spectrometer by usual procedure for the detection of γ-ray energies emitted by radioisotopes. The working voltage is determined after calibration.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22. - 26. X 1973.

Cesar Dobroslav i Ferber Branko

Higijensko epidemiološki odred Zagreb

Jedanaest godina individualne filmdozimetrijske kontrole.

Statističkom obradom rezultata mjerenja individualnih doza ozračenja osoba koje u svom radu koriste rendgen aparate za medicinsku dijagnostiku pokazano je da prosječne mjesečne doze po osobi za svaku godinu od 1962. do 1972. zadovoljavaju eksponencijalnu funkciju

$$y = 13,65 \cdot 0,9262^{x} + 9$$

gdje je $x = g - 1961$, a g odgovarajuća godina, dok je y prosječna mjesečna doza po osobi za pojedinu godinu.

Na temelju navedenog zaključeno je da će se prosječne mjesečne doze po osobi i u buduće polagano smanjivati. Postoji mogućnost da te doze znatnije odstupe od navedene eksponencijalne funcije u koliko se uslovi rada značajnije promjene.

U našim zakonskim propisima (stav 2 čl. 26 Pravilnika o korištenju rendgen aparata i o mjerama zaštite od rendgenskih zraka Sl.list SFRJ br. 36/65.) određena je ukupna filtracija za dijagnostičke cijevi od 60 - 80 kV na 2 mm aluminija.

Određivanje filtracije sastoji se od dva dijela. Prvo je određivanje radnog napona a drugi je samo određivanje filtracije. Radni napon uvjetuje uz filtraciju oblik spektra. Ako bijeli spektar promatramo kao sumu intenziteta pojedinih energija, onda (ako za čas zanemarimo filtraciju) relativni intenzitet pojedine energije dan je radnim naponom.

Imamo li takav scintilacioni spektrometar, kojim možemo mjeriti intenzitet u vrlo uskim intervalima energije (u tom slučaju intenzitet prirodnog zračenja je prilično zanemariv) imamo mogućnost vrlo točnog određivanja intenziteta pojedinog intervala.

Jedno takav uređaj omogućuje mjerenja u uskom dijelu spektra kojeg možemo za praktičan rad smatrati monokromatskim. Dodatna filtracija smanjiti će intenzitet dva razna dijela spektra (energetski tako uska da ih možemo smatrati monokromatskim) prema već poznatom izrazu.

$$I_{1f} = I_{1o}\, e^{\mu 1 f}$$ u jednom dijelu spektra i

$$I_{2f} = I_{2o}\, e^{\mu 2 f}$$ u drugom dijelu spektra

Ako su nam I_{1o} i I_{2o} intenziteti prije filtracije snopa za f očito omjer I_{1f}/I_{2f} ovisi uglavnom o razlici ($\mu 1$ i $\mu 2$ (uz već postojeću razliku I_{1o} i I_{2o}).

Ako mjerna je I_{1o} odaberemo u području energije 20 - 30 kV, a I_{2o} u području 50 - 70 kV, z obzirom na veliku razliku u omjer $I1f/I2f$ će se mjenjati za već male veličine f.

Ako riješimo problem točne reprodukcibilnosti energetskog mjesta mjerenje I_{o1}, I_{o2} i I_{1f} i I_{2f}, sigurno je da

možemo odrediti te omjere za po želji odabrane filtracije cijevi kod željenog napona.

Za mjerenje spektra, poslužili smo se instrumentom proizvodnje IBK Vinča Minus-1, na koje je dodan kristal češke proizvodnje Tesla dimenzije D = 45 mm d = 2 mm za mjerenje mekog zračenja do 100 kV. Visina izlaznih impulsa tog uređaja je do 5 V. Širina kanala izlaznih impulsa, moguće je odrediti raspon od 10 do 500 mV.

Energetsko baždarenje vršili smo izotopima (kadmij-109, jod-125, olovo-210 i amercij-241).

Na rendgen aparatu kome je snop bio kolimiran i na cijevi kojoj je bila poznata filtracija izvršili smo mjerenja omjera između dviju praktično monokromatskih linija. Za mjesto mjerenja odabrali smo mjesto u spektru koja po svojoj energiji odgovaraju mjestima fotosvrha za kadmij-109 (22 kV) i amercij-241 (58.9) kV, uz radni napon od 70 kV i struje cijevi od 2 mA.

Srednje vrijednosti niza mjerenja dane su u tablici.

Filtracija u mm	Kadmij-109 (I_{1f}) imp (30 sek)	Amercij-241 (I_{2f}) imp (30 sek)	I_1/I_{12}
1.8	24980	3658	6.75
1.9	11230	2300	4.78
2.0	5020	2112	2.38
2.1	2300	1920	1.16
2.2	1015	1720	0.57

Matematički to možemo prikazati kao jednadžbu pravca koja nam daje odnos između filtracije cijevi i omjera intenziteta energija na 22 i 58.9 kV.

Ta je jednadžba pravca:

$$\log \frac{I_{1f}}{I_{2f}} = - 3.1f + 7.5$$

Jedanaest godina individualne filmdozimetrijske kontrole

Cesar Dobroslav i Ferber Branko

Higijensko epidemiološki odred Zagreb

U našoj državi, a i u mnogim drugim državama zakonski propis obavezuje da sve osobe koje rade s rendgen aparatima budu uključene u individualnu filmdozimetrijsku kontrolu doza ozračenja rendgenskim zrakama. Jedanaest godina se ta kontrola provodi. Da je opravdano postaviti pitanje što smo njome dobili i da li ima smisla s njom nastaviti. Osnovni cilj autora ovog izlaganja je pokušaj da na to pitanje odgovore.

Materijalna osnova razmatranja su jedanaest godišnji rezultati mjerenja individualnih doza ozračenja osoba koje rade sa rendgen aparatima i uključene su u filmdozimetrijsku kontrolu. Mučno je napomenuti da rezultati mjerenja koji su ovdje upotrebljeni nisu prikupljeni zbog ovog razmatranja, već su to rezultati mjerenja redovnih filmdozimetrijske kontrole. Autori su naknadno odlučili da bi postojeći materijal obrade na ovaj način i vjeruju da zbog toga nije umanjena vrijednost, ni postojećeg materijala, ni obrade, a ni zaključka.

Podaci su prikupljani neprekidno jedanaest godina, od 1.1.1962. do 31.12.1972. Individualnom filmdozimetrijskom kontrolom bile su obuhvačene osobe koje u svoje redovno radno vrijeme koriste rendgen aparate za medicinski dijagnostiku. Tu su obuhvačeni rendgenolozi, ftiziolozi, kirurzi i rendgen tehničari. U širem smislu riječi može se ta grupa ljudi kroz tih jedanaest godina smatrati nepromjenjenim kolektivom, zbog toga što su broj i osnovna svojstva radnih mjesta bili isti iako su pojedinci grupu napuštali, a umjesto njih dolazili drugi.

Svaka osoba je svaki mjesec koristila po jedan filmdozimetar. Dozimetrijski filmovi su kroz proteklih jedanaest godina bili od raznig proizvadjača. Obradjivani su standardnom metodom: razvijanje u najpovoljnijim uvjetima, mjerenje zacrnjenja, odredjivanje doze sa baždarne krivulje. Veoma je važno naglasiti da je svaki dozimetrijski film kojega je korisnik upotrebljavao, a na kojemu je registrirana doza manja od 10 mr registriran sa 9 mr. Prema tome ni jedan dozimetrijski film koji je korišten nije registriran sa 2 ili 5 ili 0 mr, već je najmanja registrirana doza 9 mr. Autori su izabrali takav način registriranja doze manje od 10 mr da bi postigli bolju ekspeditivnost filmdozimetrijske kontrole. budući da je tjedna MDD 100 mr to je mjesečna MDD oko 400 mr, pa ako je dozimetrijski film registrirao dozu koja je manja od 10 mr i koja je očitana sa 9 mr, doz je u stvari bila 2 mr učinjena je vrlo mala pogreška. Cilj i prostor ovog izlaganja ne dozvoljava šire argumentiranje zauzetog stava registriranja doze manje od 10 mr. Autori prihvačaju diskusiju o tome bilo kojim drugim putem.

Podatak na kojemu se ovo razmatranje temelji je prosječna mjesečna doza po osobi za svaku godinu od 1962. do 1973. Podaci su izračunati tako da je ukupna godišnja doza svih osoba podijeljena s brojem obradjenih dozimetrijskih filmova i to za svaku godinu

posebno. Budući da je svaki dozimetrijski film koristila samo jedna osoba samo jedan mjesec to je tako izračunati podatak prosječna mjesečna doza za svaku godinu. Iako je uobičajeno da se u takovim izlaganjima koristi godišnja prosječna doza po osobi autori su se odlučili na prosječnu mjesečnu dozu po osobi zbog navedenog načina registriranja doze manje od 10 mr sa 9 mr i zbog izabrane metoda statističke obrade.

Dobivene rezultate mjesečnih prosječnih doza po osobi za svaku godinu željeli smo prikazati nekom poznatom matematičkom funkcijom, da bi na temelju poznatih zakonitosti te funkcije mogli dati argumentirane odgovore na ranije postavljena pitanja. Priroda problema zahtjeva matematičku funkciju koja je neprekinuta i čija vrijednost je pozitivna za sve pozitivne vrijednosti argumenta to jest da za bilo koju pozitivnu vrijednost argumenta dobijemo uvijek vrijednost funkcije koja nije nula ni negativan broj. Ako su nam argumenti godine, a vrijednosti funkcije prosječne mjesečne doze po osobi bilo bi apsurdno da za neku godinu dobijemo da je prosječna mjesečna doza po osobi negativan broj ili nula, jer je nemoguće da netko radi sa rendgen aparatom, a da nije ozračen nikakvom dozom. Drugi uvjet kod izbora matematičke funkcije bio je da statistička obrada nije suviše dugotrajna i da je moguće pokazati nivo statističke značajnosti na relativno jednostavan način.

Odlučili smo se da naše podatke aproksimiramo na potpunu eksponencijalnu funkciju oblika

$$y = Ba^x + C$$

Uz $x = g - 1961$ gdje je g godina, a y je vrijednost funkcije koja aproksimira prosječnu mjesečnu dozu po osobi za pojedini g. Za y bi još mogli reći da je to teoretska vrijednost prosječne mjesečne doze po osobi za pojedinu godinu, ako navedenu eksponencijalnu funkciju prihvatimo kao zakonitost kretanja prosječnih mjesečnih doza po osobi. B, a i C su konstante koje treba statistički odrediti pomoću postojećih podataka prosječnih mjesečnih doza po osobi za svaku godinu.

Konstantu C odredili smo na temelju činjenice da je najmanja vrijednost koju kod obrade dozimetrijskih filmova određujemo 9 mr, prema tome C = 9. Za daljnju obradu ostaje oblik

$$y = B\,a^x$$

Logaritmiranjem tog oblika, što je dozvoljeno, jer je logaritmiranje uzajamno jednoznačna transformacija imamo

$$\log y = \log B + x \log a$$

uz supstitucije

$$\log y = z \qquad \log B = l \qquad \log a = k$$

dobijemo linearnu funkciju

$$z = k\,x + l$$

Primjenom statističke metode aproksimacije podataka na linearnu formu dobiveni su podaci

$k = -0{,}03329$ i $l = 1{,}1352$. Za tu linearnu aproksimaciju izračunat je linearni koeficijent korelacije $r = -0{,}6505$. Izračunata je značajnost linearnog koeficijenta korelacije $t = 2{,}57$, a pošto je izračunata vrijednost za t veća od minimalne vrijednosti za $t = 2{,}26$ uz 5% značajnosti to je linearna aproksimacija statistički značajna. Ranije je već naglašeno da je logaritamska transformacija uzajamno jednoznačno korespondentna, pa je i pretpostavka o aproksimaciji na eksponencijalnu funkciju prosječnih mjesečnih doza po osobi za svaku godinu statistički značajna. Iz vrijednosti k i l antilogaritmiranjem dobivene su konstante $a = 0{,}9262$ i $B = 13{,}65$. Prema tome eksponencijalna funkcija koja aproksimira naše podatke je

$$y = 13{,}65 \cdot 0{,}9262^{x} + 9$$

g	D
1962.	27
1963.	21
1964.	23
1965.	16
1966.	17
1967.	14
1968.	17
1969.	15
1970.	19
1971.	17
1972.	15

x	y
1	21,6
2	20,7
3	19,8
4	19.1
5	18,3
6	17,6
7	17,0
8	16,4
9	15,9
10	15,3
11	14,9

U tablici su prikazani slijedeći podaci:

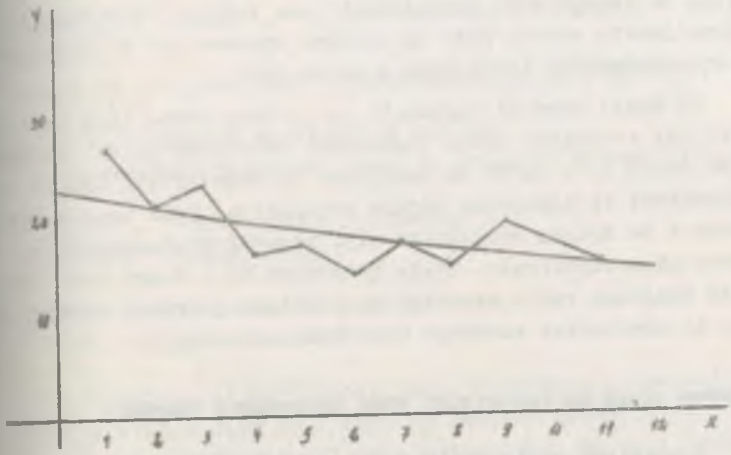
g - godina

D - rezultati mjerenja prosječne mjesečne doze po osobi u milirendigenima

x - argument eksponencijalne funkcije dobiven izrazom $x = g - 1961$

y - vrijednost eksponencijalne funkcije dobivene aproksimacijom za D u milirendgenima

Navedeni podaci prikazani su na grafikoni, gdje izlomljena linija prikazuje vrijednosti D, a kontinuirana eksponencijalnu funkciju dobivenu aproksimacijom.



Iz podataka, obrade tih podataka i grafikona možemo zaključitida prosječna godišnja doza lagano opada iz godine u godinu uz statistički ne značajne varijacije. To smijemo zaključiti, jer je aproksimacija stvarnih rezultata mjerenja na eksponencijalnu formu statistički značajna. U budućnosti možemo očekivati da će prosječna mjesečna doza po osobi za svaku godinu imati vrijednosti koje neće statistički značajno odstupati od vrijednosti funkcije za tu godinu u koliko se stanje izloženosti rendgenskim zrakama osoba koje rade s rendgen aparatima ne promijeni bitno.

Da sada odgovorimo na pitanje da li je individualna film. dozimetrijska kontrola kroz proteklih jedanaest godina bila potrebna. Ako ne razmatramo djelovanje te kontrole na uspješnost mjera zaštite zbog čega ona i postoji nego ju samo promatramo u okvirima ovog razmatranja onda je očito da bez rezultata te kontrole ne bi mogli doći do ovdje prikazane statistički značajne zakonitosti ozračenja osoba koje rade s rendgen aparatima. Da li kontrolu treba i dalje provoditi?

ja, jer je zakonitost o eksponencijalnom opadanju prosječne mje sečne doze po osobi dokazana uz statističku značajnost od 5%. To znači da postoji 5% vjerojatnosti da je to do sada sve bilo slučajno i da se stanje može promijeniti i na lošije. Osim toga mo- ži se promijeniti uvjeti rada uz rendgen aparate što će promije- niti nivo ozračenosti osoba koje s njima rade.

Na kraju mora se naglasiti da je broj osoba čiji su film- dozimetrijski rezultati ovdje razmatrani relativno malen uzorak (oko 100 osoba), a da bi se zaključci na temelju tog uzorka smje li inaugurirati za zaključke cijele populacije. Osim toga možda taj uzorak i po drugim svojstvima nije posvema reprezentativan, što autori nisu ispitivali. Želja je autora da i drugi koji raspolažu sa brojčano većim materijalom pokušaju provesti ovakovu obradu, a za eventualnu suradnju biti ćemo zahvalni.

ELEVEN YEARS OF INDIVIDUAL FILM DOSIMETRIC CONTROL

A statistical analysis of the results of monitoring individual radiation exposure in medical personnel working with diagnostic x-ray machines showed that the mean monthly doses per person per year for the 1962-1972 period comply with the following exponential function:

where x = g - 1961, g = relevant year and y = mean monthly dose per person per year.

It is concluded that the individual mean monthly doses will continue to slowly decrease in the future. There is a possibility that they might show a considerable decline from the above exponential function, if work conditions are greatly changed.

Literatura:

1. Zarovac H. "Kontrola primljenih doza radnika izloženih ioniziraju¸em zračenju".
Arhiv za higijenu rada i toksikologiju. Vol. 19 Zagreb 1968.

2. Fugaš M. i Jenček L. "Filmdozimetrija x-zračenja i gama zračenja".
Arhiv za higijenu rada i toksikologiju. Vol. 10 Zagreb 1959.

3. Petz B. "Osnovne statističke metode".
Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar" Zagreb 1964.

4. Pavlić I. "Matematička statistika".
"Privreda" Zagreb 1962.

5. Gerdar V. "Udžbenik statistike".
Školska knjiga Zagreb 1961.

6. Pejušković B. et al "Uslovi rada, ekspozicija zračenja i zdravstveno stanje lica koja rade na rendgen aparatima".
IV Jugoslavenski simpozijum o radiološkoj zaštiti Baško polje 1969.

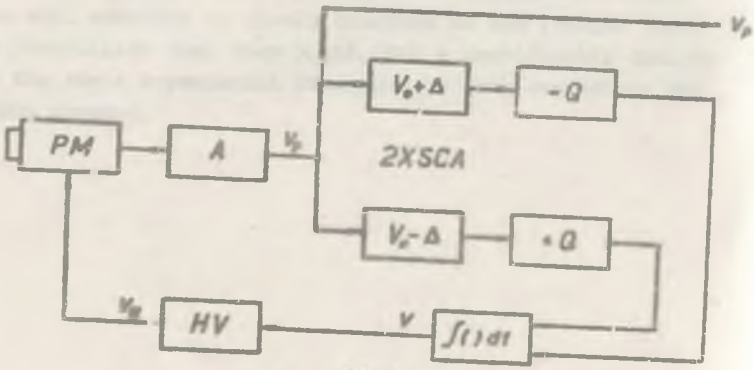
VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973.

B. Ćirilov, Dj. Krmpotić, I. Savić i M. Šmelcerović
Institut za fiziku SR Srbije, Beograd
Institut "Boris Kidrič", Vinča

STABILIZACIJA SCINTILACIONOG MERNOG KOMPLETA

Analizira se sistem za stabilizaciju za scintilacionu spektroskopiju u kome se signal povratne sprege dobija pomoću dopunskog referentnog impulsnog svetlosnog izvora. Pomoću dva jednokanalna amplitudna analizatora, čiji su nivoi kanala postavljeni tako da je kod jednog nivo kanala viši a kod drugog niži od referentnog nivoa V_0, proizvodi se signal povratne sprege srazmeran razlici odbroja u višem i nižem kanalu. Signalom povratne sprege pobuđuje se izvor napajanja visokog napona fotomultiplikatora, tako da se odbroj u kanalima izjednačuje, čime se postiže stabilizacija sistema.

Osnovna ideja ovog sistema za stabilizaciju, prikazana na sl. 1, je sledeća. Ako je detekcioni sistem stabilan u odnosu na jednu spektralnu liniju, onda je stabilan i za ostali deo spektra.



Sl. 1

Medjutim, ako ga stabilišemo na neku "veštačku liniju" proizvedenu na pr. svetlosnim impulsima stalne amplitude sa LED-a, onda je on stabilisan bez obzira da li postoji zračenje koje pada na scintilator ili ne.

Kao što se vidi na sl. 1, radi se o sistemu stabilizacije pojačanja u kome se koristi zavisnost faktora multiplikacije od napona napajanja v_H. Ako srednje pojačanje sistema definišemo kao

$$\bar{A}_p = \frac{\bar{v}_p}{N} = A\bar{M}e \tag{1}$$

gde su

$\bar{v}_p$ - srednja vrednost amplitude referentnog impulsa,

N - ukupni (srednji) broj fotoelektrona po jednom referentnom dogadjaju,

$\bar{M}$ - faktor multiplikacije,

e - elementarno naelektrisanje,

a za faktor multiplikacije usvojimo

$$\bar{M} = -k_1 + k_2 e^{av_H}, \tag{2}$$

možemo izvršiti sledeću analizu. Zbog statističkog osipanja referentna linija poseduje konačnu širinu. Jednokanalni analizatori su postavljeni tako da se gornji nivo nižeg kanala poklapa sa donjim višeg na nivou V_o, koji odgovara srednjoj vrednosti distribucije referentne linije. Obradjeni signali iz jednokanalnih analizatora dovode se na integrator, pri čemu mu se predaje količina naelektrisanja - Q ili +Q u zavisnosti od odbroja u kanalima. Ovo je ilustrovano na sl. 2. Napon na izlazu iz integratora raste skokovito za Q/C za svaki impuls u kanalu širine Δ sa amplitudom manjom od V_o, a opada za isti iznos ako je veća od V_o. Ako sa R_1 i R_2 označimo brzine brojanja u kanalima, napon v na izlazu iz integratora biće

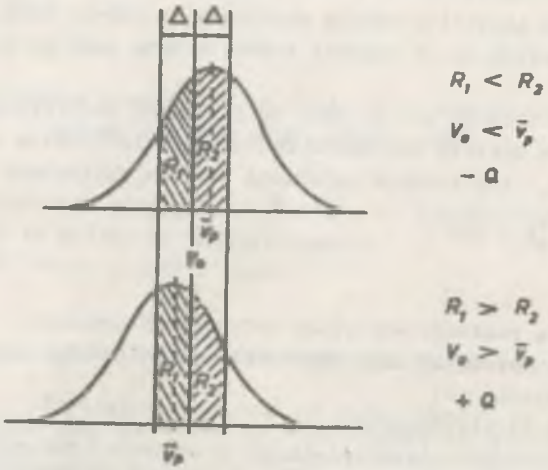
$$v = -\frac{|Q|}{C}\int_0^t (R_2 - R_1)dt + v(o), \tag{3}$$

a brzina promene napona

$$\frac{dv}{dt} = \frac{|Q|}{C}(R_2 - R_1) \tag{3a}$$

Iz jednačine (3a) sledi da je znak izvoda zavisan od razlike R_1

i R_2. Za $R_1 = R_2$ izvod je jednak nuli, što znači da je $\bar{v}_p = V_o$, odnosno da je ispunjen uslov stabilizacije.



Sl. 2

Napon v sa izlaza integratora je upravljački napon za izvor visokog napona $H.V.$ Regulisan napon v_H se može napisati kao

$$v_H = v_{Ho} + gv \tag{4}$$

gde smo sa v_{Ho} označili napon kad je $v = 0$. Srednje pojačanje sistema je sad

$$\bar{A}_p = -A_1 + A_2 e^{bv} \tag{1a}$$

odakle se vidi da zavisi od upravljačkog napona v.

Ako se amplitude impulsa pokoravaju zakonu normalne raspodele, sa brzinom brojanja referentnih impulsa R, tad će brzine brojanja R_1 i R_2 u kanalima iznositi

$$R_1 = \frac{R}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_o - \frac{\Delta}{\sigma}}^{x_o} e^{-\frac{x^2}{2}} dx; \quad R_2 = \frac{R}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_o}^{x_o + \frac{\Delta}{\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \tag{5}$$

gde je σ standardna devijacija i

$$x = \frac{V_p - \bar{v}_p}{\sigma}, \quad x_o = \frac{V_o - \bar{v}_p}{\sigma} \tag{5a}$$

Vrednosti integrala verovatnoće su tabelisane pa je

$$R_1 = \frac{R}{2}\left[\Phi(x_o) - \Phi(x_o - \frac{\Delta}{\sigma})\right]$$

i

$$R_2 = \frac{R}{2}\left[\Phi(x_o + \frac{\Delta}{\sigma}) - \Phi(x_o)\right]$$

Prema tome, brzina promene upravljačkog napona v iz jednačine (3a) biće

$$\frac{dv}{dt} = R\frac{|Q|}{C}\left\{\Phi(x_o) - \frac{1}{2}\left[\Phi(x_o + \frac{\Delta}{\sigma}) + \Phi(x_o - \frac{\Delta}{\sigma})\right]\right\} \tag{6}$$

Da bismo razmotrili funkcionisanje ovog sistema stabilizacije u zavisnosti od x_o, Δ i σ uvešćemo analogno pojačanju $\bar{A}_p$ referntno pojačanje A_o, kao $A_o = V_o/R$. Zamenom u izraz (5a) dobićemo

$$x_o = \frac{\dfrac{A_o - \bar{A}_p}{A_o}}{\dfrac{\sigma}{V_o}} \tag{5b}$$

Razmotrićemo slučaj kad $x_o \gg 1$, što odgovara velikim odstupanjima izmedju A_o i A_p, odnosno V_o i $\bar{v}_p$ u poredjenju sa σ/V_o. Ako je pored toga i $x_o \gg \Delta/\sigma$, sve funkcije u zagradi u jednačini (6) su približno jednake jedinici, te je

$$\frac{dv}{dt} = 0, \text{ tj. } v = 0 \tag{7}$$

Brzine brojanja R_1 i R_2 u ovom slučaju ne samo da su približno jednake, već i teže nuli. Nema dejstva povratne sprege - dakle stabilizacija ne postoji.

Za slučaj kad je $x_o \approx \Delta/\sigma \gg 1$ dobijamo približno za $\Phi(x_o) \approx 1$, za $\Phi(x_o + \frac{\Delta}{\sigma}) \approx 1$ a za $\Phi(x_o - \frac{\Delta}{\sigma}) \approx 0$, odnosno $R_1 \approx R/2$ a $R_2 \approx 0$. Prema jednačini (6) sad je

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2}\frac{|Q|}{C}, \tag{8}$$

pa smenom v iz jednačine (8) u (1a), pošto je $R_1 > R_2$, nalazimo da će pojačanje da raste s vremenom eksponencijalno, sa vremenskom konstantom

$$t = \frac{2C}{b|Q|R} \tag{9}$$

Sa ovom vremenskom konstantom, koja se smanjuje sa povećanjem R, sistem prelazi u sledeće stanje, a to je kad se srednja vrednost amplituda impulsa nalazi u, ili blizu kanala.

Uslovi za ovo stanje su da je $x_o < \frac{\Delta}{\sigma} << 1$. S obzirom na male vrednosti argumenta funkcije Φ možemo pisati

$$\Phi(x_o) \approx \frac{2}{\sqrt{2\pi}} x_o,$$

$$\Phi(x_o + \frac{\Delta}{\sigma}) \approx \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \frac{\Delta}{\sigma} \tag{10}$$

$$\Phi(x_o - \frac{\Delta}{\sigma}) = -\Phi(|x_o - \frac{\Delta}{\sigma}|) \approx -\frac{2}{\sqrt{2\pi}} \frac{\Delta}{\sigma}$$

Smenom u jednačinu (6) dobija se

$$\frac{dv}{dt} = K(1 - \frac{\bar{A}_p}{A_o}) \tag{11}$$

gde je

$$K = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \frac{|Q|}{C} \frac{V_o}{\sigma} \tag{11a}$$

Za ovaj slučaj opravdana je linearizacija u jednačini (1a) zbog male vrednosti eksponenta, pa pojačanje postaje

$$\bar{A}_p = A_{po} + A_1 bv \tag{12}$$

gde je

$$\bar{A}_{po} = A_p|_{v=o} = A_2 - A_1, \tag{12a}$$

čime se jednačina (11) svodi na

$$\frac{dv}{dt} + K\frac{A_2 b}{A_o}v = K\frac{A_o - \bar{A}_{po}}{A_o} \tag{13}$$

Njeno rešenje je

$$v = \frac{A_o - \bar{A}_{po}}{A_2 b} - \frac{A_o - \bar{A}_p(o)}{A_2 b}\, e^{-\frac{t}{\tau_S}} \tag{14}$$

odnosno za pojačanje $\bar{A}_p$

$$\bar{A}_p = A_o - \left[A_o - \bar{A}_p(o)\right] e^{-\frac{t}{\tau_S}} \tag{15}$$

Dakle, pri malim odstupanjima pojačanje se menja takodje po ekspo nencijalnom zakonu, ali sa različitom vremenskom konstantom

$$\tau_S = \frac{A_o}{KA_2 b} = \frac{A_o}{A_2 b}\,\frac{\sqrt{2\pi}\, C\sigma}{2R|Q|V_o} \tag{16}$$

Medjutim, za razliku od prethodnog slučaja $\bar{A}_p$ teži ka referentnom pojačanju $\bar{A}_o$, na čemu se zasniva stabilizirajuće dejstvo sistema.

U analiziranom slučaju je $R_1 > R_2$ pa je i $A_o > \bar{A}_p(0)$, što znači da će pojačanje s vremenom da raste dok ne dostigne vrednost A_o. Do analognih zaključaka dolazi se i za $R_1 < R_2$.

S obzirom da je prilikom izvodjenja jednačina (14) i (15) usvojeno da je $x_o \ll 1$, one važe samo kad je

$$\frac{A_o - \bar{A}_p}{A_o} \ll \frac{\sigma}{V_o} \tag{17}$$

Iz jednačine (15) zaključujemo da je $[A_o - A_p(0)]$ početna gre ška sistema. Može se pokazati da je početna greška za jedan refere ntni dogadjaj (impuls), pod uslovom da je sistem prethodno bio u ravnoteži $[\bar{A}_p(0) = A_o]$, jednaka $A_2 b|Q|/C$. Zbog toga je

$$A_p = A_o - A_2 b\,\frac{|Q|}{C}\, e^{-\frac{t}{\tau_S}} \tag{18}$$

Razmotrićemo srednju vrednost kvadrata fluktuacije A_p koja izaziva proširenje referentne linije usled dejstva povratne sprege. Primenom Campbell - ove teoreme dobijamo za ovu fluktuaciju

$$\sigma_A^2 = \overline{(A_o - A_p)^2} = n(A_2 b \frac{Q}{C})^2 \frac{\tau\Omega}{2} , \qquad (19)$$

gde je $n = r_1$ ili r_2, odbroj u kratkom vremenskom intervalu u odgovarajućem kanalu. Odavde je relativno širenje linije

$$\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{A_o^2}} = \frac{A_2 b}{A_o} \frac{|Q|}{C} \sqrt{\frac{n\tau\Omega}{2}} \qquad (20)$$

ZAKLJUČAK:

Opisani sistem je, za razliku od sličnih sistema (1,2), opštiji, jer se prostom izmenom konstanata u izrazu za faktor multiplikacije može primeniti i na druge detektore (npr. propocionalne brojače). Sem toga uvodjenjem dva kanala konačne širine Δ, signal merene veličine ne ometa reperni signal. Umesto LED - a kao izvora repernog signala može se upotrebiti radioaktivni izvor koji daje linijski spektar van merenog spektra. Isto važi i za proporcionalne brojače. Ovde se ne moraju koristiti brojači blizanci (2). Ovim je isključena greška koja potiče od različitog ponašanja brojača u blizancima na promene spoljašnjih uslova.

STABILISATION OF SCINTILLATION SPECTROMETERS

A system for stabilisation of scintillation spectrometers is proposed in which a reference line produced by a pulsed light source is used in order to obtain feedback voltages for stabilisation. The reference pulses are fed via two single channel analysers having identical window widths to a control voltage forming network. The discriminators are set so that the upper level of the lower channel coincides with the lower level of the upper channel at the average pulse hight of the reference line. The magnitude and sign of the control feedback voltage depends on the difference of counts

in both channels. This signal is used to control the high voltage supply of the photomultiplier in such a mode as to achieve identical countig rates in both channels. The advent age of using "artificial" reference lines from a LED pulsed light source is in the first place that the system is stabilised even in tne absense of radiation sources. In the second place it is possible to set the reference line far from the region of the measured spectrum.

LITERATURA:

1. M. Lampton: Feedback control of proportional counter gain; The review of scientific instruments, vol. 42, No. 1, 117, (1971).

2. A. C. Brinkman, P. De Croene: Proportional counter with automa tic gain control; Nuclear instruments and methods, vol. 66, No. 2, 316, (1968).

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

B. Ćirilov, Dj. Krmpotić, M. Šmelcerović i I. Savić
Institut za fiziku SR Srbije, Beograd
Institut "Boris Kidrič", Vinča

ANALOGNA KONTROLA RADNE TAČKE GASNOG PROPORCIONALNOG BROJAČA

Unutrašnje pojačanje gasnog proporcionalnog brojača zavisi od nekoliko fizičkih parametara, čije promene dovode do nestabilnosti brojačkog sistema. Pritisak, temperaturu i kvalitet gasne smeše nemoguće je održati konstantnim ni u laboratorijskim uslovima rada, te je zato načinjen sistem za analognu stabilizaciju uredjaja sa gasnim brojačem kao detektorom zračenja. Stabilizacija se ostvaruje promenom napona napajanja brojača sve dok se pojačanje sistema ne dovede do unapred zadane vrednosti. Kao izvor repernog signala koristi se radioaktivni izvor sa linijskim spektrom zračenja.

Unutrašnje pojačanje gasnog proporcionalnog brojača može se uz dobru aproksimaciju predstaviti jednačinom

$$M = Be^{-b\sqrt{p}\,v_H} \qquad (1)$$

gde su

p - pritisak gasa u brojaču

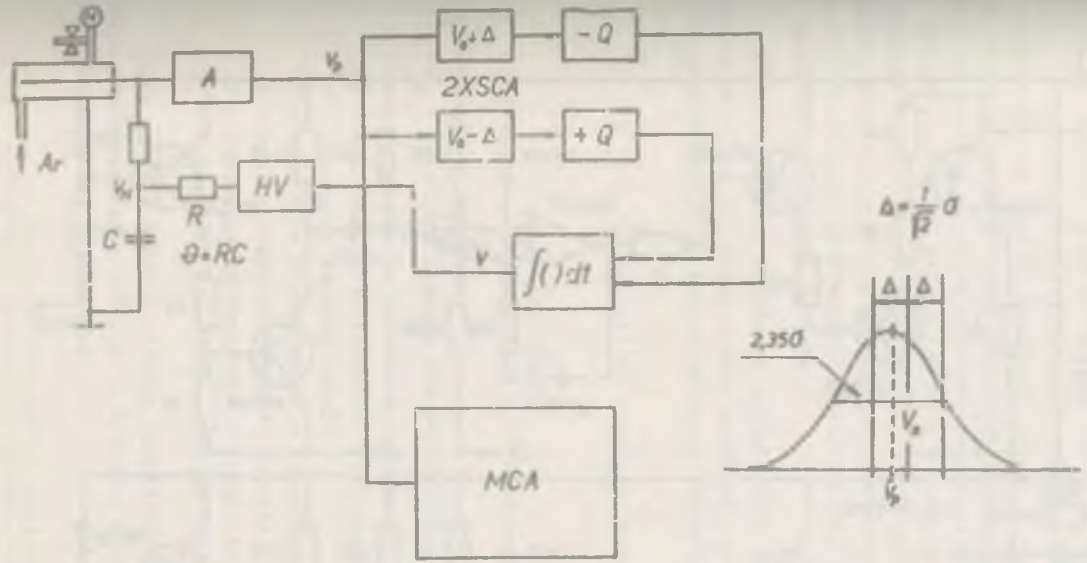
v_H - napon izmedju anode i katode brojača

B, b - konstante zavisne od geometrije brojača, radne smeše, temperature i drugih parametara u izabranoj radnoj tački.

Mada se B i b menjaju zavisno od radnih uslova u brojaču, za praktičnu primenu stabilizacije dovoljna tačnost analize se postiže usvajanjem pretpostavke da su ove veličine konstantne.

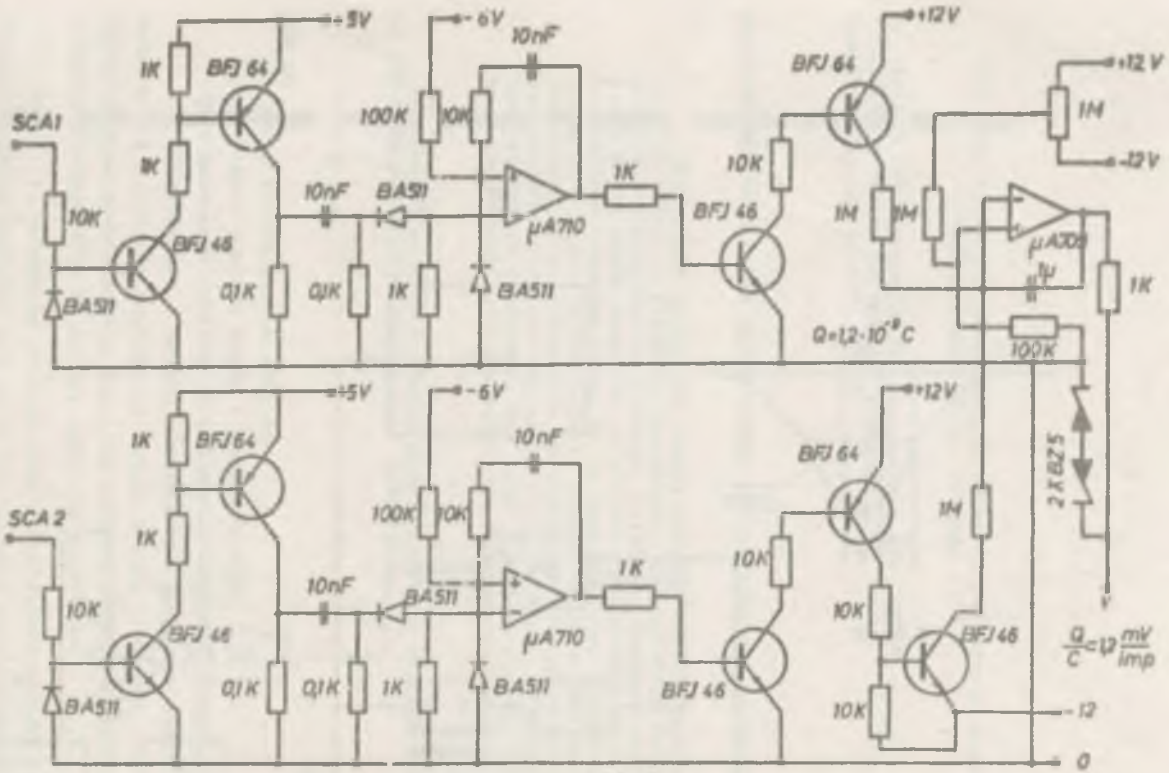
Na sl. 1. prikazana je blok šema stabilisanog mernog sistema proporcionalnog brojača, dok je na sl. 2. data električna šema jedine nestandardne jedinice, tj. generatora naelektrisanja i integratora.

Funkcionisanje sistema za stabilizaciju prikazano je na sl. 1. Zračenje u brojaču proizvodi reperna naelektrisanja srednje vrednosti



Sl. 1

BLOK ŠEMA STABILIZOVANOG MERNOG SISTEMA SA GASNIM PROPORCIONALNIM BROJAČEM


SCA1
SCA2
BFJ 64
BFJ 46
BA511
μA710
μA709
+5V
-6V
+12V
-12V
10nF
1K
10K
100K
0,1K
1M
100K
2X625
Q=1,2·10⁻⁸C
Q/C=1,2 mV/imp
-12
0

Sl. 2

Q_p. Ova reperna naelektrisanja daju na izlazu iz pojačavačkog sistema jednu statističku distribuciju amplituda impulsa - spektralnu liniju sa srednjom vrednošću amplituda $\bar{v}_p$ i širinom FWHM. Analizatori $V_o + \Delta$ i $V_o - \Delta$ pobudjuju generatore naelektrisanja svaki put kada se pojavi impuls čija se amplituda nalazi u njihovim kanalima. Zavisno od znaka naelektrisanja na izlazu intergatorske jedinice pojavljuje se napon v, koji se superponira upravljačkom naponu jedinice za napajanje brojača visokim naponom i vrši korekciju unutrašnjeg pojačanja brojača do vrednosti kada brzine brojanja u analizatorima postanu jednake. Detaljna analiza rada ovakvog sistema data je u radu (1), te će ovde biti izneti samo rezultati primene stabilizacije na gasne proporcionalne brojače.

Za male promene pojačanja brojača koje nastaju kao posledica promene pritiska ili nekog drugog fizičkog parametra, sistem se vraća u početno stanje po aproksimativnoj jednačini

$$A_p = A_o - \left[A_o - \bar{A}_p(o)\right]\left[e^{-\frac{t}{\theta}} + \frac{\tau_a}{\tau_a - \theta}\left(e^{-\frac{t}{\tau_a}} - e^{-\frac{t}{\theta}}\right)\right]$$

$$\tau_a = \frac{A_o}{Bh\sqrt{p}}\,\frac{\sqrt{2\pi}\,CU}{2R\,|Q|\,V_o} \tag{2}$$

sa upotrebljenim oznakama

A_o - pojačanje sistema pre poremećaja,

$\bar{A}_p(o)$ - pojačanje po izvršenom poremećaju,

$|Q|$ - količina naelektrisanja, koju prima integrator za svaki odbrojani reperni impuls,

C - kapacitet kondenzatora u integratoru,

R - brzina brojanja repernih signala,

θ - integraciona konstanta u izvoru za napajanje brojača

V_o - zajednički nivo jednokanalnih analizatora.

Zbog prirode dejstva sistema stabilizacije povećava se širina linije monoenergetskog spektra iz brojača, u odnosu na isti sistem bez stabilizacije, za vrednost

$$\sigma_A^2 = n\left(Ab\sqrt{p}\,\frac{|Q|}{C}\right)^2 \frac{2\theta^4 - \theta^3\tau_a - 5\theta^2\tau_a^2 - 3\theta\tau_a^3 + \tau_a^4}{2(\tau_a^2 - \theta^2)(\tau_a - \theta)} \tag{3}$$

gde je $n = r_1$ ili r_2, odbroj u jednom kanalu za kratak interval

vremena. Rezolucija sistema, zbog dejstva stabilizacije, promeniće se za iznos:

$$\delta = 2,35\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{A_0^2}} \qquad (3a)$$

Analizom se dolazi do zaključaka da se za sistem stabilizacije kod koga su po jedan nivo amplitudnih analizatora na istoj vrednosti, najmanja vrednost vremenske konstante τ_s dobija za širinu kanala $\Delta = \frac{1}{\sqrt{2}}\sigma$, što je kod sistema sa gasnim proporcionalnim brojačem poželjno zbog relativno brzih promena pritiska.

Ukoliko se uzme u obzir da je kod većine brojača i za većinu merenja rezolucija sistema izmedju 5 i 20%, dolazi se do zaključka da se može dozvoliti povećanje relativne širine linije za 1% bez znatnijeg pogoršanja kvaliteta sistema. Merenjem je utvrdjeno da se promene pritiska gasa u brojaču dešavaju uglavnom po eksponencijalnom zakonu sa vremenskim konstantama reda veličine 10 s, pa se može zaključiti da će sistem koji ima sledeće vrednosti parametara

$$\frac{|q|}{c} = 1,2\cdot 10^{-3}\ \frac{V}{imp}\ ,\ \sigma = 0,04\ V_0\ ,\ V_0 = 6V\ ,\ R = 10^3 imp/s$$

$$A_0 = 15Bb\sqrt{p}\cdot v_0\ ,\quad \tau_s = 1s,\ \theta = 1,5s$$

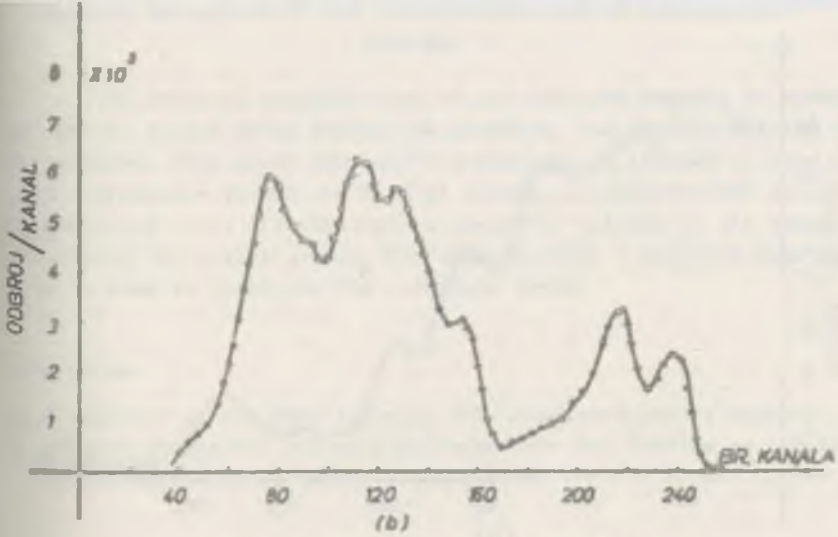
zadovoljiti normalne zahteve za stabilan rad pri merenjima.

Gasni proporcionalni brojač na kome su vršena merenja imao je sledeće karakteristike:

dijametar katode - $r_K = 50$ mm,
dijametar anode - $r_A = 25\times 10^{-3}$ mm
radna dužina -$l = 200$ mm

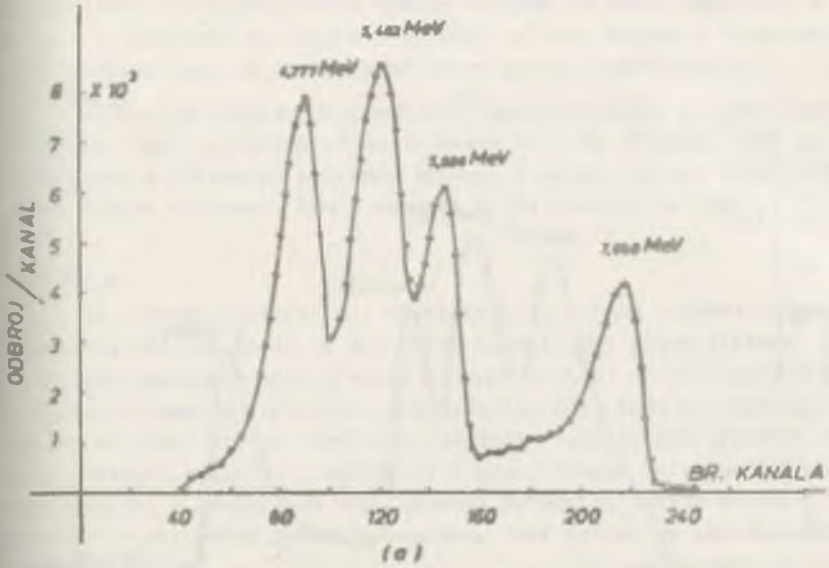
Kao radni gas upotrebljen je argon na pritisku od 1 Kp/cm^2.

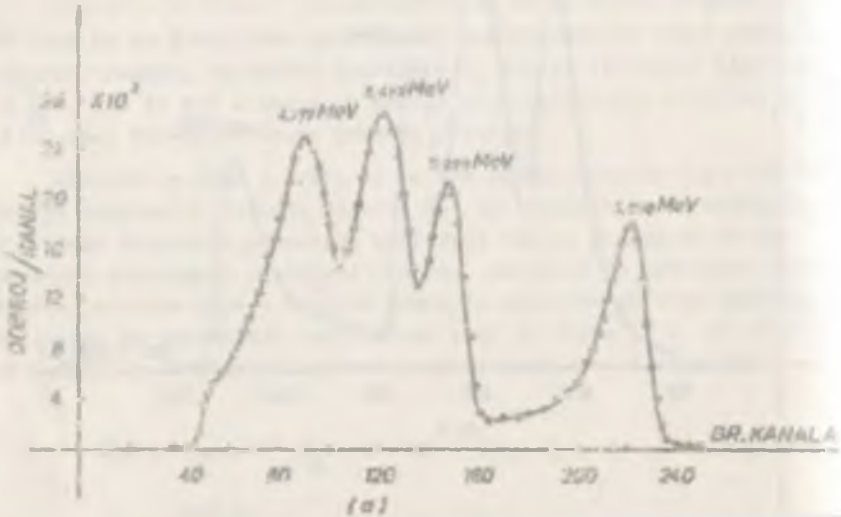
Da bi se ocenio rad stabilisanog sistema kao izvor zračenja upotrebljen je radioaktivni izvor ^{226}Ra u ravnoteži sa svojim potomcima, a kao linija na kojoj se vrši stabilizacija upotrebljena je linija najveće energije E_α = 7,68 MeV. Na izlazu iz brojača postavljen je sistem koji omogućava brze promene pritiska u brojaču za vrednost od 0,03 Kp/cm^2. Merenje je vršeno u vremenskom intervalu od 400 s, a pritisak je održavan na vrednostima 0,99 i 1,29 Kp/cm^2 u

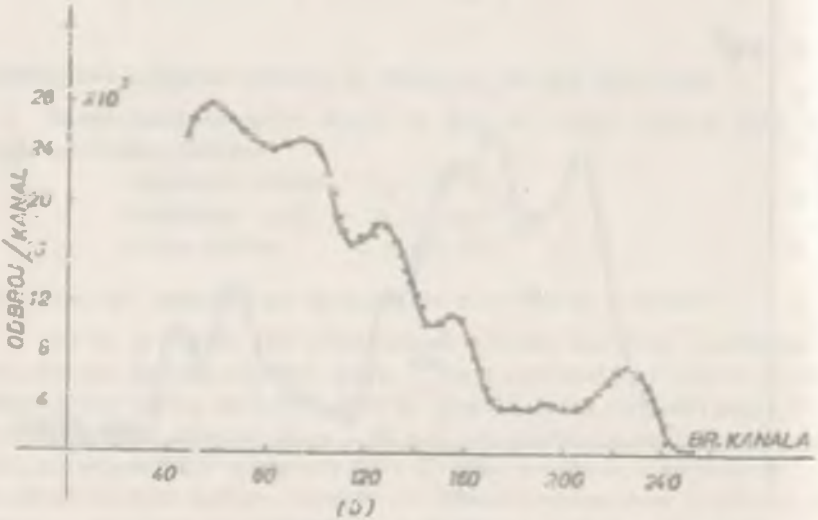


(b)

Sl. 3


5,402 MeV
4,777 MeV
5,486 MeV
7,686 MeV
X 10³
ODBROJ / KANAL
BR. KANALA
1
2
3
4
5
6
7
8
40
80
120
160
200
240
(a)


X10³
24
20
16
12
8
4
DOGAĐAJ/KANAL
BR.KANALA
40
80
120
160
200
240
(a)



Sl. 4

intervalima vremena od po 10 s. Na sl. 3a prikazan je spektar pomenutog izvora snimljen pomoću mernog sistema sa stabilizacijom, a na sl. 3b prikazan je rezultat merenja za isti sistem i iste uslove rada brojača kada se isključi povratna sprega stabilizacije.

Na sl. 4a nacrtan je spektar ^{226}Ra u ravnoteži sa potomcima za slučaj kada je brojač napunjen gasom koji se slobodno meša sa atmosferom u prisustvu povratne sprege, a na sl. 4b taj isti spektar u njenom odsustvu. Vreme merenja u oba slučaja je 2000 s.

ZAKLJUČAK:

Iz iznetog materijala o stabilizaciji mernog sistema proporcionalnog brojača sledi da ima svrhe stabilisati merne sisteme namenjene terenskom radu i merne sisteme koji se upotrebljavaju za dugotrajna merenja. Primenom stabilizacije pogoršava se rezolucija mernog sistema, što ne pogoršava rezultate merenja pri prozorskom tipu merenja. Medjutim stabilizacija nije pogodna za spektrometrijska merenja. U prozorskom tipu merenja referntna linija ne menja položaj ni pri većim brzinama brojanja, kada dolazi do efektanagomilavanja.

ANALOGUE REGULATION OF THE OPERATING VOLTAGE OF PROPORTIONAL COUNTERS

The internal amplification of gas counters depends on several parameters as are among others the pressure, the temperature and the gas mixture. Even under laboratory conditions it is hard to keep these parameters within the desired ranges, An electronical system is described that, influencing the operating voltage of the counter, stabilises the entire system. For stabilisation a selected spectral line is used to establish the reference level.

LITERATURA:

1. B. Ćirilov et al: Stabilizacija scintilacionog mernog kompleta; Zbornik radova VII simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari, oktobar 1973.

APLIKATIVNI RADIOIZOTOPI U ŽIVOTNOJ SREDINI SRS

PARJANČIČ G., KRIŽMAN M.

Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana

Kratak sadržaj

Raširenost upotrebe radioizotopa u SR Sloveniji. Uporedjivanje doza, koje prima osoblje kod pojedinih vrsta radioaktivnih izvora sa dozom zračenja, koju prima svaki stanovnik zbog prirodnog fona radioaktivnosti. Zaključci o izloženosti stanovništva uticaju jonizirajućeg zračenja ob današnjem stanju upotrebe radioizotopa u SR Sloveniji.

Počeci upotrebe radioizotopa u Sloveniji sežu na medicinsko područje, i to u godinu 1926, kad je prvi put upotrebljena radijumska igla za ozračivanje tumora. Širi razmah doživela je upotreba radioizotopa krajem pedesetih godina. Tada je već bilo na raspoloženju toliko umjetno radioaktivnih izotopa, da su korisnici mogli naručivati izotope s takvim karakteristikama, kakve su zahtjevale konkretne aplikacije. Danas upotrebljavamo umjetne radioizotope na brojnim područjima medicine, industrije i istraživačkih radinosti.

Obzirom na način upotrebe radioizotope djelimo na zatvorene i otvorene. Zatvoreni su neprodušno zavareni u metalnom ili staklenom sudu i ugradjeni u udredjenu aparaturu. Otvoreni radioizotopi upotrebljavaju se u obliku prašaka, granulata, otopina ili plinova, koje treba mjeriti, vagati, razredjivati i razdjeljivati, pa zbog toga pri aplikaciji zauzimaju širi prostor. Mogućnost, da se radioaktivna tvar razširi u životnu sredinu većeg ili manjeg kruga stanovništva je pri otvorenim radioizotopima neusporedivo veća nego kod zatvorenih.

Raširenost upotrebe radioizotopa u SR Sloveniji

Najveći korisnik otvorenih i zatvorenih radioizotopa za istraživačke svrhe je Institut Jožef Stefan, a za medicinske svrhe Onkološki institut u Ljubljani. Otvorene radioizotope za diagnostiku i terapiju upotrebljavaju Institut za nuklearnu medicinu u Ljubljani te radioizotopne laboratorije bolnica u Celju, Mariboru i Slovenj Gradcu. Pored toga ima još nekoliko institucija, koje u manjem opsegu i povremeno upotrebljavaju otvorene radioizotope za istraživačke svrhe.

Kod otvorenih radioizotopa postoji na jednoj strani mogućnost, da bilo kako prodru u životnu sredinu, a na drugoj strani su baš otvoreni radioizotopi u rukama najbolje opremljenih i stručno usposobljenih institucija. Pored toga radi se većinom o kratkoživim izotopima, a potrošnja se kreće u redu veličine nekoliko stotina mCi mjesečno u pojedinoj instituciji. Aktivnosti su dakle daleko manje nego kod zatvorenih izotopa.

Kod zatvorenih izvora u normalnim okolnostima nema opasnosti da bi se aktivna tvar razširila van zavorenog kućišta; dakle opasnost kontaminacije je minimalna. Češća su prekoračenja maksimalno dozvoljene doze kod osoblja, kada se radi o većim aktivnostima, n. pr. kod industrijske radiografije, gdje se upotrebljavaju izvori aktivnosti do 10 Ci, a iznimno do 100 Ci.

U tabelama (prilog 1 i 2) dat je spisak korisnika radioizotopa u SRS; tabele dopunjuje zemljovid razširenosti radioizotopa.

Najveći broj korisnika otvorenih i zatvorenih radioizotopa je u Ljubljani i njenoj široj okolini.

Radiografske pretrage vrše veća preduzeća metalne struke. Regulatore nivoa i nivometre upotrebljavaju željezare, livnice, cementare te drvnoindustrijski i prehrambeni pogoni. Mjerači debljine većinom su smješteni u papirnoj i gumarskoj industriji, a sonde za mjerenje gustoće i vlažnosti su važan mjerni instrument građevincima i geolozima. Radioaktivni gromobrani načelno se postavljeju za zaštitu industrijskih objekata, a iznad stambenih zgrada nalazimo ih samo iznimno.

Radioaktivni javljači požara su doduše nabrojniji, a pošto pojedini javljač sadrži samo 72 mikroCi Am-241, njihova cjelokupna aktivnost ne prelazi vrijednost 1 Ci.

Da bi slika raširenosti radioizotopa bila potpunija, treba spomenuti još nuklearni reaktor u Podgorici i pokusni rudnik urana na Žirovskom vrhu. Obadva objekta su takve naravi, da mogu u većoj mjeri utjecati na koncentracije radioaktivnih tvari u životnoj sredini.

Uporedjivanje doza, primljenih od različitih izvora zračenja

Svaki stanovnik prima od prirodnih izvora zračenja dozu u granicama od 4 do 2o mr na mjesec odnosno u prosjeku 1o mr na mjesec. Na temelju gornje vrijednosti i iskustava dozvoljavaju današnji propisi za profesionalno izloženo osoblje mjesečnu maksimalnu dozu 42o mr. Sprovodjenjem zaštitnih mjera primljena doza u prosjeku je osjetljivo manja.

Preglednica (prilog 4) daje nam uporedjenje doza zračenja od različitih izvora. Prva rubrika pretstavlja dozu, koju bez iznimke kontinuirano prima sva populacija. Zbog uporedjenja je u donjoj rubrici ucrtana prosječna doza, koju prima pacijent pri rentgenskom slikanju pljuća. Tovrstnim ekspozicijama izložen je pretežni deo stanovništva. Ostale rubrike pretstavljaju mjesečno primljene doze profesionalnog osoblja pri različitim aplikacijama izvora zračenja. Rezultati su uzeti iz arhiva filmdozimetrijske kontrole. Prema našim statistikama u toku zadnjih deset godina prosječno mjesečno primljena doza za profesionalno izloženo osoblje iznosi oko 45 mr. Kod prosječno 1 % profesionalno izloženog osoblja pojavljaju se prekoračenja maksimalno dozvoljene doze.

Zaključci

Potencijalni izvor kontaminacije životne sredine su pre svega korisnici otvorenih radioizotopa, jer kod svake aplikacije nastupaju radioaktivni otpaci. Propisi tačno reguliraju, kako treba s njima postupiti. Za pojedine vrste izotopa su obzirom na njihovu toksičnost propisane maksimalno dozvoljene koncen-

tracije u otpadnim vodama, prije nego sto se smiju puetiti u kanalizaciju. Tolerantne koncentracije pri kratkoživim izotopima postižu se odležavanjem, a rpi dugoživim izotopima rasredjivanjem. Čvrsti otpaci spremaju se u zatvorenim sudovima u posebnim bunkerima.

Mjesečna potrošnja otvorenih radioizotopa u SR Sloveniji iznosi oko 1200 mCi, a od toga najviše 2 % (24 mCi) može se u obliku aktivnih otpadaka pomješati u širu okolinu. Po drugoj strani falloutom padne mjesečno prosječno 4 mCi/km^2 beta aktivnih tvari, odnosno 80.000 mCi na područje čitave republike. Uporedjivanjem gornjih podataka možemo doći do zaključka, da upotreba radioizotopa u današnjem opsegu nema bitni uticaj na životnu sredinu.

Zračenju zatvorenih radioizotopa izloženo je samo osoblje, koje neposredno manipulira s njima ili ima radna mjesta u njihovoj blizini i pretstavlja približno 0,01 % stanovništva.

KORISNICI RADIOIZOTOPA U SR SLOVENIJI

Otvoreni radioizotopi

Institut Jožef Stefan, Ljubljana
Onkološki institut, Ljubljana
Institut za nuklearno medicino, Ljubljana
Patofiziološki institut, Ljubljana
Metalurški institut, Ljubljana
Radioizotopski laboratorij, Spl. bolnice Celje
Radioizotopski laboratorij Spl. bolnice Slovenj Gradec
Tovarna zdravil Krka, Novo mesto

Zatvoreni radioizotopi

INDUSTRIJSKA RADIOGRAFIJA

Litostroj, Ljubljana
Zavod za varjenje SRS, Ljubljana
Institut za metalne konstrukcije, Ljubljana
Kovinarska, Krško
Metalna, Maribor
Metalna, Krmelj
Hidromontaža, Maribor
Železarna Ravne na Koroškem

REGULATORI NIVOA

Lesonit, Ilirska Bistrica
Železarna Jesenice
Živilska industrija, Kamnik
Titan, Kamnik
Yulon, Ljubljana - Moste
Termika, Škofja Loka
Rudnik lignita, Velenje
Železarna, Štore
Saloniti, Anhovo
Cementarna, Trbovlje
Nafta, Lendava

MJERAČI DEBLJINE

Tovarna papirja, Radeče
Tovarna celuloze, Videm-Krško
Združene papirnice, Vevče
Papirnica Količevo
Sava, Kranj

SONDE ZA NJERENJE VLAGE I GUSTOĆE

GP Primorje, Ajdovščina
GP Slovenija ceste, Ljubljana
Institut za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana
Geološki zavod, Ljubljana

RADIOAKTIVNI GROMOBRANI

Asfaltna baza, Drnovo
Združena kemična industrija, Domžale
Hotel Turist, Grosuplje
Inkop, Kočevje
Itas, Kočevje
Titan, Kamnik
Svilanit, Kamnik
Kemin, Ljubljana
Stavbar, Maribor
Tovarna usnja, Vrhnika

RADIOAKTIVNI JAVLJAČI POŽARA

U SR Sloveniji montirano je oko 6ooo javljača požara.

OSTALO

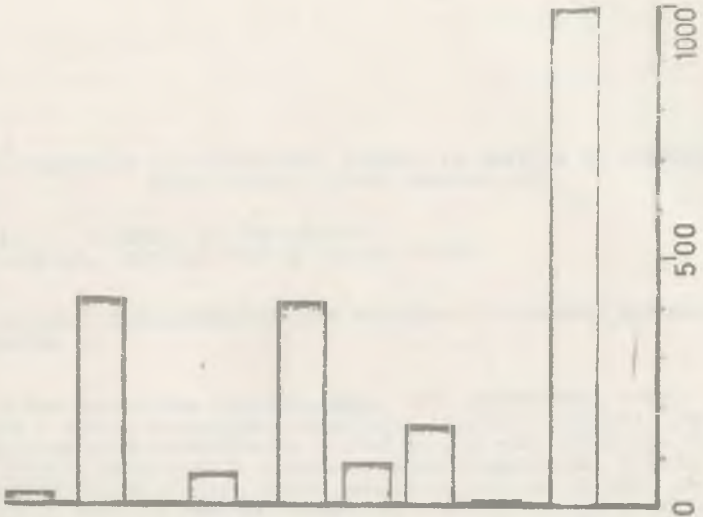
Rudnik svinca Mežica; Co-6o za istraživanje bušotina mjerenjem povratno sipanog zračenja.
Žičnica Vogel; Co-6o za automatsko uključivanje kočione automatike.
Žičnica Kanin; Cs-137 za oznaku spojnih mjesta žičnog konopa.
Hidrometeorološki zavod; Co-6o za mjerenje debljine i gustoće snjega.

RAZŠIRJENOST UPORABE RADIOIZOTOPOV V SRS

UPOREDJIVANJE DOZA, PRIMLJENIH OD RAZLIČITIH IZVORA

Doza zračenja, koju kontinuirano prima svaki stanovnik	4 do 2o mr/mjes.
Maksimalno dozvoljena mjesečna doza za profesionalno izloženo osoblje	42o mr/mjes.
Mjesečna doza na radnim mjestima u okolini radioaktivnih nivometara, mjerača debljine, gromobrana, ...	1o do 3o mr/mjes.
Osoblje pri industrijskim radiografskim pretragama	2oo do 4oo mr/mjes.
Osoblje pri aplikaciji otvorenih radioizotopa	3o do 6o mr/mjes.
Zdravstveno osoblje pri rentgenskoj diagnostici	3o do 9o mr/mjes.
Osoblje u blizini radioaktivnih javljača požara	do 5 mr/mjes.
Doza zračenja koju prima pacient prosječnoj rentgenskoj snimci pluća	1ooo mr/mjes.

Pril. 4



VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari, 22-26 oktobra 1973.

D. Glišović, S. Muždeka, M. Šmelcerović
V.P.6869 Beograd, Institut "Boris Kidrič" Vinča

PRIPREMA UZORAKA KONTAMINIRANIH ALFA EMITERIMA ZA MERENJE METODOM DEBELOG UZORKA

Niske dozvoljene kontaminacije alfa aktivnošću, vode, hrane i drugih materijala namenjenih ljudskoj upotrebi, zbog relativno male osetljivosti brojačkih sistema, zahtevaju da se merenja obavljaju na koncentrovanim preparatima. U radu je opisan postupak koncetrovanja preparata koji se koriste za pripremu debelih uzoraka namenjenih merenju specifične alfa aktivnosti nepreparirano materijala. Metoda debelog uzorka je jedino prihvatljiva u vanrednim uslovima rada, jer ne zahteva posedovanje visokokvalitetnog laboratorijskog inventara i precizna merenja.

Količina materijala potrebnog za pripremu debelog uzorka

Po izvršenoj analizi potrebne debljine uzorka za merenje specifične alfa aktivnosti metodom debelog uzorka (1), dolazi se do zaključka da je neophodna debljina uzorka 1mm i da je za opisano merenje potrebna površina uzorka od 12cm^2. Kako se pri primeni uzorka može očekivati gubitak materijala od 50% ocenjuje se da je posle koncetrovanja potrebno imati količinu od 5g materijala za supstance veće specifične gustine i oko 1g za materijale koji posle spaljivanja daju ostatak male specifične gustine (pepeo i sl.).

Uzimajući u obzir da je nivo dozvoljene alfa kontaminacije u vodi i životnim namirnicama za U^{235} i Pu^{239} 0,4μCi/kg (2), a da je osetljivost opisane merne metode (1) 1μCi/kg i da je potrebno meriti specifične aktivnosti za red veličine niže od dozvoljene vrednosti, zaključuje se da je neophodno izvršiti koncetrovanje polazne supstance za bar 10 puta. Metode koncetrovanja žarenjem, uparavanjem tečnosti na aktivnom uglju i sagorevanjem daju faktore koncetrovanja izmedju 5 i 50 puta. U tabeli I date su eksperimentalno odredjene količine materijala potrebne pri pripremi opisanog debelog uzorka uz koncetrovanje žarenjem i uparavanjem tečnosti.

TABELA I. Potrebne količine materijala za pripremu jednog uzorka.

Vrsta Materijala	Potrebna količina (g)	Način koncetrovanja
Hleb	30	Žarenje na 500°C
Meso i riba	50	-//-
Žrnasta hrana	50	-//-
Krompir	50	-//-
Paradajz	100	-//-
Luk	70	-//-
So i šećer	2	-//-
Seno i slama	10	-//-
Jougurt	150	-//-
Mleko	150	-//-
Voda	50	Uparavanje na aktivnom uglju i žarenje
Voćni sokovi	50	-//-
Alkoholna pića	50	-//-
Duvan	3	Žarenje na 500°C

Tehnika koncetrovanja čvrstih uzoraka

Materijal koji se koncetruje domeri se u količini iz tabele I i stavlja se u porcelanski "tigl" za spaljivanje i postavlja se u peć za žarenje. Žarenje se obavlja na t mperaturi od maksimalno 600°C. Povremeno u toku žarenja se vrši mešanje materijala radi homogenizacije i ubrzanja procesa. Proces žarenja je završen kada materijal dobije sivo beličastu boju. Vreme procesa zavisi od toplotne snage peći za žarenje i sagorljivosti pojedinih sastojaka materijala. Poboljšanje procesa se postiže dodavanjem nekoliko kapi azotne kiseline ili vodoonikperoksida (20%).

Po završenom žarenju i hladjenju materijal se preruči u plastičnu kesicu i izmeri. Faktor koncetrovanja je dat izrazom

$$K = \frac{G_m}{G_p} \qquad (1)$$

gde su G_m - masa upotrebljenog materijala pre žarenja
G_p - masa ostatka posle izvršenog žarenja

Tehnika koncetrovanja tečnih uzoraka

Pri radu sa tečnostima potrebno je koncetrovanje izvršiti na nekoj površinski aktivnoj materiji. Jedan od najpogodnijih materijala za ovu svrhu je aktivni ugalj. Odmerene količine tečnosti se pomoću pipete nanose na prethodno navlažen aktivni ugalj (vlaženje se vrši etil alkoholom) i zatim se uparava. Nanošenje se vrši u količinama od 3 ml čime se ubrzava proces uparavanja. Po izvršenom uparavanju materijal se homogenizuje mešanjem i izlaže se žarenju. Količina aktivnog uglja pri ovom procesu je za količine tečnosti iz tabele I 0,5 g. Izraz za nalaženje koncetracije je

$$z = \frac{G_m - 0,5g}{G_m} \qquad (2)$$

Faktor korekcije za merenje alfa aktivnosti metodom debelog uzorka

Zavisno od materijala nosioca pri merenju alfa aktivnosti metodom debelog uzorka menja se samoapsorpcija zračenja u uzorku i neophodno je izvršiti korekciju rezultata merenja. Korekcioni faktor S se može odrediti po izrazu

$$S = \left(\sum_{i=1}^{n} p_i \sqrt{A_i}\right)^{-1} \cdot 3,64 \qquad (3)$$

sa zančenjem A_i - atomska težina pojedinog materijala u uzorku

p_i - relativni udeo odnosnog elementa

Vrednosti koeficijenata S za razne vrste materijala su izračunate i merenjima je utvrdjeno da postoje neslaganja sa eksperimentalno nadjenim vrednostima. Neslaganja su uglavnom posledica nehomogenosti uzorka na čijim se česticama, pri koncetrovanju, po površini zadrži veći deo aktivnosti, što povećava odbroj mernog sistema u odnosu na homogen preparat. Eksperimentalno odredjivanje koeficijenta S vršeno je na aparaturi sa poluprovodničkim brojačem opisanoj u radu datom pod (1), a vrednosti su nalažene po izrazu

$$S = \frac{A_m \cdot K}{3,01\ N_0} \qquad (4)$$

TABELA I. Potrebne količine materijala za pripremu jednog uzorka.

Vrsta Materijala	Potrebna količina (g)	Način koncetrovanja
Hleb	30	Žarenje na 500°C
Meso i riba	50	-//-
Žrnasta hrana	50	-//-
Krompir	50	-//-
Paradajz	100	-//-
Luk	70	-//-
So i šećer	2	-//-
Seno i slama	10	-//-
Jougurt	150	-//-
Mleko	150	-//-
Voda	50	Uparavanje na aktivnom uglju i žarenje
Voćni sokovi	50	-//-
Alkoholna pića	50	-//-
Duvan	3	Žarenje na 500°C

Tehnika koncetrovanja čvrstih uzoraka

Materijal koji se koncetruje domeri se u količini iz tabele I i stavlja se u porcelanski "tigl" za spaljivanje i postavlja se u peć za žarenje. Žarenje se obavlja na t mperaturi od maksimalno 600°C. Povremeno u toku žarenja se vrši mešanje materijala radi homogenizacije i ubrzanja procesa. Proces žarenja je završen kada materijal dobije sivo beličastu boju. Vreme procesa zavisi od toplotne snage peći za žarenje i sagorljivosti pojedinih sastojaka materijala. Poboljšanje procesa se postiže dodavanjem nekoliko kapi azotne kiseline ili vodoonikperoksida (20%).

Po završenom žarenju i hladjenju materijal se preruči u plastičnu kesicu i izmeri. Faktor koncetrovanja je dat izrazom

$$K = \frac{G_m}{G_p} \qquad (1)$$

gde su G_m - masa upotrebljenog materijala pre žarenja

G_p - masa ostatka posle izvršenog žarenja

Tehnika koncetrovanja tečnih uzoraka

Pri radu sa tečnostima potrebno je koncetrovanje izvršiti na nekoj površinski aktivnoj materiji. Jedan od najpogodnijih materijala za ovu svrhu je aktivni ugalj. Odmerene količine tečnosti se pomoću pipete nanose na prethodno navlažen aktivni ugalj (vlaženje se vrši etil alkoholom) i zatim se uparava. Nanošenje se vrši u količinama od 3 ml čime se ubrzava proces uparavanja. Po izvršenom uparavanju materijal se homogenizuje mešanjem i izlaže se žarenju. Količina aktivnog uglja pri ovom procesu je za količine tečnosti iz tabele I 0,5 g. Izraz za nalaženje koncetracije je

$$z = \frac{\sigma_m - 0,5g}{\sigma_0} \qquad (2)$$

Faktor korekcije za merenje alfa aktivnosti metodom debelog uzorka

Zavisno od materijala nosioca pri merenju alfa aktivnosti metodom debelog uzorka menja se samoapsorpcija zračenja u uzorku i neophodno je izvršiti korekciju rezultata merenja. Korekcioni faktor S se može odrediti po izrazu

$$S = \left(\sum_{i=1}^{n} p_i \sqrt{A_i}\right)^{-1} \cdot 3,64 \qquad (3)$$

sa zančenjem A_i - atomska težina pojedinog materijala u uzorku
p_i - relativni udeo odnosnog elementa

Vrednosti koeficijenata S za razne vrste materijala su izračunate i merenjima je utvrdjeno da postoje neslaganja sa eksperimentalno nadjenim vrednostima. Neslaganja su uglavnom posledica nehomogenosti uzorka na čijim se česticama, pri koncetrovanju, po površini zadrži veći deo aktivnosti, što povećava odbroj mernog sistema u odnosu na homogen preparat. Eksperimentalno odredjivanje koeficijenta S vršeno je na aparaturi sa poluprovodničkim brojačem opisanoj u radu datom pod (1), a vrednosti su nalažene po izrazu

$$S = \frac{A_m \cdot K}{3,01\ N_0} \qquad (4)$$

pri čemu su A_s - specifična aktivnost polaznog materijala kontaminiranog alfa emiterom (μCi/g)

N_o - odbroj na mernoj aparaturi (imp/s)

Rezultati merenih vrednosti koeficijenta S dati su u tabeli II

TABELA II. Korekcioni koeficijenti u zavisnosti od materijala uzorka.

Vrsta materijala	Koeficijent S
Žareni hleb, brašno i slično	0.65
Pepeo mesa i ribe	0,61
Pepeo krompira i kupusa	0,60
Šećer	1
So	0,66
Žareni aktivni ugalj	0,72

Koeficijenti K i S koji su dati, koriste se za odredjivanje specifične alfa aktivnosti polazne supstance, merenjem metodom debelog uzorka a na osnovu relacije:

$$A_s = \frac{S\,R}{K}\,N_o \qquad (5)$$

gde je R - faktor geometrijske i spektralne osetljivosti brojačkog sistema za debeo uzorak.

Zavisnost koeficijenta S od vrste alfa emitera

Vrednosti koeficijenta S koje su date u tabeli II odnose se na emitere P_u^{239} i U^{235} koji su i najčešći kontaminanti u vanrednim uslovima. Za druge alfa emitere koeficijent S se neznatno menja i potrebno je u zavisnosti od vrste emitera izvršiti popravke reda veličine 1 do 3%, što se i ne mora učiniti sa obzirom na namenu merenja.

Mere opreznosti pri radu sa debelim uzorkom

Pri radu sa alfa emiterima mora se posebna pažnja obratiti na sprečavanje kontaminacije ljudstva i materijala, što je pri primeni debelog uzorka od žarenog materijala posebno teško. Prenošenje već pripremljenog uzorka do merne aparature je zbog strujanja vazduha i sitnih čestica materijala uzorka praktično neizvodljivo ukoliko se pri prenošenju uzorak ne prekrije plastičnom folijom koja se kasnije, pri merenju, skida i odbacuje. Moguće je merenje obaviti i na uzorku prekrivenom ili tankim slojem laka (vodenog stakla) ili zaštitnom folijom debljine 0,5mg/cm^2. Pri ovakvoj zaštiti uzorka koeficijent R se menja i povećava se za oko 30% u odnosu na prvobitnu vrednost, tj. merenje pri kome je odbrojavan spektar u energetskom intervalu od 3MeV-a do 6MeV-a. Rezultati pokrivanja uzorka tankim slojem laka nisu zadovoljavali, jer se od uzorka do uzorka pojavljuju velika odstupanja u odbroju zbog nehomogenosti prevlake.

Zaključak

Opisana je metoda pripreme i koncetrovanja materijala kontaminiranog alfa emiterima radi izrade uzorka namenjenog mernju specifične aktivnosti. Metodologija koja je opisana, namenjena je radu u akcidentalnim uslovima. U radu su dati eksperimentalno odredjeni korekcioni faktori za merenja na različitim nosiocima aktivnosti, kao i potrebne količine osnovnog materijala za pripremu debelog uzorka.

PREPARATION OF SAMPLES OF MATERIALS CONTAMIN. TED BY ALPHA EMMITERS FOR MEASUREMENTS BY THE THICK SAMPLE METHOD

The very low permissible contamination level for alpha active materials in water, food and other materials for human use requires, due to the low sensitivity of detection apparatus, measurements on concentrated samples. A method for concentraction of samples is described for the determination of the specific activities of non-concentrated materials. In emergencies the thick sample method is the only one applicable since it is not necessary to use hi h

quality laboratory equipment and perform high precision measurements.

Literatura

1. D. Glišović, S. Muždeka, M. Smelcerović: Detekcioni sistemi za merenje specifične alfa aktivnosti metodom debelog uzorka, VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, 1973.

2. RADIATION PROTECTION: Recomendation of the International Commision on Radiological Protection, ICRP No. 6.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26 oktobra 1973.

D. Glišović, S. Muždeka, M. Šmelcerović
V.P.6869 Beograd, Institut "Boris Kidrič" Vinča

DETEKCIONI SISTEMI ZA MERENJE SPECIFIČNE ALFA AKTIVNOSTI METODOM DEBELOG UZORKA

U akcidentalnim uslovima rada neophodno je za merenje specifične alfa aktivnosti koristiti metodu debelog uzorka, zbog brzine i jednostavnosti pripreme istog. U vanrednim uslovima se može očekivati jednovremena kontaminacija merenog materijala beta i gama emiterima što uslovljava izbor detekcionog sistema koji je sposoban da izvrši selektivno merenje alfa aktivnosti iz smeše zračenja. Terenski uslovi rada zahtevaju izbor pouzdanog detekcionog sistema, sposobnog da radi u svim klimatskim uslovima i u intenzivnom polju gama zračenja.

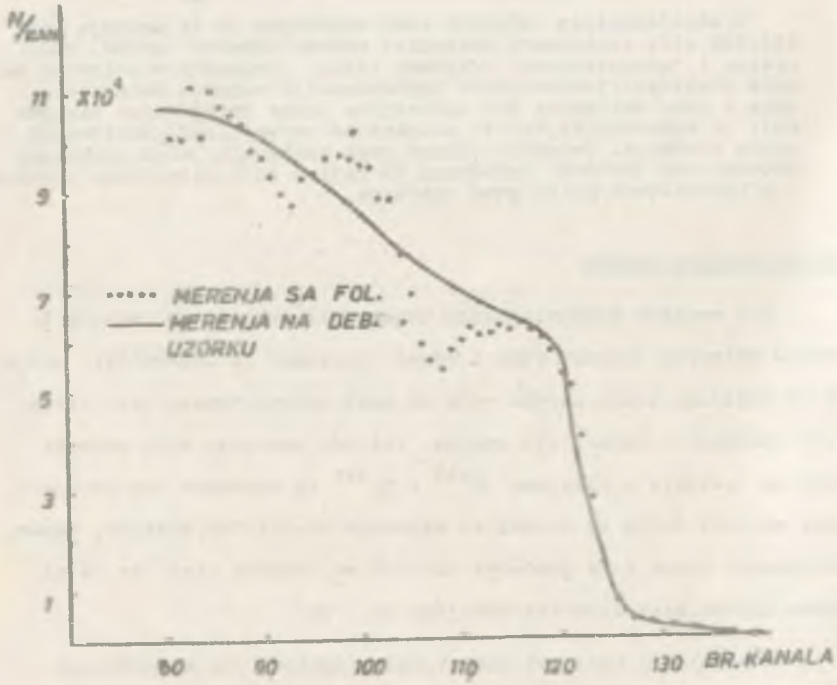
Metoda debelog uzorka

Pri merenju kontaminiranih materijala različitog sastava i načina pripreme (pepeo, voda i drugo) potrebno je zadovoljiti uslov da je debljina sloja uzorka veća od maksimalnog dometa svih vrsta alfa zračenja u materijalu uzorka. Znajući energije alfa emitera koji se javljaju u fisijama (U^{235} i P_u^{239} sa najvećim doprinosom), može se naći da je za materijal najmanje specifične gustine, pepeo, maksimalni domet lafa zračenja oko 0,6 mm, odakle sledi da će za debeo uzorak biti dovoljna debljina od 1 mm.

Moguće je i terijski dobiti oblik spektra ako se podje od izraza za samoapsorpciju zračenja u izvoru i izvrši integralno izračunavanje broja čestica koje dolaze do brojača. Eksplicitno izvodjenje izraza je veoma teško, pa se zato pristupa numeričkim izračunavanjima koja zbog neophodnih aproksimacija ne daju konačno

bolje rezultate od eksperimenta.

Na slici 1 prikazan je spektar alfa zračenja iz debelog uzorka (P_u^{239}) sa vazduh ekvivalantnim materijalom kao nosiocem aktivnosti. Spektar je sniman u energetskom intervalu od 3 do 6 MeV-a, jer se pri merenju fisionih produkata na nižim energijama znatno povećava odbroj poluprovodničkog brojača usled beta i gama zračenja, te nema svrhe pri merenju smanjivati donji prag diskriminacije



Sl. 1.

Oblik spektra alfa zračenja iz debelog uzorka sa vazduh ekvivalentnim materijalom kao nosioca emitera P_u^{239}.

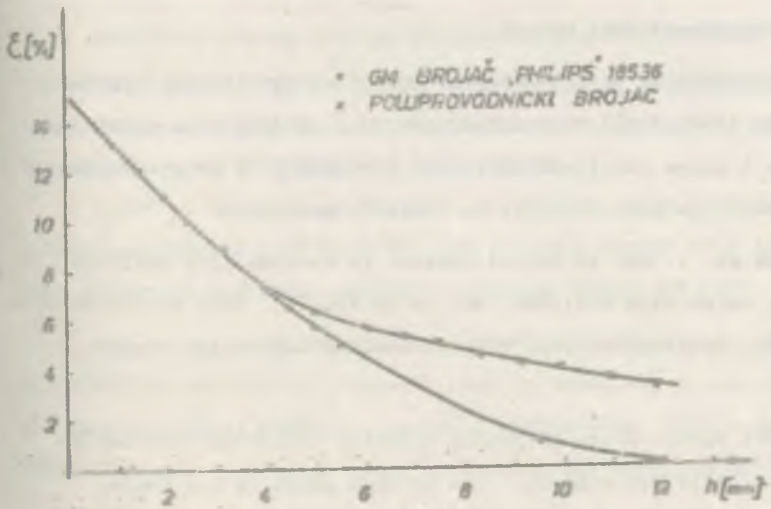
Izbor brojačkog sistema

Terenski uslovi rada diktiraju izbor detekcionog sistema visoke pouzdanosti, visoke efikasnosti pri merenju alfa zračenja i male osetljivosti na klimatske promene. Navedene osobine poseduju praktično samo tri tipa brojača i to GM brojač, alfa scintilacioni i poluprovodnički brojač (najpogodniji silicijumski brojač sa površinskom barljerom).

a) GM brojač

Merenja su vršena na brojaču tipa 18536 u olovnom kućištu iz kompleta laboratorije tipa LARA-10 (1, 2), koji je odabran zbog tankog prozora od 2 mg/cm² i zbog niske brzine brojanja u polju prirodnog zračenja od 0,18 imp/s. Upotrebljen je tanki izvor P_u^{239} specifične površinske aktivnosti A_p = 0,64 μCi/cm² i ukupne površine od 12,6cm². Pomenuti tip brojača ima aktivnu površinu prozora od 6,22 cm².

Na grafiku sa slike 2 data je efikasnodt ovog mernog sistema u zavisnosti od rastojanja brojač-izvor.



Sl.2

Vidi se da je pri manipulativnom rastojanju od 5 mm, efikasnost brojača 5,86%. Visoka efikasnost ovog brojača na beta zračenje fisionih produkata do 5%, omogućava merenje samo ukoliko se izvrši korekcija ponavljanjem merenja sa folijom koja zadržava alfa zračenje dok praktično ne deluje na beta zračenje. Ovakav način merenja je složen i eksperimentalno je provereno da dovodi do grešaka poredivih sa rezultatom merenja.

b) Scintilacioni alfa brojač

Brojački sistem sa cinksulfidnim scintilatorom površine 9,1 cm^2 davao je, za ranije pomenuti tanki izvor, na rastojanju od 5 mm efikasnost od 21%. Fon od prirodnog zračenja je bio 0,1 imp/s dok se u polju gama zračenja od 20 mR/h peo na 18 imp/s. Pri ovim merenjima prag diskriminacije je bio podešen na 1 MeV.

Ozbiljni nedostaci scintilacionog brojača za terenske uslove su velika mehanička osetljivost i pojačanje zavisno od temperature što se odražava na promenu efikasnosti.

c) Poluprovodnički brojač

Upotrebljen je silicijumski brojač sa površinskom barijerom debljine 120 $\mu g/cm^2$. Diskriminacijom odbrojavanog dela spektra na 3 MeV-a i malom debljinom barijere, postignuto je dobro smanjenje efikasnosti na beta zračenje iz fisicnih produkata.

Na sl. 1. dat je izgled spektra iz debelog alfa aktivnog uzorka, meren ovim brojačem, dok je na slici 2. data zavisnost efikasnosti, za tanak uzorak, u zavisnosti od rastojanja brojač-uzorak.

Pri radu u polju prirodnog zračenja odbroj je 0,02 imp/s, dok je u polju zračenja C_s^{137} od 20 mR/h penje na 1,6 imp/s.

U tabeli I dati su karakteristični parametri za pomenute brojače.

TABELA I Osnovne ispitane karakteristike raznih tipova brojača

Tip detektora	Efikasnost na α = 5mm za tanak izvor Pu^{239} P	Odbroj u gama polju zračenja prirod. 20mR/h		Ocena minimalne merljive alfa specifične aktivnosti
GM	5,86	0,18	160	10μCi/kg
Scintilacioni	21	0,1	18	1,2μCi/kg
Poluprovodnički	6.4	0,02	1,6	1μCi/kg

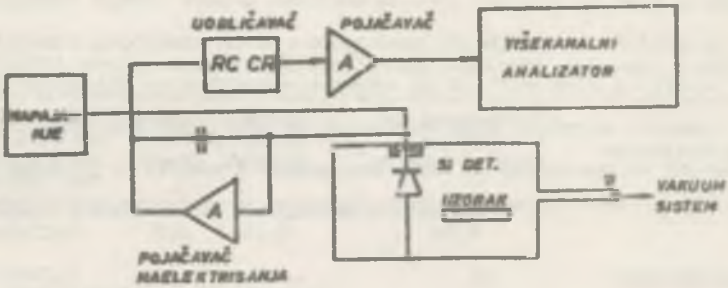
Iz iznetog materijala sledi, da je za merenje specifične alfa aktivnosti metodom debelog uzorka, najbolji brojački sistem sa poluprovodničkim detektorom i to kako u odnosu na minimalno merljivu vrednost specifične alfa aktivnosti, tako i u odnosu na veliku stabilnost i pouzdanost pri radu u vanrednim uslovima.

Brojački sistem sa poluprovodničkim detektorom i kalibracije

Blok šema mernog sistema sa poluprovodničkim brojačem koji je korišćen za merenje specifične alfa aktivnosti metodom debelog uzorka, data je na slici 3. U terenskim uslovima 256-kanalni analizator zamenjuje se jednokanalnim analizatorom.

Tanak uzorak koji je korišćen pri etaloniranju aparature je opisan u poglavlju o GM brojaču, dok je debeo uzorak koji je korišćen u radu na aparaturi opisan u referenci datoj pod (3).

Pri merenjima za kalibraciju, uzorak je sukcesivno prekrivan nizom folija debljine 0,5 mg/cm², čime je simuliran debeo uzorak. Pri ovom je odbroj sabiran u memoriji analizatora. Folije upotrebljene pri ovom postupku, imale su koeficijent samoapsorpcije



Sl. 3.

Blok šema mernog sistema sa poluprovodničkim brojačem

So = 3,64 (1). Ekvivalentna specifična aktivnost ovako dobivenog "debelog" izvora, bila je za ranije opisani tanak izvor P_u^{239}, $A_s = 1,05 \cdot 10^3$ µCi/kg.

Ova metoda omogućava laku kalibraciju sistema za merenja na debelom uzorku jer se izbegavaju graške zbog nehomogeno napravljenog debelog uzorka.

Kalibracijom je nadjeno da se specifična alfa aktivnost uzorka merenog metodom debelog uzorka na opisanom brojačkom sistemu, izračunava po izrazu

$$A_s = 3,01 \frac{S \cdot N_o}{K} \qquad (1)$$

gde su

A_s - specifična alfa aktivnost osnovnog materijala od koga je napravljen debeo uzorak,

N_o - odbroj korigovan za fon u energetskom intervalu od 3 do 6 MeV-a,

S - korekcioni koeficijent zavisan od vrste materijala nosioca aktivnosti (3),

K - koeficijent koncentrovanja (3)

Brojni koeficijent 3,01 u izrazu (1) odnosi se na Pu^{239} kao komtaminant, dok se neznatno razlikuje za druge alfa izvore, a za U^{238} ga treba povećati za 20%.

Zaključak

Iz iznetih analiza sledi daje za merenje alfa aktivnosti fisionih produkata u vanrednim uslovima najpovoljnije upotreba poluprovodnickog brojača pod eksperimentalnim parametrima koji su dati u radu. Dat je i izraz za brzo odredjivanje specifične alfa kativnosti u materijalima kontaminiranim fisionim produktima,

A DETECTION SYSTEM FOR SPECIFIC ACTIVITY MEASUREMENTS BY THE THICK SAMPLE METHOD

Under accidental conditions it is inevitable to apply the thick sample method for the determination of specific activities of alpha active materials. This is mainly due to the need for fast and simple source preparation procedures. One can also expect in emergencies simultaneous alpha and beta active contamination. This requires detection systems that can selectively measure partial activities for mixed sources. For field operation one needs reliable and resistant detection systems that can be operated in all climatic conditions and also in a field of intensive gamma radiations.

Literatura

1. S. Muždeka, M. Šmelcerović: Laboratorija za merenje specifične

beta aktivnosti; V simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, aprila 1972;

2. M. Šmelcerović, S. Muždeka, R. Ilić: Merenje specifične beta aktivnosti metodom debelog uzorka; V simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, aprila 1972;

3. D. Glišović, S. Muždeka, M. Šmelcerović: Priprema uzoraka kontaminiranih alfa emiterima za merenje metodom debelog uzorka, Kaštel Stari, oktobra 1973.

ANALIZA RADIOAKTIVNOSTI KAMENINA AUTORADIOGRAFIJOM

Hrovat I.

Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana

Kratak sadržaj

Autoradiografska analiza radioaktivnih kamenina vrši se po jednoj strani zbog studija geneze rudnog nalazišta, a po drugoj strani zbog informacija kod kasnije prerade rudače. Idealna autoradiografija može se izvršiti direktnim nanošenjem fotoemulzije na rudaču, što zbog kasnijeg uvečavanja ne dolazi u obzir. Potrebno je izabrati odgovarajući film i odgovarajuću ekspoziciju. Izradjeni su standardi koji daju informaciju o pravilnoj ekspoziciji.

Problemi autoradiografije

Kod autoradiografije radioaktivne rudače odnosno radioaktivnih kamenina nastupaju sledeći problemi:

- radioaktivna rudača zrači alfa, beta i gamma zračenja. Alfa i beta zračenja zrače samo sa površine uzorka, dok gamma zračenja ozračuju fotoemulziju iz čitavog uzorka,
- pojedine vrste filmova imaju za gamma zračenja veoma različitu osetljivost, dok su razlike u osjetljivosti za alfa i beta zračenja mnogo manje,
- za autoradiografsku analizu moraju se upotrebljavati materijali sa minimalnim osnovnim zacrnjenjem, velikog kontrasta, komercijalno dostupni u svim dimenzijama i po pristupačnoj cjeni,
- s obzirom na veoma različite koncentracije urana u rudači potrebno je fotoemulziju pravilno eksponirati.

S obzirom na sve te probleme u ovom ću se radu osvrnuti na sledeća dva problema:

- izbor fotomaterijala,
- izrada standarda za kalibraciju.

Izbor fotomaterijala

Fotomaterijal za serijsko autoradiografsko snimanje mora ispunjavati sledeće uslove:

- minimalno osnovno zacrnjenje,
- minimalna osjetljivost za gamma zračenje,
- dobra kontrastnost (gamma filma oko 4),
- upotrebu konvencijonalnih razvijača,
- neosjetljivost na crveno svjetlo (što je nužno zbog tehničkog izvodjenja autoradiografije),
- sitnozrnatost materijala,
- minimalno gubljenje latentne slike (što je veoma važno kod dugih ekspozicija,
- pristupačna cjena.

Sledeći svim tim uslovima izabrali smo STUCTURIX FW D 4 film firme AGFA - GEVAERT koji se inače upotrebljava za industrijsku radiografiju. Ovaj film ispunjava gornje uslove sledeće:

- ima osnovno zacrnjenje S = o,o8 što smatramo za optimalno,
- za gamma zračenje je 15 puta manje osjetljiv od standardnih materijala za rentgenska snimanja. Kod naših planparalelnih uzoraka radioaktivne rudače nismo opazili utjecaj gama komponente zračenja,
- kontrastnost filma optimalna,
- upotrebljavali smo sitnoznati ADOX rentgenski razvijač,
- za crveno svjetlo je neosjetljiv,
- zrnat st mu je 1 do 1,5 mikrona, što je lošije od specijalnih materijala za autoradiografiju, koji imaju zrno reda veličine o,3 do o,5 mikrona,
- svako eksponiranje slabo aktivnih uzoraka dulje od tri meseca je bezsmisleno, jer se u medjuvremenu latentna slika gubi,
- cjena filma je pristupačna, a najveća mu komercijalna dimenzija 3o x 4o cm.

Izabrani film zadovoljava gotovo sve postavljene uslove osim uslova sitnozrnatosti. Što se tiče gubljenja latentne slike literatura (1) taj problem navodi ali ne izlazi sa tačnim brojkama, tako da neznamo dali je ovaj film bolji ili lošiji od drugih fotomaterijala. Na sledece dve slike vidimo uzorak i njegovu autoradiografiju:

Slika 1.

Na slici broj 1. vidimo tri puta uvečani snimak radioaktivne rudače. Prosečna aktivnost ove rudače je 3 promila urana. Tamno polje na slici je kremenov peščar impregniran uranom. Svetlo polje je žućkasti metamorfozirani kremenov peščar takodje impregniran uranom. Vidljive su i dve kvarcne žile.

Na slici broj 2. vidimo autoradiografiju istog uzorka.

Slika 2.

Izrada standarda za kalibraciju

Kod izrade standarda za kalibraciju vodili smo se sledećim principima:

- standardi moraju biti izradjeni od prirodne rudače urana,
- u standardu moraju biti svi potomci urana u ravnoteži (što znači da mora biti standard zaliven sa plastikom ili epoxi smolom),
- standardi moraju biti izradjeni od različitih koncentracija,
- standardi moraju biti izradjeni u različitim debelinama,
- dopunska materija u standardu da bude SiO_2 što odgovara absorpciji kremenovog peščara.

Prirodna rudača urana bila je najprije zdrobljena i onda mljevena u udarnom mlinu na dimenziju od 1 do 2 mikrona. Pošto je bio mlin manjeg kapaciteta čitava količina samlevene rudače bila je

mješana u valjnom mlinu, tako da je postignuta homogenost prašine.

Odlučili smo da standard izradimo od epoxi smole Araldit 6 Y 257 sa tvrdiocem X B 2764. To je epoxi smola minimalne viskoznosti u koju je moguće staviti maksimalne količine prašine.

Izradjeni su standardi sledećih koncentracija:

1. 3,2 mg urana/cm^3
2. 1,7 mg urana/cm^3
3. o,83 mg urana/cm^3
4. o,35 mg urana/cm^3
5. o,17 mg urana/cm^3
6. o,o35 mg urana/cm^3

Standardi su rezani u pločice debeline 3 mm, 5mm i 1o mm. Na sledećem diagramu vidimo zavisnost zacrnjenja filma D 4 od vremena ekspozicije:

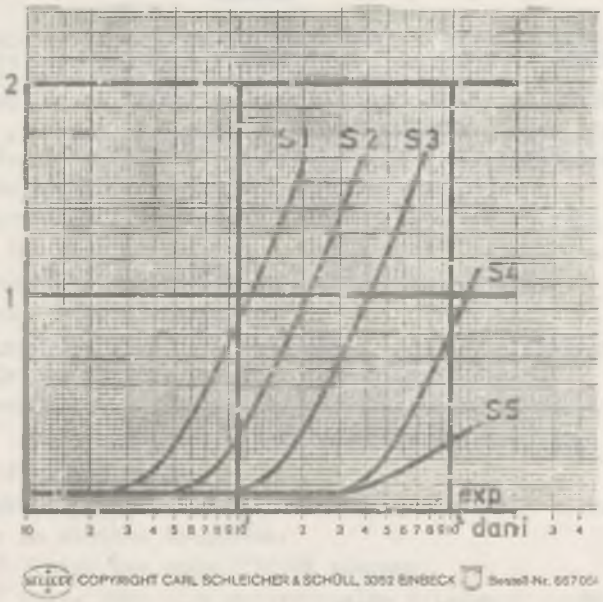


Diagram 1.

Zaključak

Autoradiografija radioaktivne rudače veoma je upotrebljiva u studijske svrhe. Istotako autoradiografiju možemo upotrebiti kod tehnologije prerade rudače, osobito kod odlučivanja o upotrebi flotacije.

Za ocenjivanje koncentracije urana autoradiografija je neupotrebljiva zbog dugih vremena ekspozicije.

Literatura

(1) FISCHER dr. H. A. dipl. chem. und WERNER dr. G. priv. doz. dipl. chem. AUTORADIOGRAPHIE, Walter de Gruyter, Berlin 1971.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Ignjatović Slobodan
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR.Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

15 GODINA KONTROLE DOZA ZRAČENJA PRI RŌ DIJAGNOSTICI

- lična film dozimetrija
- Kontrola radijacionog polja u Rō kabinetu

Rezime

Daje se pregled uzroka formiranja i pregled rezultata rada grupe za kontrolu Rō kabineta i ličnih doza profesionalno izloženih lica u periodu 1958-1973.god.

15 jula 1958.godine INSTITUT ZA MEDICINU RADA SRS osniva odsek za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju.

Opravdanost ove odluke je razumljiva kad se uzme u obzir da do tog dana ni sanitarna služba niti i jedna specijalizovana ustanova na teritoriji SRS nije imala formiran program i tim za kontrolu zračenja.

U početku svog rada ovaj odsek ima jednog fizičara, jednog apsolventa fizičke hemije i jednog Rō tehničara.

Prvi zadatak novo osnovane jedinice je bio da se ustanovi broj izvora zračenja, tipovi izvora kao i broj lica izloženih radijacionom polju.

Anketa izvedena u toku prva tri meseca rada 1958.godine ukazuje na sledeće činjenice:

a/ Srbija ima preko 572 Rō aparata,

b/ preko 1000 lica profesionalno izloženih zračenju,

c/ ne postoje zakonski propisi koji regulišu zaštitu radnika u ovoj delatnosti,

d/ 18 ustanova koristi radioaktivno izotope.

O ovom stanju izvještena je Savezna komisija za nukl.energiju, institucija koja je u to vreme bila pozvana da reguliše stanje svih problema sa izvorima zračenja. Još u toku 1958.god. formirana je prva komisija za izradu predloga zakona o zaštiti od zračenja i posebna komisija na čelu sa Dr.Vrbićem za izradu Pravilnika o korišćenju RO aparata. Ovoj komisiji su kao aktivni članovi predstavljeni fizičari i lekari Instituta za medicinu rada SRS. Dodelom finansijskih sredstava od strane Savezne komisije za nuklearnu energiju započinje planski rad na organizaciji radiološke zaštite na teritoriji SRS.

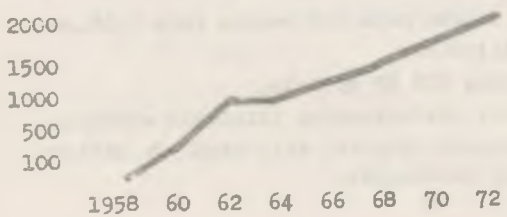
Izradjen je desetogodišnji plan razvoja koji je imao tri osnovna zadatka:

- kontrola ličnih doza
- kontrola zaštitnih uredjaja
- formiranje laboratorije za odredjivanje apsolutne "R" vrednosti radi baždarenja mernih instrumenata.

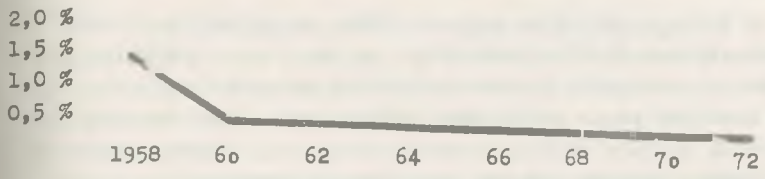
Po prvom zadatku fizičar odlazi na stručno usavršavanje u nuklearni centar Francuske, Fontnay-aux Roses, radi upoznavanja sa radom na filmdozimetriji jonizujućeg zračenja. Sredinom 1959. godine tehnički je već opremljena prva laboratorija za film dozimetriju, snabdevena potrebnim uredjajima iz Francuske.

Odredjivanje doza koju su primila lica pod našom kontrolom zahtevalo je podelu energetske oblasti za lica koja rade na rendgen dijagnostici u radijacionom polju do 60 keV i lica koja rade na medicinskoj radio terapiji u polju od preko 1 MeV.

Rezultati rada ove laboratorije dati su na sledećim grafikonima.



Grafik br.1. Broj kontrolisanih lica u periodu 1958-1972



Grafik br.2. Procenat lica ozračenih dozom preko 1R/god.

Radiolozi	2o5	10
Ftiziolozi	166	8
Ortopedi	20	1
Internisti	4o	2
Stomatolozi	150	8
Ostali lekari	12o	7
RŌ tehničari	46	2
Priučeni RŌ tehničari	430	20
Tehničari bez str.škole	900	43
	2100	100 %

Brojno stanje kontrolisanih lica po profesijama na kraju 1972.godine

Iz priloženih tabela vidi se:

- tipovi pregledanih aparata po godinama,
- doze zračenja na čelu lekara kod pojedinih tipova

[redacted]

tipovi RŠ aparata i zastupljenost

EI morava	298
EI grafoskop	147
EI super X	25
Simens	34
Filips	23
Ostali	186

[redacted]

doze na čelu radnika kod pojedinih RŠ aparata pri 75 kV 2 mA.

Uočavamo bitne razlike u dozama kod Simens i Philips aparata. Naglašavamo da ovde nisu date doze snimljene kod aparata sa TV uredjajima koji su pokazali višestruku prednost u pogledu lakoće rada sa bolesnicima a posebno sa aspekta zaštite od zračenja.

Problemi u vezi kontrole RŠ uredjaja, uglavnom su dvojake prirode:

1.- Stručno materijalni
2.- Organizacijski

Prvi problem je u tome da ne posedujemo instrument koji može izmeriti s odgovornom tačnošću doze emitovane u vremenu 1/100 sekunde, tj. doze pri kratkim radiografijama. Istovremeno ovakav instrument mora da je sposoban da registruje vrlo male doze od nekoliko milirendgena.

Mjerenja vršimo sa monitorom Vakutronik koji ima vreme saturacije skoro 3 sekunde, tako da izmerena vrednost u našem slučaju uvek pretstavlja deo stvarne vrednosti. Ovaj deo uvek varira srazmerno vremenu trajanja grafije. Ovome se pri-

dodaje greška koju unosi dimenzija zapremine komore koja je preko 1000 ml.

Organizacijski problem vezan je za širinu teritorije SRS i saobraćajne uslove. Naime, zbog naglog razvoja zdravstvene službe koja zida veliki broj novih zdravstvenih ustanova, često se putuje u isti region zbog pregleda novih uslova. Ova duplirana putovanja oduzimaju više vremena nego sam pregled. Medjutim, nevidimo rešenje za ovaj gubitak vremena.

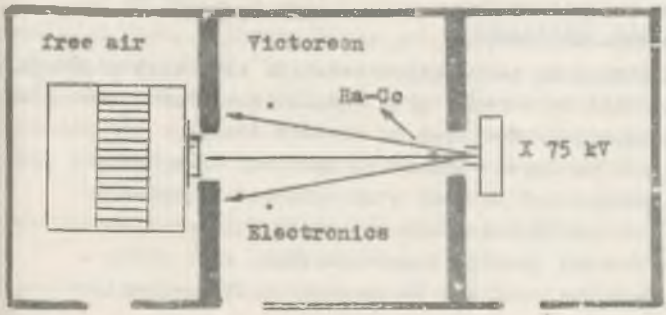
Treći zadatak - formiranje laboratorije za baždarenje mernih instrumenata namenjenih X zračenju do 1 MeV.

To je bio osnovni uslov za jednu službu čiji je osnovni zadatak merenje. Naime morala se u svakom momentu znati greška mernog instrumenta.

U ovom cilju izradjena je po sopstvenoj konstrukciji otvorena vazdušna komora kolektorske površine od 25000 cm^2 kuplovana sa visokonaponskim stabilizatorom i strujnim instrumentom osetljivosti do 10^{-13}A.
Kao izvor zračenja upotrebljava se Ra 226, Co 60 i X generator 75 kV. Greška uredjaja je 5,4% sa velikim mogućnostima da se svede na 4%.

Merni aparati koji se nose na teren podvrgavani su redovnoj kontroli radi utvrdjivanja relativne greške merenja.

Na priloženoj skici dat je presek laboratorije za baždarenje mernih instrumenata u Institutu za medicinu rada.



PROBLEMI

Interesantno je naše zapažanje da su usluge radiološke zaštite prihvaćene od prvog dana vrlo srdačno od svih medicinskih radnika. Čak, prvih godina rada, još dok nije donet zakon o korišćenju RŌ aparata lekari su nas sami pozivali da bi se utvrdio stepen opasnosti na njihovom radnom mestu. Medjutim problem se pojavio kod tumačenja uredbe ko može koristiti benificije pri radu u zoni jonizujućih zračenja. Desetak godina je služba radiološke zaštite ovog Instituta davala mišljenje o beneficiranju radnog vremena licima u zoni zračenja a bez dovoljnih naučnih i zakonskih odredaba. Možda će budućnost dati tačniji odgovor na ovo pitanje, a naša arhiva ostavlja precizne brojke o jačini radijacionog polja i vremenu boravka u njemu za sva lica u RŌ kabinetima na teritoriji SRS.

Smatramo da je problem broj 2 nedostatak preciznih propisa o korišćenju RŌ aparata. Do 1956. nije ih bilo a zadnjih godina se oseća da su ti propisi iz 1956.već zastareli. Kao primer navodimo nedostatak paragrafa o obaveznoj kontroli projekta za izgradnju novih zdravstvenih ustanova. Tako se dešava da se ova služba pozove na sam dan otvaranja bolnice ili doma zdravlja i da se tek tada otkriju veliki nedostaci za rad RŌ kabineta.

Treći problem bio bi po našem mišljenju servis za održavanje instrumenata dozimetrija X zračenja. Inostrani instrument se vrlo teško može popravljati u zemlji. Nama često izlaze u susret elektronske laboratorije nuklearnog centra "Boris Kidrič", ali ta usluga je uvek vezana za rezervni deo u kolikо postoji.

Ostale delatnosti

Paralelno sa podnošenjem redovnih izveštaja o stanju radiološke zaštite na terenu, pred visokim skupovima i na odredjenim simpozijumima referisane su sledeće teme:

- Stručna sprema lekara za upotrebu RŌ aparata
- Zaštita pri primeni stomatoloških RŌ aparata
- Zaštita RŌ tehničara pri RŌ grafiji
- Doze pri grafiji luksacije kuka
- Doze pri upotrebi RŌ aparata sa TV uredjajima

- Slabe strane Rö aparata MORAVICA
- Zaštitna moć gumenih rukavica MAVIG
- Koeficijent apsorpcije bartitnih cigala spec. tež. 1,8

Nastavna delatnost ove grupe imala je dva smera. Redovan školski rad u programu postdiplomskih studija za lekare medicine rada, i predavanja na redovnim četvoromesečnim kursevima za srednji kadar zaposlen u medicinskoj Rö dijagnostičkoj službi.
Kroz nastavu je prošlo 76 lekara medicine rada i 26o srednje medicinskih radnika za dozvolu za rad sa Rö aparatom.

U okviru rada na saveznom planu ističemo iskustva koja smo preneli stručnjacima centara u SR Makedoniji, BiH i G. Gori koji su kasnije formirali svoje ekipe za radiološku zaštitu. Sa ovim stručnjacima imamo i dalje plodnu saradnju i povremenu izmenu iskustava.

Zaključili bismo ovu analizu konstatacijom da je uspostavljena produktivna saradnja sa Sanitarnim inspektoratom SRS kome se dostavljaju svi izveštaji o pregledima Rö kabineta. Sa svoje strane Sanitarni inspektorat SRS prihvata naše sugestije ako je u pitanju vremenski termin za uklanjanje nekih nedostataka naročito u novootvorenim ustanovama.

ZAKLJUČAK

Podjimo od pitanja dali je služba lične dozimetrije i kontrola zaštite kod Rö uredjaja opravdala svoje postojanje!

Tokom 15 godina svog rada utvrdjeno je sledeće:

a) Rö kabineti medicinskih ustanova imaju potrebu da konsultuju stručnu laboratoriju pri projektu Rö kabineta i nabavci Rö aparata. Ova se potreba ispoljila na suprot težnji raznih zastupnika da prodaju i nedovoljno kvalitetne aparate, a takodje kao pomoć projektantima koji nepoznaju suštinu radiološke zaštite pa često izlažu ustanove nepotrebnim izdacima.

b) Lična dozimetrija je u toku prve decenije rada velikim brojem merenja došla do sledećih podataka:

- Lična doza profesionalno izloženih lica X zračenjem ne prelazi zakonom dozvoljenu dozu od 5 Rema godišnje.

- Film dozimetrijska metoda odredjivanja lične doze u medicinakoj RŠ dijagnostici je za sada naj preciznija i najekonomičnija metoda zato što suvereno registruje doze od 2 mR pa naviše sa greškom ne većom od ±18%, dok ostali dozimetri kao TLD, stakleni ili stilo dozimetri mere tek mnogo veće doze, i svako merenje staje mnogo više.

c) Grupa za kontrolu izvora zračenja je tokom 15 godina prisustvovala radu svakog pojedinog RŠ kabineta i upoznala mnoge specifičnosti pojedinih ustanova tako da se mnoge situacije imaju pred očima kada se diskutuje o konkretnom slučaju.

Grupa je počela rad sa jednim fizičarem a sada ima dva magistra fizike sa po 15 godina radnog iskustva i jednog fizičara specijalistu iz medicinske nukl.fizike sa 25 godina radnog iskustva.

Grupa raspolaže arhivom podataka o ličnim dozama i radijacionim poljima za 820 RŠ kabineta i 2100 zaposlenih lica počev od 1960 godine.

Grupa ima dugoročne ugovore sa većim brojem specijalizovanih ustanova za kontinuirano odredjivanje terapiskih doza kod X generatora i u tom pravcu usmerava svoju dalju aktivnost.

Grupa je primila tri fizičara sa Prirodno matematičkog fakulteta za izradu diplomskih radova iz oblasti dozimetrije zračenja.

Grupa je aktivan član sekcije radiologa, dermatologa i stomatologa Srpskog lekarskog društva.

BIBLIOGRAFIJA

1. Godišnji izveštaji rada Grupe za kontrolu izvora zračenja.
2. Zbornik materijala sa Simpozijuma za radiološ.zašt.(I - VI)
3. Compte rendu du colloque Franco-Yougoslave 1963

Summary

The reasons for the establishment of the laboratory for control of radiation sources are presented in the paper. Besides, there is presented a diagram showing individual doses in medical institutions as well as specialities of the persons subjected to the control in the period from 1958-1972.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973.

Kempni Karlo i Jakobović Zvonimir
Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb

PROTOTIP SENZITOMETRA ZA BAŽDARENJE FILMOVA RENDGENSKIM ZRAČENJEM

Kratak sadržaj

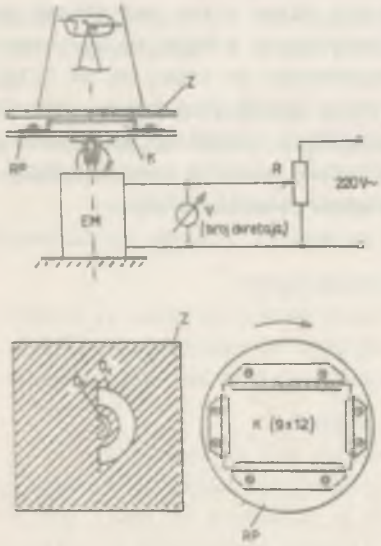
Na principu postupnog zastiranja filma konstruiran je prototip senzitometra za rendgensko zračenje. Kazeta s uzorkom filma rotira jednolično, a polovica polja rotacije je zastrta olovnom pločom. Za trajanja ekspozicije jedan dio filma ulazi pod olovni zastor, a drugi izlazi ispod njega. Nakon razvijanja dobiju se dva kontinuirana kružna klina zacrnjenja. Premjeravaju se tako, da se film učvrsti u naznačenoj osi rotacije, te se uz pomoć goniometra zakreće za jednake kutne iznose. Tako se jednokratnim ozračivanjem jednog uzorka filma dobiva krivulja zacrnjenja određena znatnim brojem točaka. Prikazani su primjeri različite primjene senzitometra.

1. Uvod

Princip postupnog zastiranja uzorka filma pri ozračivanju rendgenskim zračenjem primijenjen je bio na improviziranom senzitometru prije opisanom /1,2/. Pri tom je korišten hod Bucky - rešetke. Mana je tog uređaja bila, što se je moralo "pogoditi" trenutak ekspozicije, kad se je rešetka već jednoliko gibala i da se gibala za cijelog trajanja ekspozicije. Niže opisanim uređajem uklonjena je ta poteškoća, te se može eksponirati u bilo kojem času i uz vrlo različita trajanja ekspozicije. Pritom je osigurana jednoličnost pomicanja filma.

2. Prikaz senzitometra

Senzitometar je shematski prikazan na slici 1.



Slika 1.

Elektromotoru EM je osovina vertikalna i na njoj je pričvršćena rotaciona ploča RP. Na toj ploči je centrirano pričvršćena kazeta K. Iznad kazete postavljen je olovni zastor Z, u kojem su izrezana dva polukružna otvora O_1 i O_2, kroz koja se ozračuju filmovi. Prvi služi za format 3x4 cm, drugi za format 9x12 cm. Ovaj veći format je uzet zato, da se uzorci filma mogu ozračivati u normalnim kazetama. Regulacionim transformatorom R mijenja se napon a time i broj okretaja motora. Na olovnom zastoru je na mjestu prolaza osi rotacije probušena uska rupica. Po njoj se podešava položaj snopa zračenja. Centralna zraka snopa zračenja treba da pogađa tu rupicu. To se podešava pomoću svjetlosnog snopa.

Ozračivanje se zbiva ovako: U času početka ekspozicije ozrači se cijelo područje otvora O_1 i O_2. Pri daljem toku ozračivanja na jednoj strani film podlazi pod olovni zastor, a na drugoj izlazi ispod njega. Na taj način nastaju dva kružna područja ozračivanja, za koja ekspoziciona doza postupno linearno raste odnosno opada. Nakon razvijanja nastanu dva kružna klina zacrnjenja. Primjer kružnog klina zacrnjenja dobivenog ozračivanjem u kazeti s pojačavačkim folijama dan je na slici 2.

Slika 2.

Klinovi se protežu u suprotnom smislu, a spojeni su područjem maksimalnog zacrnjenja D_M, rastavljeni pak područjem minimalnog zacrnjenja D_m /neozračeno područje/. Pored otvora O_2 dijametralno su u zastoru načinjeni još uski pravokutni izrezi, kojima se kontrolira jednoličnost ekspozicije. Kako se razabira na slici 2 ozračivanje nije jednolično premda je film ozračen 6 - eroventilnim rendgenskim aparatom. Čak se mogu izbrojiti maksimumi odnosno minimumi zacrnjenja. Razmaci minimuma odgovaraju trajanju od 1/300 s.

Takvih je razmaka 4, te slijedi da je trajanje ekspozicije bilo 4/300 = 0,0133 s, što odgovara namještenom trajanju od 13 ms.

Na slici 3. dan je primjer kružnog klina zacrnjenja na zaštitnom filmu.

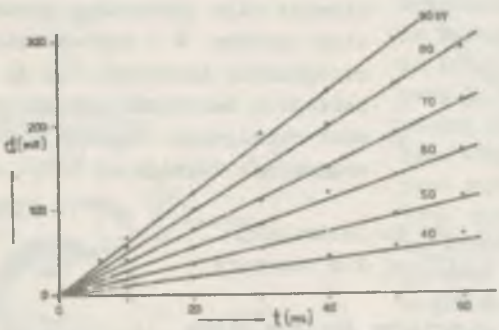
Slika 3.

Brzina rotacije mora biti prilagođena trajanju ekspozicije, tj. nešto manja od polovice trajanja jednog okreta: $t \leq 0{,}5T$, T/s/ trajanje jednog okreta, t /s/ trajanje ekspozicije. Da ne bi pak klin zacrnjenja bio prekratak dovoljno je uzeti $t = 0{,}4T$. Iz toga slijedi da broj okreta u ,minuti ω mora biti $\omega = 60.1/T = 24/t$. Kako su uz upotrebu folija za pojačavanje dostatna trajanja ekspozicije od svega 10 ms, to brzina rotacije mora dosizati 2400 o/min. Bez folija su pak potrebna

trajanja i do 100 ms te odgovarajuća brzina rotacije mora biti svega 240 o/min.

Upotrebljen je motor "Iskra EM Tip U_b35" /40 ; 4500 o/min/ namijenjen za šivaće strojeve. Izvedba senzitometra omogućavala je brzine samo do 2400 o/min. Brzinu motora smo mijenjali pomoću regulacionog transformatora mijenjanjem napona na motoru. No kako brzina rotacije motora radi maziva zavisi i o temperaturi i uhodanosti motora, nije nam napon mogao poslužiti kao indikator brzine. Bili smo zato primorani određivati brzinu rotacije pomoću stroboskopa sa bljeskalicom. Bilo bi svakako poželjno manje precizno, ali zato jednostavnije određivati brzinu rotacije.

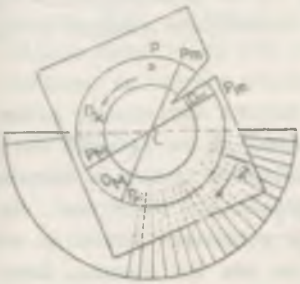
Pri svakoj ekspoziciji određivana je doza pomoću dozimetra "Victoreen Typ 666". Plosnata cilindrična komorica stavljana je tik uz senzitometar, a u razini filma. Da bi se jednostavno odredilo trajanje ekspozicije za određenu dozu, načinjen je za određenu distancu fokus-film /100 cm/ niz mjerenja doze uz različite uvjete ekspozicije. Zavisnost doze d o trajanju ekspozicije t za različite napone grafički je prikazana na slici 4.



Slika 4.

3. Premjeravanje kružnih klinova

Na slici 5. je shematski prikazan način mjerenja gustoće zacrnjenja. Uzorak filma je u centru c pričvršćen iglom ili čavlićem uz stolić denzitometra, te se može zakretati. Dalje je na stoliću pričvršćen goniometar s razdiobom od 5°, ali bez skale. Film je tako pričvršćen da pukotina P denzitometra bude u području



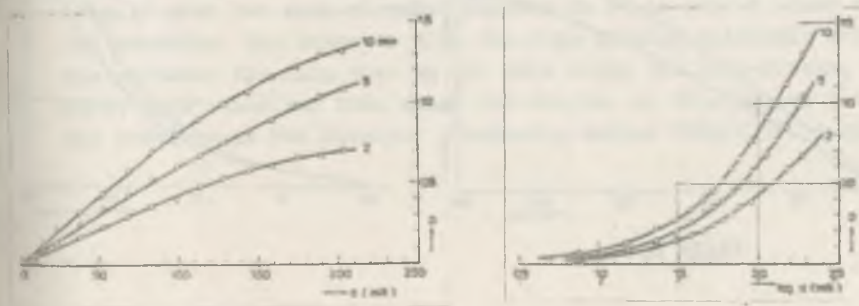
Slika 5.

klina. Kad se zaokretanjem filma odredi prag minimalnog zacrnjenja P_m, tad se na filmu načini znak z, koji se podudara sa jednom od oznaka kuta. Dalje se film zakreće po 5^0 i na denzitometru očitavaju odgovarajuće gustoće zacrnjenja. Strelica uz znak D_K označuje porast gustoće zacrnjenja klina, a strelica uz z označuje kako se treba zakretati film. Mjerenje se nastavlja dok se ne dospije do područja maksimalnog zacrnjenja D_M. Određivanje praga Pm minimalnog i P_M maksimalnog zacrnjenja čini stanovite poteškoće. Da bi se mogla odrediti vrijednost minimalnog zacrnjenja D_m i kontrolirati nul-položaj kazaljke denzitometra načini se na filmu izrez u području minimalnog zacrnjenja.

Neka broj mjerenih vrijednosti za zakrete po 5^0 počevši od P_m do P_M iznosi n. Ukupna doza ekspozicije neka je d /mR/. Onda je $\Delta d = d/n$ dodatna doza za svaku susljednu mjerenu vrijednost gustoće zacrnjenja. Mjerenim vrijednostima gustoće zacrnjenja D_1, D_2, D_3 ..... D_n odgovaraju onda doze Δd, $2\ d$, $3\ d$,... $n\Delta d = d$.

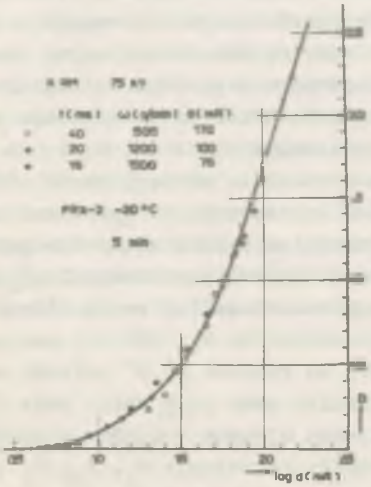
4. Primjeri primjene senzitometra

Neka nam nekoliko primjeba što ih navodimo pokažu kako se senzitometar može mnogostruko primijeniti. Svi se primjeri odnose na ozračivanje bez primjene folija za pojačavanje.



Slika 6.

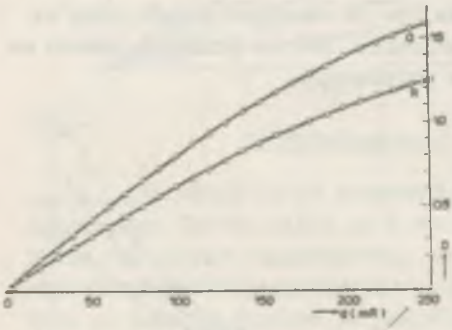
a/ Jednokratnom ekspozicijom ozračeno je više uzoraka filma, te su različito dugo razvijani. Na slici 6. su prikazane krivulje zacrnjenja zajedno ozračenih, pa različito dugo razvijanih uzoraka filma /90 kV; 40 ms; 505 o/min/ i to uz aritmetičku i logaritamsku skalu apscisa. Velik niz točaka dozvoljava sigurno povlačenje krivulja.

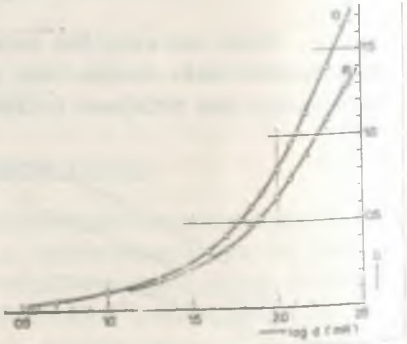


Slika 7.

b/ Tri uzorka istovrsnog filma ozračeni su uz jednake kilovolte a različita trajanja ekspozicije, te zajednički razvijeni. Na slici 7. je prikazana krivulja zacrnjenja za sva tri uzorka. Kako se razabira mjerene vrijednosti dobro se prilagođuju nacrtanoj krivulji, tj. nezavisne ekspozicije dobro reproduciraju krivulju zacrnjenja.

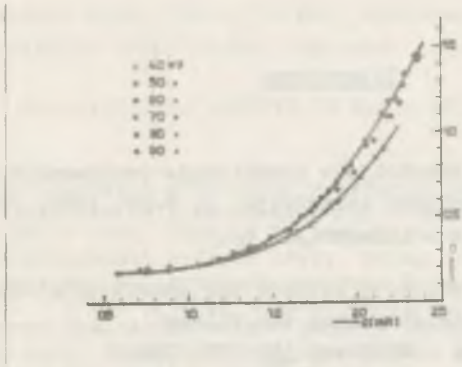
c/ Na slici 8. prikazane su komparativno krivulje zacrnjenja dviju vrsta rendgenskih filmova. Uzorci filmova su zajednički ozračeni i razvijeni. Krivulje su prikazane uz aritmetičku i geometrijsku skalu da bi se lakše uočila razlike u karakteristikama obaju filmova.





Slika 8.

d/ Uzorci istovrsnog filma ozračivani su uz različite napone te onda zajednički razvijeni. Mjerene vrijednosti zacrnjenja za sve uzorke nanesene su na istom dijagramu u ovisnosti o ekspozicionoj dozi /slika 9./. Kako se iz slike razabira izrazito se odvajaju samo točke što odgovaraju ozračivanju uz 40 i 50 kV, dok se točkama za ostale napone može povući jedinstvena krivulja.



Slika 9.

The prototype of a sensitometer for gauging of films by x-radiation

A new type of sensitometer for x-rays is described. The cassette with the film is centrically placed on a round plate made of plastic material and mounted on the axis of the electromotor. By means of a variac the rotation speed can be regulated. A lead screen /Fig.1/ with two semi-circular sectors in it is placed close above the cassette. The cassette with the film rotates uniformly and during the exposure the film goes on one side under the lead-screen, on the other side comes out from under the screen. In this way we get after the development two circular blackening wedges /Fig.2,3/. A special

arrangement had to be made for measuring the density /Fig.4/. The exposure dose d /mR/ is divided by the number n of density values measured at equal angle-distances /5°/ from the minimum to the maximum density. Some examples of application are given.

Literature

1. KEMPNI K. "Sensitometrijsko ozračivanje rendgenskih filmova" Fotokemijska industrija, 7, P-54, 1960. /prilog u "Kemija u industriji" 9/.

2. KEMPNI K. "Eine einfache Methode zur sensitometrischen Röntgenbestrahlung von Filmen" Röntgen - Blätter, 14, 177, 1961.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Kristan Janez, Udovč Henrik, Gabrovšek Zdravko
Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani

DOZIMETRIJSKE MERITVE OB REAKTORJU TRIGA

Po izkušnjah s šolskimi reaktorji enakega tipa kot je naš, prihaja v teku let do poškodb gorivnih elementov in sproščanja radioaktivnosti v vodo. Zato je bil namen te naloge zasledovati nihanje radioaktivnosti vode in zraka. Poleg rezultatov meritve so popisani tudi načini izvajanja meritev. V vodi smo predvsem določali Na-24, v zraku pa N-16 in A-41. Merili in opazovali smo spremembe naravne radioaktivnosti v zunanji okolici reaktorja vsled sproščanja A-41. Rezultati bodo uporabljeni za izboljšanje dozimetrične kontrole okolice reaktorja in posredno za večjo zaščito delavcev pri reaktorju in v okolici.

UVOD

Res je, da reaktorji tipa Triga med normalnim obratovanjem ne izpuščajo pomembnih količin radioaktivnih efluentov, vendar je ostal nadzor nad efluenti še vedno eden glavnih opravil radiološke zaščite ob reaktorju. Dozimetrija reaktorske hladilne vode in zraka ob reaktorju je potrebna in zanimiva, ker pri odprtem primarnem hladilnem krogu prehajajo radioaktivne snovi iz ene faze v drugo in nam nudijo edinstveno priliko študija teh pojavov. V samem procesu nastajanja aerosolov pa je še mnogo neobdelanih problemov, ki bi mogli postati modeli za reševanje tudi drugih nalog iz področja aerosolov in študije nastajanja kontaminacije zraka.

Pri reaktorju tipa Triga sta torej dva tipa efluentov, tekoče in plinaste odpadne snovi. Tekoči efluenti se zbirajo v posebnem rezervoarju ($2 om^3$), kjer se kontrolira intenziteta radioaktivnosti in določi glavni radioaktivni izotop. Določi se potrebno

razredčenje s katerim se odpadna voda izpušča preko kanalizacije v Savo. Tekoči efluenti ne izvirajo iz samega reaktorskega sistema, temveč nastajajo le zaradi eksperimentalnega dela ob reaktorju, manipulacije z izotopi ali dela pri dekontaminaciji. Ker pa predstavlja reaktorska hladilna voda kot velika količina radioaktivne vode gotovo potencialno nevarnost za povečanje tekočih efluentov, je potrebno njeno radioaktivnost stalno meriti in študirati.

Prav tako pa se med obratovanjem reaktorja in pri eksperimentalnem delu sproščajo v zrak v reaktorski hali znatne količine radioaktivnih plinov in aerosolov. Meritve v letošnjem letu so se nanašale predvsem na meritve radioaktivnega plina argona (A-41), ki nastaja med obratovanjem reaktorja v večjih količinah.

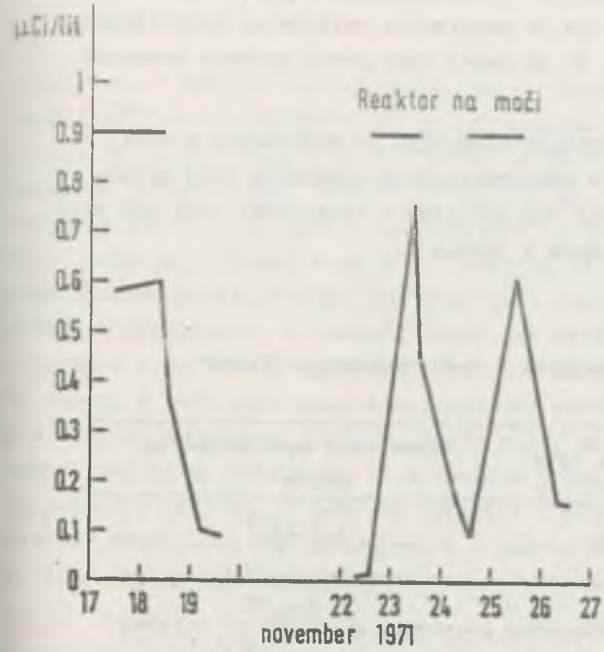
1. RADIOAKTIVNOST V HLADILNI VODI

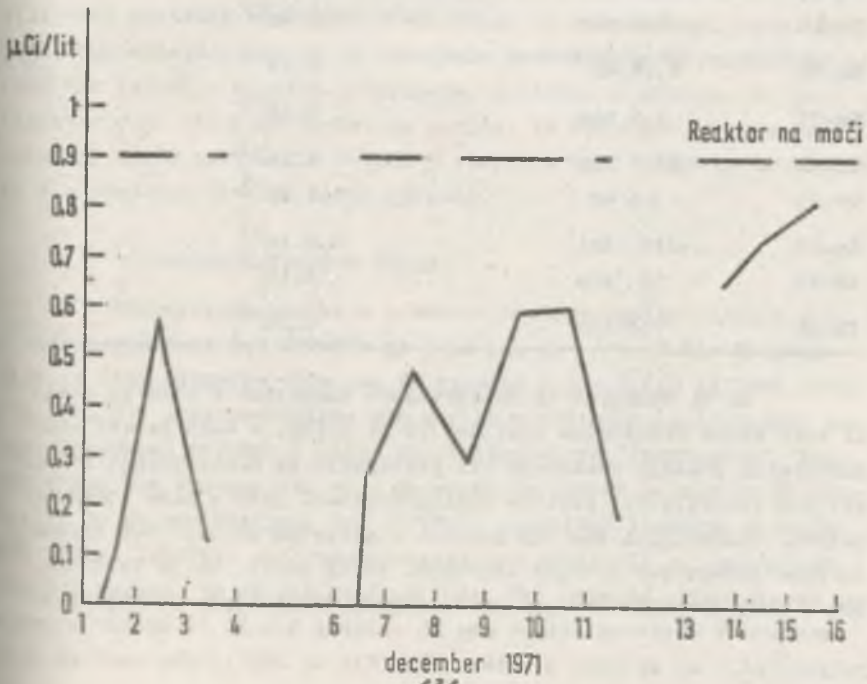
Kakor je bilo objavljeno že v predhodnih delih (1, 2), izvira glavni del radioaktivnosti v hladilni vodi od izotopa Na-24 ($T_{1/2}$ = 15,o ur). Ta izotop nastaja na vseh aluminijastih delih sredice t.j. na posodi, rešetki in na srajčkah gorivnih elementov po reakciji s hitrimi nevtroni, ki imajo večjo energijo kot 6 MeV.

Al-27 (n, alfa) ——— Na-24

Reaktorske primarne vode je cca. 2o m^3 in sicer v reaktorski posodi 18,5 m^3, ostalo pa v toplotne izmenjalcu, filtru in v odtočnih ceveh. Ker je pretok skozi izmenjalec cca. 2,3 m^3 vode na uro, se v osmih urah torej prečisti vsa voda. Radioaktivnost vode smo merili s tekočinskih G.M. števcem, 5 ml (2o-th Century, Type M2H) in NaJ kristalom (2"- Well Type). Da bi mogli pravočasno odkriti vsako povišanje kontaminacije reaktorske hladilne vode, ki bi izvirala iz korozijskih produktov, defektnih gorilnih elementov ali nepravilnosti v manipulacijah z izotopi oziroma pri pripravi vode, smo dnevno kontrolirali radioaktivnost, pH in prevodnost vode. Vrednost pH se je gibala med 6,o in 7,8, prevodnost pa od 1 - 3 µS ($2.1o^{-6}$ $ohm^{-1}cm^{-1}$). Karakteristični rezultati nekaterih meritev radioaktivnosti vode so prikazani v diagramu št. 1. V diagramu je tudi podan čas v katerem je reaktor obratoval s polno močjo, tako vidimo, da je trenutna radioaktivnost vode zelo odvisna

Diagram 5%.1.: Radioaktivnost vode pri reaktorju Triga





od delovanja reaktorja in da maksimalna ravnotežna koncentracija Na-24, ki se vspostavi že po nekaj urah redko preseže vrednost o,8 μCi/m³ vode.

Tudi ostale primesi aluminija se aktivirajo v vodi, čeprav je njih količina v konstrukcijskem aluminiju zelo majhna. Ravnotežne koncentracije teh nuklidov v reaktorski vodi pri moči reaktorja 25o kW so podane v tabeli 1.

TAB.št.1.

Korozijski produkti v vodi reaktorja "Triga"

Nuklid	Razpolovna doba	Ravnotežna koncentracija μCi/m³
Si-31	2,62 ur	$1,7.10^{-4}$
Fe-55	2,9 let	$3,5.10^{-3}$
Fe-59	45 dni	8.10^{-5}
Cu-64	12,8 ur	$3,8.10^{-2}$
Cu-66	5,1 min	$1,4.10^{-3}$
Mn-56	2,58 ur	6.10^{-2}
Mg-27	9,5 min	9.10^{-5}
Cr-51	27 dni	1.10^{-3}
Cr-55	3,6 ur	$1,5.10^{-5}$
Zn-65	245 dni	$1,8.10^{-3}$
Zn-69	52 min	8.10^{-4}
Ti-51	5,8 min	9.10^{-6}

Da bi dokazali te radioaktivne sestavine v vodi in dobili tudi druge eventuelne nuklide, ki bi prišli v vodo zaradi kontaminacije platoja reaktorja pri izvlačenju in manipulaciji z vzorci, smo izvršili več meritev radioaktivnosti vode z gama spektrometrom. Uporabljali smo 512 kanalni analizator in 3x3" NaJ kristal, oziroma gremanijev-litijev detektor. Poleg Na-24, Mn-56 in Co-6o smo v vodi odkrili še druge sevalce gama. Pojavljuje se kopica e-

nergij pod 1 MeV, ki otežujejo določanje. Nastopa tudi močan anihilacijski vrh (o,511 MeV), ki ga pripisujemo F-18. V vodi smo določili še izotope Zn-65, Se-75, Mo-99 in Mn-52/54. Za Zn-65 smatramo da je korozijski produkt iz aluminijeve zlitine, Co-6o je verjetno prisoten po aktivaciji nečistoč iz nerjavečega jekla. Iz tega jekla je izdelana črpalka in nekateri deli primarnega obtočnega sistema hladilne vode. Se-75 pa je v vodo prišel od zunaj, zaradi kontaminacije in nepazljivosti pri manipuleciji z vzorci oziroma z vrtiljakom. Opazili smo namreč, da je nekaj položajev za vzorce v vrtiljaku zamazanih z ostanki posebnega olja, ki se pod vplivom sevanja ne strjuje. S tem oljem se občasno maže transportni mehanizem vrtiljaka. Olje vsebuje poleg organskih snovi tudi selenove spojine, ki smo jih dokazali z aktivacijsko analizo vzorcev tega olja. Pri manipuleciji z vzorci so kapljice in ostanki tega olja prišli na rob reaktorske posode in od tam v vodo.

Reaktor je do letos obratoval izključno z gorivnimi elementi, ki so imeli srajčke iz čistega aluminija, letos pa so vstavili šest gorivnih elementov s srajčkami iz nerjavečega jekla. Zaradi tega smatramo, da se je zmanjšala radioaktivnost reaktorske vode kar lstošnje meritve potrjujejo. Količina aluminija, ki je izpostavljena visokemu fluksu je manjša. Iz komponent nerjavečega jekla pa smo z aktivacijo dobili v hladilni vodi Mo-99 in Mn-52/54, ki jih prejšnja leta še nismo opazili.

2. RADIOAKTIVNOST V ZRAKU

Najvažnejša reakcija s katero nastaja dušikov izotop N-16 z razpolovno dobo 7,3 sekunde je O-16 (n, p) ——— N-16. Ta reakcija je bila natančno obdelana in opisana v poročilih iz leta 1969/ /7o. (1, 2). Aktivnost plina smo merili s pretočno ionizacijsko celico Victoreen volumna 1 liter in elektrometrom "Vakutronik". Pretok plina smo spreminjali od 2 do preko 2o litrov na minuto in ugotovili da se ionizacijski tok povišuje približno linearno s pretokom plina. Izmerili smo koncentracijo 5oo pCi/l ali o,5 $\mu Ci/m^3$ pri odprtem bazenu, 5o cm nad gladino vode. Pri črpanju plinov izpod pokrova z višine 15 cm nad gladino pa smo dobili povečano koncentracijo do 1ooo pCi/l. MDK po IAEA predpisih za N-16 pa je $3.1o^{-3} \mu Ci/m^3$.

Poleg aerosolov in kratkoživega N-16 je radioaktivni argon (A-41) najvažnejši plin, ki nastaja pri rednem obratovanju reaktorja in se v velikih količinah sprošča v atmosfero. Pri našem reaktorju Triga se ga pri rednem obratovanju na moči 25o kW sprošča skozi dimnik oca. 3o mCi/h, odvisno od eksperimentalnih naprav in pogojev v kanalih. Že po polurnem zastoju ventilacije reaktorske hale bi tam nastala taka koncentracija ki bi presegla MDK za zaposlene, t.j. $2.1o^{-6}$ $\mu Ci/cm^3$ zraka. Pri rednem sproščanju skozi dimnik pa iztopa zrak s koncentracijo $1,2.1o^{-6}$ $\mu Ci/cm^3$ A-41. Če upoštevamo, da se pri normalnih meteoroloških pogojih plini v izpihanem zraku skozi oca. 12 m visok dimnik še razredčijo za faktor $1o^2$ do $1o^3$ preden pridejo na tla, smo smatrali da A-41 ne ogroža okolico reaktorja. Pri temperaturnih inverzijah, oziroma megli, ki se v zimskih mesecih često pojavlja v Podgorici, pa bi utegnila biti koncentracija A-41 v okoliškem zraku večja. Z ionizacijskimi celicami Victoreen (15o in 1ooo ml) smo merili povišanje akumuliranja doze pri tleh v neposredni bližini reaktorja. Pri temperaturnih inverzijah smo dejansko ugotovili povišanje doze od o,1 do o,5 mrem na dan. Ti rezultati se dobro ujemajo s teoretičnim izračunom povišanja doze zaradi sevanja iz oblaka radioaktivnega plina po znanih formulah iz USAEC poročila (3). Za koncentracijo A-41 v zraku ($1o^{-5}$ $\mu Ci/m^3$) kot se izpihuje iz dimnika dobimo povečanje doze za o,2 mrem na dan.

SUMMARY

In some small reactors of the Triga type, few fuel elements became leaking during prolonged work at power, therefore we carefuly examined the reactor water and the air over it. By the use of established metods, we mainly measured only Na-24 in water and N-16 or A-41 in the air. The results of the measurements of water radioactivity are given in the table. The results of the described measurements of A-41 will serve for better understanding of the dosimetric problems in the vicinity of the reactor.

LITERATURA

1. Zbornik radova IV Jugoslovanskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Baško polje, 28 - 3o maj 1969
2. Delovno poročilo IJS, št. 313 in 419, 197o, 1971
3. Meteorology and Atomic Energy 1968, Ed.David H.Slade, TID - 2419o

IZRADA SENZITOMETRIJSKE KRIVE RADIOGRAFSKOG FILMA

KRIŽMAN M., KLEMENC J.

Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana

Kratak sadržaj

U referatu imam namjeru prikazati nekoliko načina izrade senzitometrijske krive radiografskog filma. Obradili smo nekoliko tipova eksponažnih i denzitometrijskih sprava, medju njima i spravu za kontinuirno logaritamsko eksponiranje filma. Posebno smo obradjivali problem kontinuirnog denzitometriranja filmova.

Uvod

Proizvodjači filmova doduše daju senzitometrijske krive za svaku vrstu filmova. U tim podacima ekspoziciona skala dana je samo u relativnim vrijednostima doze ekspozicije. Osim toga izgled senzitometrijske krive zavisi po jednoj strani od vrste razvijača, uslova skladištenja i starosti filma, a po drugoj strani od uslova ekspozicije kao što su energija izvora zračenja i filtracija. Zato je potrebno senzitometrijsku krivu sniniti kod različitih specifičnih uslova radiografiranja i raspoloživog materijala.

Izrada senzitometrijske krive obično obuhvata 4 faze:

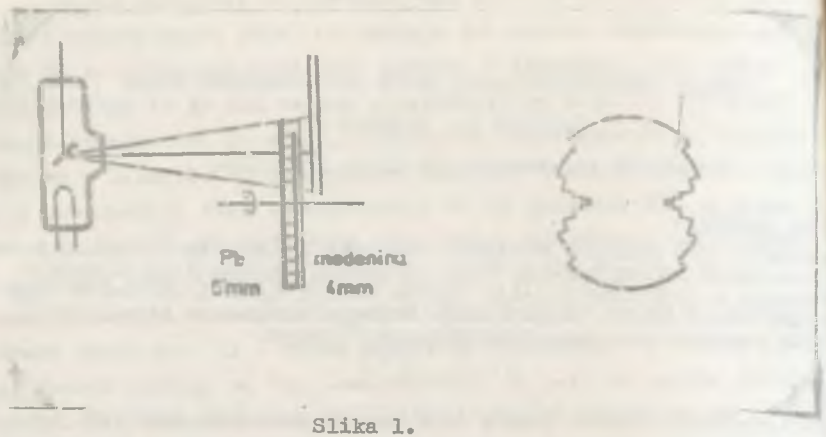
A. Eksponiranje radiografskog filma
B. Razvijanje eksponiranog filma
C. Denzitometriranje filma
D. Grafički prikaz senzitometrijske krive.

Želja nam je bila, da za svaku senzitometrijsku krivu upotrebimo samo jedan film. Poznato je, da kod upotrebe više filmova za izradu jedne senzitometrijske krive, dolazi do mnogih grešaka.

Eksponažne sprave

A.1. Eksponažna sprava sa vrtećom pločom.

U literaturi najčešće opisivana eksponažna sprava je jednakomerno se vrteća ploča, izradjena od materiala sa velikom absorbcijom. U ploči su izrezani izrezi različitih širina, a iza nje stoji film. / slika br. 1 /



Slika 1.

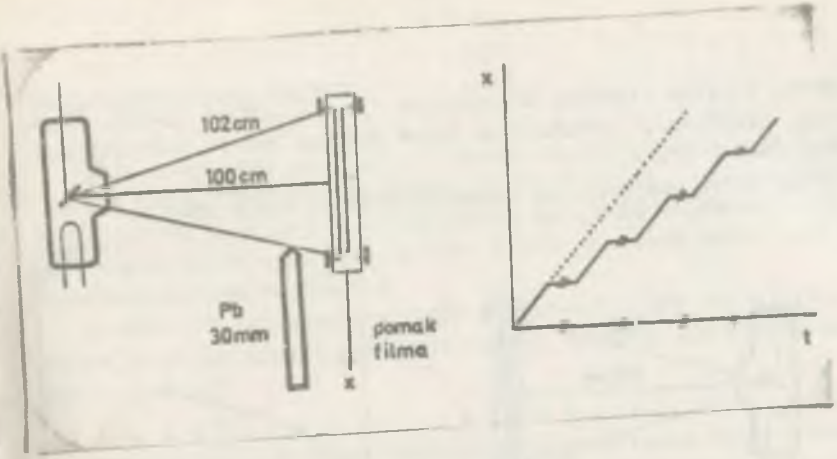
Rotacija ploče je zbog njene težine dosta spora - nekoliko obrtaja u minuti - tako da moramo brzinu doze prilagoditi duljem vremenu eksponiranja. Pošto je ploča izradjena od 6 mm olova i 4 mm mesinga, gornja granica energije zračenja iznosi 2oo keV. Osim toga broj tačaka za izradu grafa senzitometrijske krive omedjen je na 7. Distribucija ekspozicija ide sa 2^n, gde je n = o,1,....6, tako da dobivamo 1oo%, 5o%, 25%, 12.5%, 6.3%, 3.1% i 1.6% čitave ekspozicije. Ovakva distribucija za izradu senzitometrijske krive kontrastnih filmova nije odgovarajuća.

A.2. Eksponažna sprava sa stepenastim pomakom filma

Kod ove eksponažne sprave stavlja se film sa kasetom na vozilo sprave. Posle svake parcijalne ekspozicije vozilo pomakne kasetu sa filmom iza olovne stijene, koja je debela 3o mm. Debelina ove stijene omogućuje izradu senzitometrijske krive i za energije reda veličine 1 MeV. Shemu ekspozicione sprave vidimo na slici broj 2.

Broj različito eksponiranih polja, a s tim i broj tačaka za izradu senzitometrijske krive, možemo proizvoljno programirati. Kao informacija kod programiranja služi nam senzitometrijska kriva koju daje proizvodjač.

U tabeli na sledećoj strani pokazujem kao primer program ekspozicija programiran za film AGFA-GEVAERT Structurix D 1o.



Slika br.2

Tabela parcijalnih ekspozicija:

Polje	Doza ekspozicije	Ekspozicije po poljima
1	o mr	
2	1 mr	1 mr
3	2 mr	1 + 1 mr
4	4 mr	1 + 1 + 2 mr
5	6 mr	1 + 1 + 2 + 2 mr
6	8 mr	1 + 1 + 2 + 2 + 2 mr
7	1o mr	1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 mr
8	12 mr	1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 mr
9	15 mr	1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 3 mr
1o	2o mr	1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 3 + 5 mr

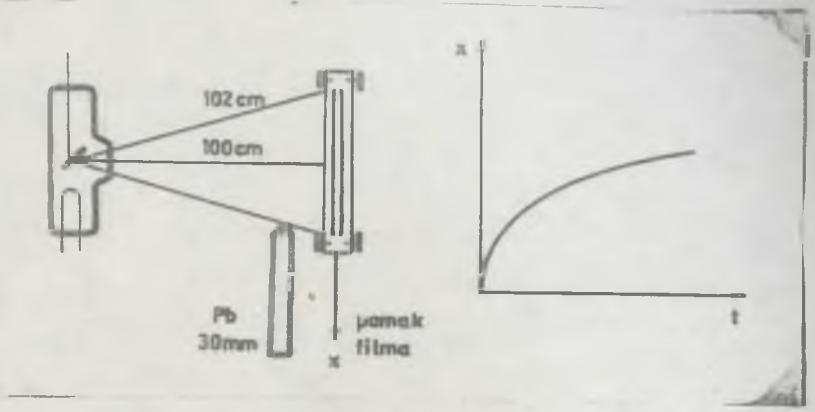
A.3. Idealna eksponažna sprava

Idealan način snimanja senzitometrijske krive bio bi sledeći: Kontinuirno eksponiranje filma od osnovnog zacrnjenja do zacrnjenja S = 3 sa eksponažnom spravom, koja sliči spravi opisani pod A.2., s tom razlikom da je pomak kasete sa filmom kontinuirni i logaritamski, što znači da bi veza između pomaka filma i doze ekspozicije bila logaritamska.

Jasno je da bi moralo kod takve eksponažne sprave vreme pomaka čitave dužine kasete biti podešljivo za ekspozicijom, tako da bi postojala mogučnost snimanja krive ekstremno različito osjetljivih

filmova. U istim uslovima ekspozicije /napon, anodna struja, filtracija, udaljenost/ skraćuje se vreme prolaza kasete kod povećane osjetljivosti filma.

Shemu takve ekspozic_one sprave vidimo na slici broj 3.



Slika br. 3

S namjerom da bi se približali gore opisanoj idealnoj eksponažnoj spravi, konstruirali smo spravu, kod koje nam jednakomjerna rotacija valjka, koji ima urezan logaritmički put vodila omogućuje logaritamski pomak. Dužina valjka iznosi 24 cm, tako da je sprava priredjena za snimanje i ekspoziciju filmova dužine 24 cm. Odnos izmedju najveće i najmanje ekspozicije iznosi 1 : 25o. Ovaj odnos omogućava snimanje senzitometrijskih kriva za čitav spektar osjetljivosti radiografskih filmova, s tim da samim ovim odnosom nije omogućeno snimanje čitave krive. Regulacijom brzine valjka omogućeno je snimanje senzitometrijske krive i u najekstremnijim slučajevima. Svakoj osjetljivosti filma i svakoj brzini doze na mjestu ekspozicije filma potrebno je prilagodjivanje brzine pomaka kasete.

Razvijanje filmova

Razvijanje filmova vrši se pod uslovima koje propisuje proizvadjač filmova.

Denzitometriranje filmova

- k o d n a č i n a e k s p o z i c i j e A.1. i A.2.

Polja zacrnjenja na filmu očitavamo na denzitometru, koji je umjeren denzitometrskim kalibratorom firme Zeiss, sa stepenastim zacrnjenjima od o do 3 u gradaciji od o,1. Zbog nejednakomjernih zacrnjenja filma, mjerenja se vrše 5 puta na istom zacrnjenju i izračuna srednja vrednost.

Na strani 6 prikazane su dvije senzitometrijske krive istog filma, koje smo dobili kod eksponiranja sa eksponažnim spravama pod A.1. i A.2.

- k o d n a č i n a e k s p o z i c i j e A.3.

Senzitometrijsku krivu kontinualno eksponiranog filma snimamo sa kontinuirnim denzitometrom sa pisačem. I ovaj denzitometar kalibriran ja na način kao u prijašnjem primjeru.

Ovaj denzitometar konstruiran je tako, da nema mogućnosti snimanja zacrnjenja od o do 3 u jednoj krivi. Zato je potrebno za vreme snimanja menjati osjetljivost pojačivača fotomultiplikatora. Na strani 7. vidimo snimak senzitometrijske krive snimljene u tri faze.

Greške kod grafičkog prikaza senzitometrijskih kriva

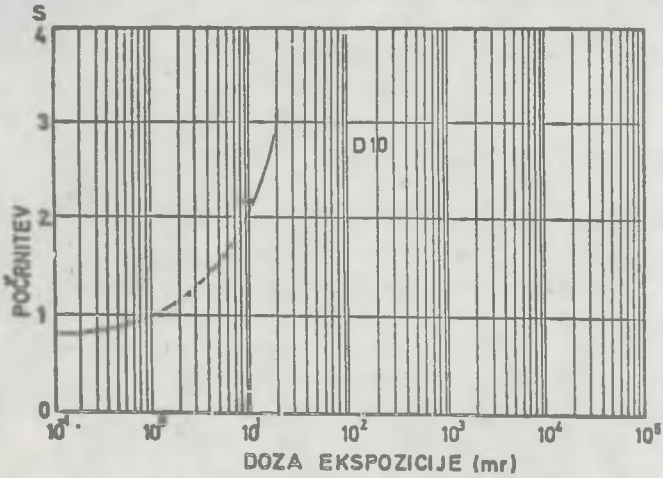
Kod grafičkog prikaza senzitometrijskih kriva nastupaju u svakom slučaju sledeće greške:

- greška zbog vremenske nejednakomjernosti snopa zračenja /fluktuacija napona, statistična greška/ 3%
- greška zbog nejednakomjernosti snopa zračenja, koja je uslovljena svojstvima izvora zračenja /oštećenje anode, oblik izotopa/ do 5%
- geometrijska greška do 2%
- greška očitavanja na denzitometru do 2%
- greška kod crtanja grafa do 5%

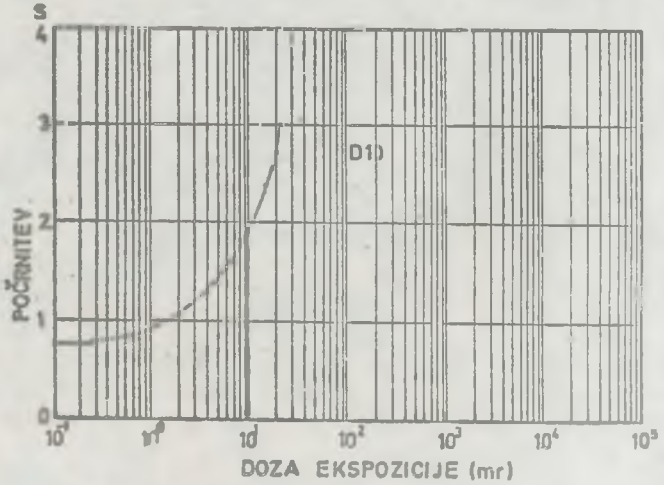
Pored ovih grešaka nastupaju kod pojedinih eksponažnih sprava još i greške specifične za pojedini tip. Te greške su:

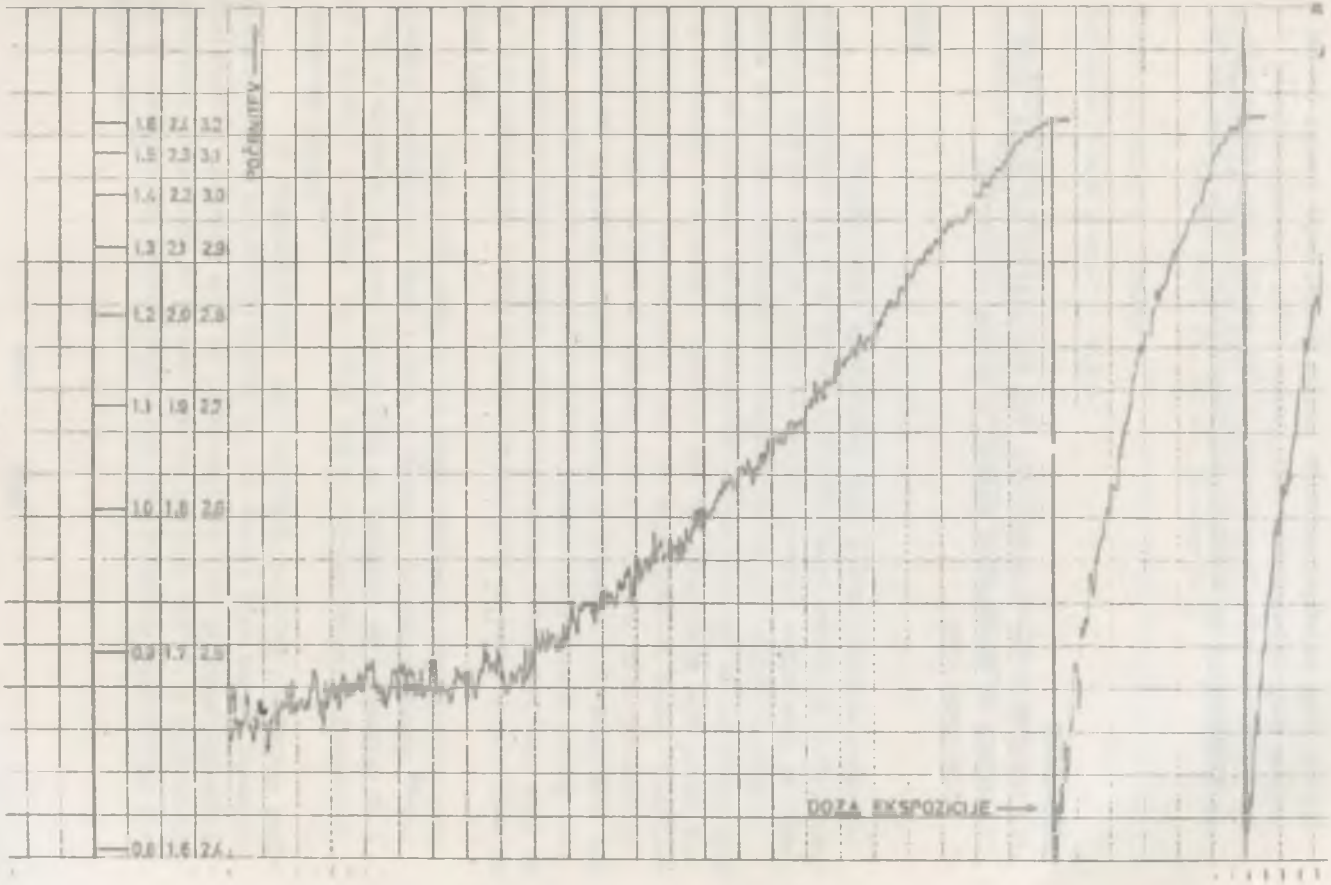
- kod eksponažne sprave tipa A.1. greška zbog netačnosti izrade izreza - do 3%
- kod eksponažne sprave tipa A.2. greška u mjerjenju vremena ekspozicije pojedinih polja. Ova greška iznosi kod kraćih ekspozicija do 5%, dok je kod duljih ekspozicija zanemariva

Senzitometrijska kriva filma AGFA-GEVAERT Structurix D 10, eksponiranog sa eksponažnom spravom sa vrtečom pločom



Senzitometrijska kriva istog filma, eksponiranog sa eksponažnom spravom sa stepenastim pomakom filma




POČERNITEV
1.6 2.4 3.2
1.5 2.3 3.1
1.4 2.2 3.0
1.3 2.1 2.9
1.2 2.0 2.8
1.1 1.9 2.7
1.0 1.8 2.6
0.9 1.7 2.5
0.8 1.6 2.4
DOZA EKSPOZICIJE

- kod eksponažne naprave tipa A.3. nastupaju sledeće greške: greška zbog nejednakomernosti pomaka filma, koja iznosi do 5%; greška zbog nejednakomernosti pomaka filma kod kontinuirnog denzitometriranja, koja iznosi do 2%; greška zbog interpolacije fluktuacija na kontinuirnom denzitometru, koja iznosi do 1%.

Literatura

/1/ PETRI E.C. Der Roentgenfilm, VEB Fotokinoverlag Halle, 1965
/2/ STERLE M. Rentegenski aparati i pribor /elaborat/, Ljubljana 1972

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22. do 26. oktobar 1973.

Mirić I., Mirić P., Ubović Ž.

Institut "Boris Kidrič" - Vinča

KOMPARACIJA REGISTROVANE DOZE GAMA ZRAČENJA I NEUTRONA POMOĆU DOZIMETRA POLJA I POMOĆU LIČNOG DOZIMETRIJSKOG SREDSTVA

UVOD

Odredjivanje apsorbovane doze u telu ozračene osobe na osnovu registrovane doze ličnim dozimetrijskim sredstvom (LDS), predstavlja problem koji je rešen na zadovoljavajući način samo za odredjeni broj karakterističnih slučajeva. Jedan od razloga za ovakvo stanje je činjenica da se apsorbovana doza korelira sa količinom upadnog zračenja, ili dozom u vazduhu, dok LDS registruje dozu približno jednaku srednjoj "površinskoj dozi" na telu ozračene osobe. Površinska doza je veća od doze u vazduhu, jer a.- ljudsko telo predstavlja "reflektor" sa kojeg, odnosno iz kojeg se u manjoj ili većoj meri rasejava unazad upadno zračenje i biva ponovo registrovano pomoću LDS, b.- upadno zračenje reaguje sa konstituentima tela usled čega može da se javi sekundarno zračenje koje takodje može da bude registrovano pomoću LDS.

Cilj ovog rada je bio eksperimentalno odredjivanje veze izmedju "površinske" doze i doze u vazduhu, za gama zračenje ^{60}Co i ^{226}Ra i za mešovita $(n+\gamma)$ polja koja se dobijaju na reaktorima RA i RB u Vinči i u okolini američkog Health Physics Research Reactor-a (HPRR-Oak Ridge) [1].

U eksperimentima, telo ozračene osobe su simulirale polietilenske boce različitih dimenzija ili fantom tipa Bomab, napunjeni fiziološkim rastvorom koji se često koristi kao tkivnoekvivalentni materijal. Gama doze su merene film-dozimetrom IBK [2], a doze neutrona su odredjene na osnovu pokazivanja akcidentalnog neutronskog dozimetra IBK [3].

Uticaj tela čoveka na vrednost doze registrovane pomoću LDS je odredjen kompariranjem izmerene vrednosti doze u prisustvu "fantoma" sa vrednošću dobijenom pod identičnim uslovima ozračivanja, bez prisustva fantoma.

Uticaj fantoma na registrovanu dozu gama zračenja

Teorijski se predvidja da je rasejanje unazad elektromagnetnog zračenja složena funkcija njegove energije. Na niskim energijama dolazi do tzv. klasičnog ili Rayleigh-ovog rasejanja koje je relativno jakog intenziteta. Sa porastom energije efekt rasejanja unazad najpre raste, dostiže maksimum od oko 50% na energiji koja odgovara poludebljini od 0,5-0,8 mm Cu, a zatim opada tako da za gama zračenje ^{60}Co diprinos iznosi 1-5% [4]. Apsolutne vrednosti rasejanja unazad zavise od uslova ozračivanja i za svaki slučaj potrebno je da budu posebno odredjene.

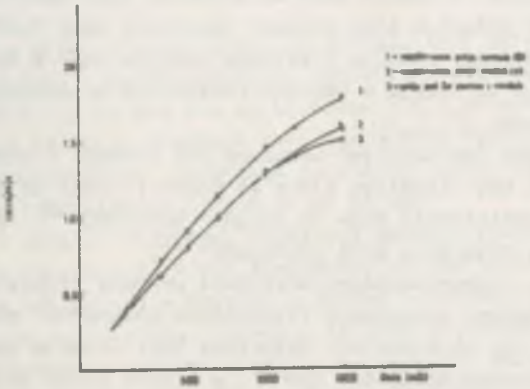
Da bi se dobio eksperimentalni podatak o uticaju homogeno ozračenog tela na vrednost doze registrovane pomoću LDS (u ovom slučaju film-dozimetra) izvršeni su sledeći eksperimenti. Film-dozimetri su ozračeni gama zračenjem ^{60}Co ($\bar{E}_\gamma$= 1,25 MeV) i ^{226}Ra ($\bar{E}_\gamma$= 0,8 MeV) dozama od 100 mR do 1,5 R.

Uslovi ozračivanja su bili takvi da su se mogli zanemariti rasejanje sa okolnih predmeta i uticaj jednog dozimetra na pokazivanje drugog. U ovim eksperimentima telo čoveka su simulirale polietilenske boce prečnika 7 cm, 18 cm i 28 cm, napunjene fiziološkim rastvorom. Rezultati merenja zacrnjenja dozimetrijskih filmova, prikazani na sl.1 i 2., pokazuju sledeće:

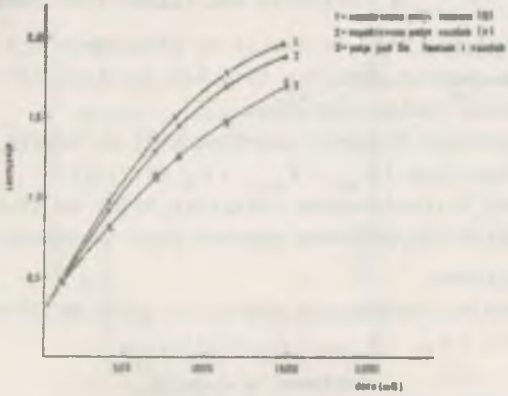
- Prisustvo fantoma utiče samo na vrednost ukupne doze zračenja (nepokriveno polje filma), a ne utiče osetno na vrednost doze gama zračenja (polje pod Sn). S obzirom na konstrukciju dozimetra, može se zaključiti da dodatni efekt (oko 20%) dolazi od beta zračenja nastalog interakcijom gama zračenja sa fantomom.

- Vrednost dodatne doze na nepokrivenom polju dozimetrijskog filma ne zavisi osetno od dimenzije korišćenih fantoma. To potvrdjuje predpostavku da je efekt prouzrokovan beta zračenjem čiji je domet manji od prečnika najmanjeg fantoma.

Opisana ispitivanja su pokazala da prisustvo tela ozračene osobe ne utiče osetno na registrovanu dozu gama zračenja, pod uslovom da je LDS konstruisano tako da ne registruje dozu beta zračenja.



Sl.1.. Zacrnjenje filma u funkciji doze; ozračivanje vršeno u vazduhu i na fantomu; izvor zračenja: ^{226}Ra.



Sl.2. Zacrnjenje filma u funkciji doze. Ozračivanje je vršeno u vazduhu i na fantomu. Izvor zračenja ^{60}Co.

Uticaj fantoma na registrovanu dozu neutrona

Interakcija neutrona sa elementima tela može da prouzrokuje promenu fluksa, spektra, a time i doze na površini tela ozračene osobe. Kvantitativni podaci o ovoj promeni (nastaloj zbog "refleksije") su vrlo nepouzdani, posebno u slučaju kada se radi o spektru neutrona koji može da se javlja u okolini nuklearnih postrojenja i drugih izvora neutrona.

Za grubu procenu "refleksije" neutrona (ne ulazeći u promene spektra i QF faktora koji korelira fluks sa dozom), mogu da se koriste refleksioni koeficijenti koje je odredio Westcott [5], a koji su provereni samo za vrlo mali broj slučajeva [6].

U ovom radu je eksperimentalno odredjena promena fluksa neutrona zbog prisustva fantoma napunjenog fiziološkim rastvorom, pri čemu je kao LDS korišćen niz aktivacionih detektora koji ulaze u sastav akcidentalnog nautronskog dozimetra IBK[3], a pomoću kojeg se procenjuje spektar i meri integralni fluks neutrona u termalnoj, intermedijarnoj (0,48 eV do 0,1 MeV) i brzoj (0,1 MeV-14 MeV) energetskoj oblasti neutrona. Ispitivanja su vršena za sledeće slučajeve:

1. Termalne neutrone (iza poslednjeg grafitnog bloka TK reaktora RA),

2. Fisione neutrone koji su usporeni i filtrirani sa Cd-filtrom tako da je $\phi_{th} : \phi_{int} : \phi_f$ = 1:25:3 (na izlazu VK-5 reaktora RA),

3. Spektar neutrona koji se dobija na rastojanju 3 m od tanka reaktora RB, ako je rešetka rastvora ista kao prilikom III interkomparacije akcidentalnih dozimetara [7],

4. Primarni spektar fisionih neutrona koji se dobija na rastojanju 3 m od HPRP reaktora ($\phi_{th} : \phi_{int} : \phi_f$ =1:7:20).

5. Spektar pod 4., deformisan zaštitnim zidom od 13 cm Fe ($\phi_{th} : \phi_{int} : \phi_f$ =1:5:10); maksimum spektra brzih neutrona je pomeren ka nižim energijama).

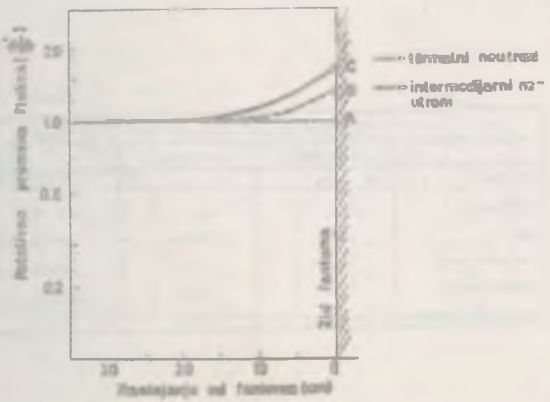
6. Spektar pod 4., deformisan zaštitnim zidom od 23 cm metil metakrilata-Lucite-a ($\phi_{th} : \phi_{int} : \phi_f$ =1:1:1).

Detaljnija analiza ovih podataka ukazuje da znatan deo intermedijarnih i brzih neutrona pretrpi neelastično rasejanje pre nego što napusti fantom u prvobitnom pravcu (biva "reflektovano") i ponovo dolaze do LDS sa energijom koja pripada istoj ili nižoj energetskoj oblasti. Postojećim metodama i izvorima zračenja nije bila mogu-

ća detaljnija analiza ovog fenomena. Zbog toga je fenomen posmatran u celini na taj način što je odredjeno ukupno povećanje neutronskog fluksa (termalnog, intermedijarnog i brzog) prouzrokovano prisustvom fantoma.

Na slici 3 su prikazani rezultati koji se odnose na refleksiju termalnih i intermedijarnih neutrona iz izvora neutrona opisanih tačkama i 1 i 2. Kao što se iz slike vidi, za rastojanja manja od 20 cm na izmerenu vrednost refleksije može osetno da utiče rastojanje izvor-detektor. Zbog toga je u svim daljim ozračivanjima rastojanje izvor-detektor bilo veće od 50 cm.

U tablici 1 su dati rezultati merenja fluksa neutrona u vazduhu i na fantomu, za svaku energetsku oblast posebno, a koji su korišćeni za odredjivanje povećanja fluksa neutrona. U tablici 2 su prikazane izmerenje brojne vrednosti ukupnog povećanja fluksa (1) uporedo sa očekivanim vrednostima dobijenim primenom Westcott-ovih refleksionih koeficijenata (2) za upadni spektar neutrona. Kao što se iz tablice (2) vidi, odstupanje izmedju izmerenih i očekivanih vrednosti integralnog fluksa u većini slučajeva su manja od 30%, što se za eksperimente ove vrste može smatrati potpuno zadovoljavajućim.



Sl.3. Relativna promena fluksa neutrona u prisustvu fantoma; ϕ - fluks neutrona u prisustvu fantoma; ϕ_0 - fluks neutrona bez fantoma.

TABLICA 1.

SPEKTAR NEUTRONA	FLUKS U VAZDUHU, 10^{10} n.cm^{-2}			FLUKS NA FANTOMU, 10^{10} n.cm^{-2}		
	ϕ_{th}	ϕ_{int}	ϕ_{v}	ϕ_{th}	ϕ_{int}	ϕ_{v}
TK (RA)	0.81	—	—	1.36	—	—
VK-5 (RA)	2.45	163	7.03	86.13	210.	7.68
RB	27.	13.90	1.93	93.88	14.60	2.07
PRIMARNI (HPRR)	0.63	4.68	13.16	4.00	7.17	13.70
IZA Pu (HPRR)	0.54	2.70	4.86	2.12	6.51	9.03
IZA LUCITE (HPRR)	1.63	1.89	1.63	2.48	2.77	1.64

Medjutim, nemogućnost da se uspostavi korelacija izmedju upadnog i reflektovanog spektra neutrona unosi znatnu grešku pri uspostavljanju veze izmedju površinske doze, doze u vazduhu i apsorbovane doze u telu ozračene osobe.

TABLICA 2.

SPEKTAR NEUTRONA	UKUPNO POVEĆANJE FLUKSA 10^{10} n.cm^{-2}		$\Delta = \frac{(1)-(2)}{(1)} 100$
	IZMERENO (1)	IZRAČUNATO (2)	
TK (RA)	0.55	0.65	-18 %
VK-5 (RA)	114.	90	+21 %
RB	27.84	28.28	-5.8%
PRIMARNI (HPRR)	6.40	5.10	+20 %
IZA Pu (HPRR)	4.50	2.70	+40 %
IZA LUCITE (HPRR)	1.90	2.40	-26 %

Uticaj fantoma na registrovanu dozu gama zračenja u mešovitom (n+γ) polju

Prisustvo fantoma u mešovitom (n+γ) polju može da prouzrokuje znatno povećanje registrovane doze gama zračenja. Ovaj efekt se javlja kao posledica onih interakcija neutrona sa konstituentima tela pri kojima se kao rezultat dobija gama zračenje koje napušta fantom pre ili posle interakcije sa konstituentima tela. Kvantitativno predvidjanje doprinosa od ovog efekta je komplikovano i neprecizno, jer on zavisi kako od spektra neutrona, odnosa gama doze prema dozi neutrona (D_n/D_γ), tako i od sastava, dimenzije i od geometrije ozračivanja.

U ovom radu eksperimentalno je odredjeno povećanje registrovane doze gama zračenja nastale interakcijom neutrona sa fantomom. U svim eksperimentima korišćen je fantom tipa Bomab koji se nalazio u homogenom (n+γ) polju, na rastojanju 3 m od tela reaktora. Rezultati ovih merenja prikazani su u tablici 3, uporedo sa odnosom D_n/D_γ definisanom ranije. Kao što se iz tablice vidi, prisustvo fantoma može znatno da utiče na registrovanu dozu gama zračenja.

Uspostavljanje kvantitativne veze izmedju registrovane gama doze pomoću LDS i apsorbovane doze u fantomu zahteva posebnu analizu, s obzirom da iziskuje posebno proučavanje svakog tipa interakcije.

TABLICA 3.

MESTO OZRAČIVANJA	D_n/D_γ	IZMERENE γ DOZE (R)		B/A
		U VAZDUHU (A)	NA FANTOMU (B)	
RB	0.31	220	317	1.44
PRIMARNI (HPRR)	4.51	55	97	1.76
IZA Fe (HPRR)	5.21	14	40	2.86
IZA LUCITE-A (HPRR)	1.21	46	65	1.41

Zaključak

Izvršena merenja su pokazala:

- da se uticaj tela na registrovanu dozu može zanemariti ako je LDS konstruisano tako da posebno registruje dozu beta zračenja;
- da pri ozračivanju termalnim neutronima povećanje registrovane doze zbog "refleksije" s fantoma iznosi do 80%;
- da se za intermedijarne i brze neutrone ovom metodom ne može kvantitativno izraziti povećanje doze nastalo refleksijom neutrona, zbog promene neutronskog spektra do koje dolazi prilikom interakcije sa telom kontrolisane osobe;
- da je u mešovitim (n+) poljima uticaj fantoma na registrovanu dozu gama zračenja pomoću LDS veliki. Ovaj efekt je posledica interakcija neutrona sa konstituentima tela, pa je za uspostavljanje kvantitativne veze izmedju gama doze registrovane pomoću LDS i apsorbovane gama doze, potrebna posebna analiza.

BIBLIOGRAFIJA

1. Auxier J.A., Health Physics 11, 89 (1965)
2. Mirić I., Marković P., Mirić P., Proc.Symp.Personnel Dosimetry for Radiation Accidents"., IAEA, Vienna (1965) 597
3. Mirić I., Mirić P., Veličković D., odredjivanje doze neutrona pomoću aktivacionih detektora", V.Jugosl.simp. o radiološkoj zaštiti, Bled, 1970
4. Gupta S.K., Cunningham J.R., Brit.J.Radiol. 39,7 (1966)
5. Dennis J.A., Smith J.W., Boot S.J., Proc.Symp. "Neutron Monitoring" IAEA, Vienna (1967), 537
6. Boot, S.J., Dennis J.A., Phys.Med.Biol., 13,573 (1968)
7. I.Mirić et al; Determination of Leakage Spectra Near RB Reactor" SESR CI 73/129, May 1973
8. Tkanevie dozi neitronov b tele čeloveka, spravočnik, Moskva, Atomizdat, 1972

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973

S.Muždeka, D.Danilović, T.Marić, D.Damljanović

Institut "Boris Kidrič" - Vinča

POUZDANOST ELEKTRONSKE INSTRUMENTACIJE KORIŠĆENE U ZAŠTITI OD ZRAČENJA

REZIME

Korisnici elektronskih uredjaja očekuju da isti budu pouzdani, jeftini,maleni,lagani a istovremeno sposobni za ispunjavanje kompleksnih zahteva.Od više mera pouzdanosti koje se koriste najpogodnije za izražavanje su srednje vreme izmedju otkaza i srednje vreme do otkaza.Ovaj kratak članak daje elementarni koncept prognoziranja pouzdanosti osnovanog na pretpostavci - da je parametar toka otkaza konstantan.Ova uprošćena ideja može se upotrebiti i u instrumentaciji za potrebe zaštiteb od zračenja.Primeri takve prognoze pouzdanosti su: komparativna analiza tri tipa monitora zračenja i analiza brojačkog kompleta koji se koristi u radiometrijskoj laboratoriji za merenje beta aktivnosti.

UVOD

Svi elektronski uredjaji,uključujući i instrumente i sisteme za merenje jonizujućeg zračenja mogu da rade ispravno samo u toku odredjenog vremenskog intervala,koji zavisi od uslova eksploatacije, složenosti uredjaja,konstrukcije uredjaja i drugih faktora.Povećana složenost uredjaja zahteva da se vodi računa i o povećanju pouzdanosti istog.Pod pojmom pouzdanosti uredjaja ili sistema podrazumeva se sposobnost da se sačuva zadata funkcija i kvalitet u odredjenim uslovima eksploatacije za odredjeno vreme.U slučaju otstupanja od zadatih karakteristika ili pojave neispravnosti dolazi do otkaza. Razradom metoda proračuna i obezbedjivanja pouzdanosti bavi se posebna oblast nauke - teorija pouzdanosti.Ona se koristi u instrumentaciji na svim stepenima od projektovanja,do ispitivanja,proizvodnje i eksploatacije - da bi se uklonile slabe strane korišćenih instrumenata i poboljšala pouzdanost novih.

OCENA POUZDANOSTI POMOĆU SREDNJEG VREMENA DO OTKAZA

Pouzdanost uredjaja je vezana, izmedju ostalog, i sa slučajnim dogadjajima ili veličinama - otkazom i srednjim vremenom rada do otkaza. Interesantno je poznavanje broja otkaza u funkciji od vremena rada uredjaja. Za analizu i proračun pouzdanosti koriste se različiti matematički modeli, koji daju vezu izmedju pouzdanosti sistema i pouzdanosti njegovih elemenata (1,2).

Ako otkaz tehničkog uredjaja ili sistema nastaje pri otkazu jednog od njegovih elemenata može se smatrati da je uredjaj sastavljen od serijske konfiguracije elemenata. Tada je verovatnoća bezotkaznog rada uredjaja u toku vremena t jednaka proizvodu verovatnoće bezotkaznog rada njegovih elemenata u toku tog vremena.

Pouzdanost serijske konfiguracije od n elemenata koji su medjusobno nezavisni data je izrazom:

$$R_s(t) = P(x_1)\cdot P(x_2)\cdot\ldots\cdot P(x_n) = \prod_{i=1}^{n} P(x_i) .$$

U slučaju da svaki element (komponenta) ima parametar toka otkaza λ_i konstantan, tada je za elemenat pogodan model $e^{-\lambda_i t}$, tako da gornja jednačina postaje:

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^{n} e^{-\lambda_i t} = e^{-(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i t)} = e^{-\lambda_s t} = e^{-t/T_s}$$

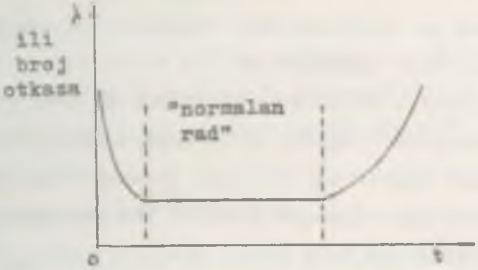
gde je:

$\lambda_s = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$ - parametar toka otkaza sistema

$T_s = 1/\lambda_s$ - srednje vreme do otkaza (MTTF).

Opšta pouzdanost elektronskih uredjaja zavisi od pouzdanosti njegovih elemenata - otpornika, kondenzatora, poluprovodničkih elemenata, detektora itd. Prestanak rada ili promena parametara, izvan odredjenih granica, kod elemenata dovodi do otkaza rada uredjaja. Za većinu elektronskih elemenata zavisnost parametra toka otkaza λ od vremena ima oblik dat na slici 1. Sličan oblik ima i kriva otkaza za elektronske uredjaje.

Otkazi (greške) na početku rada su neizbežni: transport, montaža, greške u šemiranju, proposti pri završnim ispitivanjima i sl. Posle otklanjanja ovih grešaka smanjuje se intenzitet otkaza i nas-



Sl.1 intenzitet otkaza u zavisnosti od vremena rada

tupa period normalnog rada karakteriše "pouzdanost komponenti" i javljaju se slučajne greške koje zavise od kvaliteta komponenti. Na kraju broj otkaza ponovo raste,usled starenja komponenti i promena osnovnih karakteristika.Za uredjaje koji se koriste u zaštiti potrebno je za prvi period "ostariti" uredjaje tj pre završnog ispitivanja ostaviti da rade nekoliko desetina časova.Period normalnog rada traje nekoliko hiljada do nekoliko desetina hiljada časova kod današnjih kvalitetnih uredjaja.Posle toga potrebna je zamena el menata koji su ostareli,ponovna razrada i baždarenje uredjaja.

Odredjivanje parametara toka otkaza λ za različite elemente je veoma skupo i zahteva dosta vremena.Za elektronske komponente koje se često koriste dati su orijentacioni podaci za λ ,a za specifične komponente kao što su na pr. GM brojači,fotomultiplikatori, poluprovodnički brojači,scintilacioni kristali nema dovoljno tačnih podataka.

TABELA 1
Parametri toka otkaza za neke elektronske elemente

Naziv elementa	Parametar toka otkaza,
Otpornici	(0,003 .....0,25) $\cdot 10^{-6}$ h^{-1}
Kondenzatori	(0,01 ..... 1) $\cdot 10^{-6}$ h^{-1}
Diode i tranzistori	(0,01 ..... 2) $\cdot 10^{-6}$ h^{-1}
Cevi	(2 ..... 50) $\cdot 10^{-6}$ h^{-1}
Transformatori	(0,5 ..... 4) $\cdot 10^{-6}$ h^{-1}

U Tabeli 1 date su orijentacione vrednosti parametra toka otkaza za neke elektronske komponente.

Tačnost odredjivanja veličine λ zavisi od tipa elementa a takodje i od režima rada (naponi, struje, temperatura i sl). Znatnom snižavanju pouzdanosti doprinose ciklične promene temperature, mehanička opterećenja, povećana vlažnost i sl. Na rad elektronskih komponenti ima uticaja i zračenje koje menja karakteristike elemenata i može dovesti do narušavanja normalnog rada uredjaja i do pogrešnih pokazivanja. Najveći efekti se dobijaju posle ozračivanja neutronima i gama zračenjima. U Tabeli 2 date su veličine zračenja koje imaju uticaja na pojedine elektronske komponente i materijale.

TABELA 2

Dejstvo jonizujućeg zračenja na elektronske elemente.

Elementi i materijali	Neutroni E 10 keV, n/cm^2	Doza gama zračenja, rad
	10^{13} 10^{15} 10^{17} 10^{19}	10^{6} 10^{8} 10^{10} 10^{12}
Otpornici - ugljeni	—	—
- metalni	—	—
Kondenzatori - papirni	—	—
- keramički	—	—
Minijaturne cevi	—	—
Polupr. diode - obične	—	—
- visokofrekv.	—	—
Tranzistori - niskofr.	—	—
- visokofr.	—	—
Magnetni materijali	—	—
Polietilen	—	—
Teflon	—	—
Oksid aluminijuma	—	—

— pogoršanje parametara ⟵ puni otkaz

Takodje i pri malim jačinama ekspozicionih doza mogu se izmeniti parametri mnogih elektronskih komponenti,na primer - šumovi i spektralna osetljivost fotomultiplikatora menjaju se već pri ozračivanjima od 1 mR/s.

PRIMENA ZA PROCENU POUZDANOSTI

Prethodna izlaganja vezana za proračun pouzdanosti primenjena su na univerzalnom monitoru zračenja KOMO-TN (3). Za proračun su uzeti podaci iz literature (4,5).Svi podaci su sredjeni i dati u Tabeli 3.

Tabela 3

Podaci za prooenu pouzdanosti monitora zračenja KOMO-TN

Naziv elementa	Količina n_i	λ_{oi} 10^{-6} h^{-1}	Režim rada,k_n	Koef.poprav.a_i	$n_i \lambda_{oi} a_i$, $10^{-6} h^{-1}$
Otpori;0,25W	30	0,6	0,2	0,20	3,6
Potenciometri	9	0,7	0,3	0,26	1,46
Kondenzatori:					
keramički	1	1,4	0,7	0,23	0,32
keramički	4	1,4	0,4	0,08	0,45
keramički	7	1,4	0,2	0,06	0,59
elektroliti	4	2,4	0,5	0,40	3,84
Diode					
siliciumske	7	0,6	0,3	0,78	3,29
Zener	3	5	0,3	0,78	11,70
Tranzistori-Si	9	4	0,2	0,18	6,48
Tranzistori-Ge	2	3	0,3	0,22	1,32
GM brojač	2	0,3/c			0,6
Preklopnik	1	0,2			0,2
Transformator	1	0,5			0,5
Lemljena mesta	200	0,005			1,0
Ostalo					0,53
					Σ 35,89

Radi komparacije proračuni su uradjeni i za ranije konstruisane uredjaje ,slične namene, i to:

- monitor zračenja MZ-1,radjen u cevnoj tehnici;
- radiometar DP ,radjen sa tiratronima i poluprovodnicima.

Uporedni dijagrami za ova tri tipa monitora dati su na sl.2. Posebno je dat doprinos pojedinih vrsta elemenata preko ekvivalentnog parametra toka otkaza čija vrednost treba da bude što manja. Elementi su podeljeni po grupama : R- otpornici,C- kondenzatori, AE - aktivni elementi poluprovodnici ili cevi,OE - ostali elementi.

Tip monitora	Grupa elemenata	Ekvivalentni parametar toka otkaza, λ_{ei}	Srednje vreme do otkaza,T_{si}
KOMO-TN	R C AE OE Ukupno	$35,89 \cdot 10^{-6}\ h^{-1}$	27.900 č
DP	R C AE OE Ukupno	$51,24 \cdot 10^{-6}\ h^{-1}$	19.500 č
MZ-1	R C AE OE Ukupno	$118,76 \cdot 10^{-6}\ h^{-1}$	7.700 č

slika 2. Komparativni pregled monitora zračenja

Sa dijagrama se vidi da se sa razvojem tehnike i korišćenjem novih poluprovodničkih elemenata povećava srednje vreme do otkaza T_s i poboljšava pouzdanost instrumenata.Boljim korišćenjem ovih analiza i razvojem komponenti,uz odgovarajući izbor i dimenzionisanje dobiće se u budućnosti uredjaji sa velikom pouzdanošću.

Proračun pouzdanosti izveden je i za brojački komplet koji se nalazi u sastavu radiometrijske laboratorije LARA-10 (6).

Proračun je radjen za radni režim na temperaturi od 20°C i za rad na temperaturi od 50°C. Odvojeno je vršen proračun mrežnog ispravljača tako da se vidi njegov uticaj na ceo sistem kada se koristi zajedno sa brojačkim kompletom.

Svi podaci sredjeni su i dati u Tabeli 4.

TABELA 4

Parametri za procenu pouzdanosti brojačkog kompleta

	Broj elemenata n_i	Parametar toka otkaza $\lambda_i \cdot 10^{-6} h^{-1}$		Srednje vreme do otkaza T_i, h	
		20°C	50°C	20°C	50°C
Brojački komplet	121	52,66	81,65	18.990	12.249
Mrežni ispravljač	12	9,44	16,69	105.900	59.910
Ceo sistem	133	62,10	98,33	16.100	10.100

Na osnovu analize pouzdanosti za brojački komplet dobija se da je pri temperaturi od 20°C srednje vreme do otkaza (MTTF) :

$T_s \approx$ 19.000 časova.

Preko ovog podatka može se izračunati verovatnoća bezotkaznog rada i ona iznosi:

posle 190 časova rada 0,99 ili 99%

posle 1.900 časova rada 0,90 ili 90%

posle 19.000 časova rada 0,36 ili 36%

posle 5.700 časova rada 0,74 ili 74%.

Veći broj uredjaja nalazi se u radu već dve godine,a ispitivanja na 30 kompleta ukazuju da su prognoze dobijene analizom pouzdanosti realne.

ABSTRACT

THE RELIABILITY USED IN HEALTH PHYSICS INSTRUMENTATION

All users of electronic equipment expeot it to be reliable, cheap,small,light and at the same time capable of performing complex tasks.Several measures of reliability are in use,the most convenial being the mean time between failures (MTBF) and mean time to fealure (MTTF).
This short article gives the elementary concepts of reliability prediction based on simplifying assumption - mainly that of a constant failure rate.The simple ideas could usefully be applied in health physics instrumentation.Examples of such predicting the realibility are:comparative analyses of three types of radiation monitors and the analyse of counting system used in the laboratory for measurement beta activities.

LITERATURA

1. M.L. Shooman
   Probabilistic Reliability - an Engineering Approach,
   Mc Graw-Hill Book, New York, 1968
2. V.V. Matvejev,B.I.Hazanov
   Pribori dlja izmerenija jonizirujuščih izlučenij
   Atomizdat,Moskva, 1972
3. M.Sobajić,R.Blagojević
   Univerzalni monitor zračenja za merenje radijacionih polja,detekciju kontaminacije i merenje radioaktivnih uzoraka
   VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja,Kaštel Stari,1973
4. A.M.Polovko,I.M.Malikova
   Sbornik zadač po teoriji nadežnosti
   Sovetskoe radio, Moskva, 1972
5. E.Dombrowski
   Einführung in die Zuverlässigkeitelektronischer Geräte und Systeme
   AEG - Telefunken, Berlin, 1970
6. S.Lušdeka i dr.
   Radometrijska laboratorija
   XVI konferencija ETAN, Velenje, 1972

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Ž.Nikolić, B.Ćirilov, M.Šmelcerović i I.Savić
Prirodno-matematički fakultet, Beograd
Institut "Boris Kidrič", Vinča

APSOLUTNO MERENJE NAELEKTRISANJA IZ POLUPROVODNIČKOG DETEKTORA NUKLEARNOG ZRAČENJA

Karakteristična veličina kojom se meri interakcija zračenja sa sredinom je odnos izmedju energije koju zračenje izgubi u sredini i količine naelektrisanja koja se oslobodi. Količina naelektrisanja iz poluprovodničkih detektora odredjuje se pogodnim analizatorima, pri čemu je kritično podesiti parametre filtarskih mreža, kako bi se optimalizovao odnos signal/šum. Da bi se ovo postiglo potrebno je poznavati oblike funkcija po kojima se prenosi količina naelektrisanja iz detektora u pojačavački sistem i, ako je moguće, odgovor (tj. izlaznu amplitudu) pojačavača učiniti zavisnim jedino od količine naelektrisanja iz detektora. U radu je analiziran slučaj primene optimalizovanih filtarskih mreža tipa CR-RC i CR-(RC) uzevši u obzir postojeću nepoželjnu integracionu konstantu pretpojačavača naelektrisanja. Pomoću dijagrama dobijenih ovom analizom moguće je korišćenjem kalibracionog generatora odrediti apsolutnu količinu naelektrisanja iz poluprovodničkog detektora pri detekciji nuklearnog zračenja.

Poluprovodnički detektor se često prikazuje kao strujni izvor (sl.1.), koji sistemu predaje u impulsu količinu naelektrisanja

$$Q = Q_0 \left(1 - e^{-t/\tau_0} \right) \qquad (1)$$

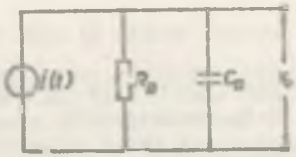
gde su

Q_0 - ukupna količina naelektrisanja koju detektor predaje pojačavačkom sistemu,

τ_0 - vremenska konstanta zavisna od tipa detektora i radnih uslova,

t - vreme.

Iako se ekvivalentno kolo može prikazati u složenijem obliku, smatra se da i ova aproksimacija daje dovoljno tačne rezultate. Izraz (1) zadovoljava, naročito u slučaju detektora sa linearnim električnim poljem (lit. 4,5).

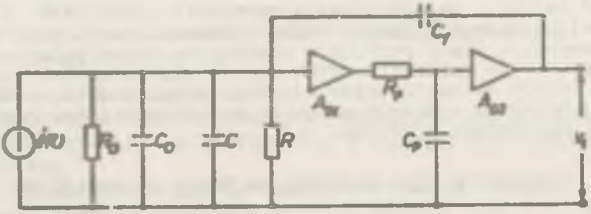


Sl. 1.

Strujni impuls detektora prikazan u obliku Laplasovog transformacionog para je

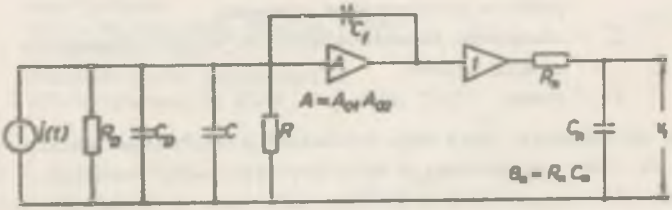
$$\mathcal{L}\left[i(t)\right] = \frac{Q_a}{\tau_0}\,\frac{1}{s+\frac{1}{\tau_0}} \qquad (2)$$

Signal iz detektora vodi se na pretpojačavač izveden kao pojačavač naelektrisanja, koji u opštem slučaju sadrži i jednu unutrašnju integracionu konstantu, što je šematski prikazano na sl. 2.



Sl. 2.

Analizom se dolazi do zaključka da se kolo sa sl. 2. može prikazati ekvivalentnim kolom datim na sl. 3.



Sl. 3.

Zamenivši:

$$\theta_n = \frac{R_D C_D}{1-\beta A}\ , \quad \beta = \frac{C_f}{C_f + C_D + C}\ , \quad R_{eq} = \frac{\theta R_D}{\theta + R_D}\ ,$$

$$C_{eq} = C + C_D + (1-A)C_f\ , \quad A_{cf} = A\frac{1}{C_{eq}}\ , \quad \theta = R_{eq}C_{eq}\ ,$$

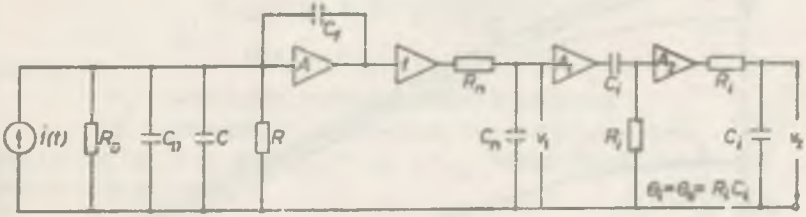
signal na izlazu iz pretpojačavača biće

$$\mathcal{L}\left[v_1(t)\right] = A_{cf} Q_0 \frac{1}{\tau_D \theta} \frac{1}{(s+\frac{1}{\theta})(s+\frac{1}{\tau_D})(s+\frac{1}{\theta_n})} \tag{3}$$

U vremenskom domenu, uz aproksimaciju $\theta \gg \tau_D$, θ_n ima se

$$v_1(t) = A_{cf} Q_0 \frac{\theta_n}{\theta}\left(1 - \frac{\tau_D}{\tau_D - \theta_n} e^{-t/\tau_D} - \frac{\theta_n}{\theta_n - \tau_D} e^{-t/\theta_n}\right) \tag{4}$$

Signal iz pretpojačavača naelektrisanja dovodi se na filtarsku mrežu za uobličavanje i poboljšanje odnosa signal/šum (lit. 3). Mreža se u najprostijem slučaju sastoji od kola za integriranje i kola za diferenciranje, čije su vremenske konstante medjusobno jednake. Kolo sa optimalnom filtarskom mrežom tipa RC-CR pokazano je na slici (4).



Sl. 4.

Signal na izlazu kola pri uslovu $\theta \gg \theta_i$, θ_n, τ_D je

$$\mathcal{L}\left[v_2(t)\right] = A'_{cf} Q_0 \frac{1}{\tau_D \theta_1 \theta_n} \frac{1}{(s+\frac{1}{\tau_D})(s+\frac{1}{\theta_n})(s+\frac{1}{\theta_1})^2}\ , \tag{5}$$

$$A'_{cf} = A_{cf} A_1 A_2$$

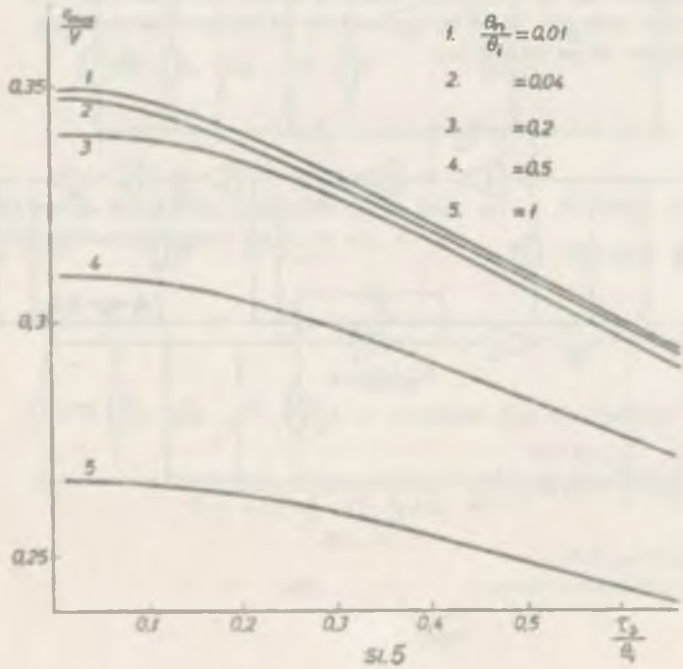
odnosno u vremenskom domenu

$$v_2(t) = A'_{ct} Q_0 \frac{\theta_i}{\theta_n - \tau_0}\left[\frac{\theta_n - \tau_0}{(\tau_0 - \theta_i)(\theta_n - \theta_i)} t e^{-t/\theta_i} + \frac{\tau_0^2}{(\tau_0 - \theta_i)^2}\left(e^{-t/\theta_i} - e^{t/\tau_0}\right) - \frac{\theta_n^2}{(\theta_n - \theta_i)^2}\left(e^{-t/\theta_i} - e^{t/\theta_n}\right)\right] \quad (6)$$

Ukoliko se signalom v_2 pobudjuje još jedno kolo za integraciju sa istom konstantom θ_i, što se često čini radi poboljšanja odnosa signal/šum, izlazni signal je oblika:

$$\mathcal{L}\left[v_3(t)\right] = A''_{ct} Q_0 \frac{1}{\theta_n \theta_i^2 \tau_0} \frac{1}{\left(s + \frac{1}{\tau_0}\right)\left(s + \frac{1}{\theta_n}\right)\left(s + \frac{1}{\theta_i}\right)^3}, \quad (7)$$

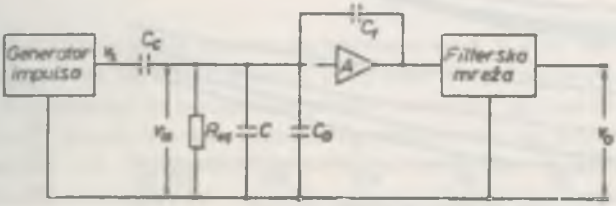
$$v_3(t) = A''_{ct} Q_0 \frac{1}{\theta_n - \tau_0}\left\{\frac{\theta_n - \tau_0}{(\tau_0 - \theta_i)(\theta_n - \theta_i)} t^2 e^{-t/\theta_i} + \left[\frac{\tau_0^2}{(\tau_0 - \theta_i)^2} - \frac{\theta_n^2}{(\theta_n - \theta_i)^2}\right] \cdot \right.$$
$$\left. \cdot t e^{-t/\theta_i} + \frac{\tau_0^2 \theta_i}{(\tau_0 - \theta_i)^3}\left(e^{-t/\theta_i} - e^{t/\tau_0}\right) - \frac{\theta_n^3 \theta_i}{(\theta_n - \theta_i)^3}\left(e^{-t/\theta_i} - e^{-t/\theta_n}\right)\right\} \quad (8)$$



sl.5

Na dijagramu na slici (5) prikazana je zavisnost amplitude $v_2(t)$ od odnosa τ_D/θ_i, sa θ_n/θ_i kao parametrom.

Ukoliko bismo bili u mogućnosti da apsolutno i veoma tačno izmerimo vrednost amplitude signala iz sistema, integracione i diferencijalnu konstantu, mogli bismo se datim dijagramom koristiti pri odredjivanju količine naelektrisanja iz detektora. Kako najčešće nismo u stanju da to učinimo, neophodno je izvršiti kalibraciju sistema, što se veoma pogodno može obaviti pomoću generatora impulsa i etalon-kondenzatora (sl.6).



Sl. 6.

Naponski signal iz generatora je približno oblika

$$\mathcal{L}\left[v_s(t)\right] = V_s \frac{1}{s\left(s+\frac{1}{\tau_G}\right)\tau_G} \tag{9}$$

gde su

V_S - maksimalna vrednost napona generatora

τ_G - unutrašnja integraciona konstanta generatora

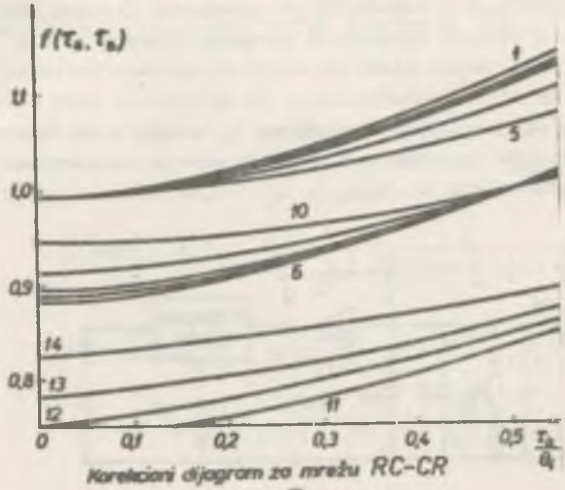
Ukoliko je ispunjen uslov $C_c << C_c + C_{eq}$ ulazni napon pojačavača naelektrisanja biće

$$\mathcal{L}\left[v_o(t)\right] = V_s \frac{C_c}{C_c+C_{eq}} \frac{1}{\tau_G} \frac{1}{s+\frac{1}{\theta_G}} \frac{1}{s+\frac{1}{\tau_G}} \quad , \quad \theta_G = R_{eq}(C_{eq}+C_c) \tag{10}$$

Iz uslova $\theta_G >> \tau_G$ izlazni signal pojačavača i filtarske mreže tipa RC-CR je, posle zamene $Q_o = V_S C_c$, identičan izrazu $v_2(t)$, ili za filtarsku mrežu sa dve integracione konstante izrazu $v_3(t)$.

Analizom nadjen oblik funkcija $f(\tau_D, \tau_G)$ pruža mogućnost za kalibraciju sistema, kada je poznata vrednost vremenske konstan-

te τ_D. Na slici (7) dat je dijagram $f(\tau_D, \tau_G)$ za filtarsku mrežu tipa RC-CR, dok je ista funkcija za mrežu tipa $(RC)^2$ - CR ilustrovana na grafiku datom na sl. 8.



$\tau_G = 0{,}1\theta_i$ $\tau_G = 0{,}5\theta_i$

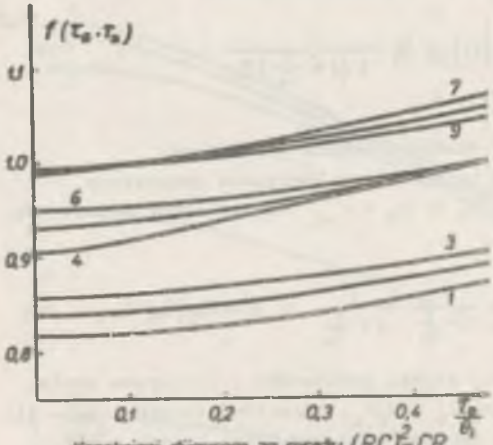
1. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}01$ 6. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}01$
2. $= 0{,}04$ 7. $= 0{,}04$
3. $= 0{,}2$ 8. $= 0{,}2$
4. $= 0{,}5$ 9. $= 0{,}5$
5. $= 1$ 10. $= 1$

$\tau_G = \theta_i$

11. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}01$
12. $= 0{,}2$
13. $= 0{,}5$
14. $= 1$

Korekcioni dijagram za mrežu RC-CR

Sl. 7



$\tau_G = \theta_i$ $\tau_G = 0{,}5\theta_i$

1. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}1$ 4. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}1$
2. $= 0{,}2$ 5. $= 0{,}5$
3. $= 0{,}5$ 6. $= 1$

$\tau_G = 0{,}1\theta_i$

7. $\frac{\theta_n}{\theta_i} = 0{,}1$
8. $= 0{,}5$
9. $= 1$

Korekcioni dijagram za mrežu $(RC)^2$-CR

Sl. 8

Postupak kalibracionog merenja svodi se na merenje amplitude signala V_{mD} iz pojačavačko-uobličavačkog sistema za naelektrisanje iz detektora i pri napajanju iz generatora V_{mG}. Ovo merenje se obično obavlja višekanalnim analizatorom. Zatim se izračunava količina naelektrisanja iz poluprovodničkog detektora Q_o prema izrazu

$$Q_o = V_s C_s \frac{V_{mo}}{V_{mG}} \frac{1}{f(\tau_D, \tau_G)} \qquad (11)$$

Funkcija $f(\tau_D, \tau_G)$ očitava se iz dijagrama za filtarsku mrežu koja je korišćena u tom merenju.

ZAKLJUČAK:

Analizom uticaja pojedinih konstanata na visinu amplitude iz pojačavačko-uobličavačkih sistema omogućeno je tačno merenje količine naelektrisanja iz poluprovodničkih detektora nuklearnog zračenja. Analiza izneta u tekstu odnosi se prvenstveno na poluprovodnički detektor, ali je primenljiva na sve sisteme koji pojačavačko-uobličavačkom sistemu predaju količinu naelektrisanja po funkciji datoj jednačinom (1).

Pogodnim korišćenjem dijagrama može se, takodje, odrediti širenje linije spektra usled varijacije vremenske konstante detektora.

THE DETERMINATION OF THE ABSOLUTE QUANTITY OF ELEKTRICITY IN A SEMICONDUCTOR DETECTOR OF NUCLEAR RADIATION

The interaction of radiation with matter is characterized by the energy per carrier pair. Usually charges released in semiconductor detectors are measured by appropriate analyzer systems having criticaly adjusted parameters of the filtering network in order to improve the signal to noise ratio. For this reason it is necessary to know the forms of functions by which charges created in a counter are transfered to the analysing system. It would be a great advantage if the response of the system (i.e. the output signal) could be made charge dependent only. In this work the application of optimalized filtering networks of the CR-RC and CR-$(RC)^2$ types is analysed taking into consideration also the

unwanted inherent integration constant of charge sensitive amplifiers. This analysis yielded diagrams by which, using a pulse generator, the absolute ammount of charge created per detection event in a semiconductor counter can be determined.

LITERATURA:

1) O.V.Zaharchuk: Izmerenie velichiny sobiraemogo zaryda v poluprovodnikovykh detektorakh radiacii; Pribory i tkhnika eksperimenta; yanvar' - fevral' (1969);
2) B.Ćirilov, M.Šmelcerović: Analysis of corrections during measurements of charge of a semiconductor detector; Isotopenpraxis 12 (1970);
3) B.Ćirilov, S.Kostić, M.Šmelcerović: Uticaj filtarskih mreža na odnos signal - šum pretpojačavača naelektrisanja; IBK 768, Vinča, januar (1969);
4) D.N.Poenaru: Semiconductor radiation detectors used with current - sensitive preamplifiers; Nuclear instruments and methods, 54, (1967);
5) D.N.Poenaru: Current and voltage pulses given by semiconductor radiation detectors; Nuclear instruments and methods, 54,(1967).

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Novosel-Radović Vjera
Metalurški kombinat "Željezara Sisak"
OOUR Institut za metalurgiju Sisak

MOGUĆNOST OZRAČENJA KOD RADA STRUKTURNIM RENDGENOM PHILIPS NORELCO

Svrha ove reference je da upozna s mogućnostima ozračenja sa primarnim i sekundarnim zračenjem za vrijeme normalnog rada i namještanja pojedinih priključaka aparature strukturnog rendgena Philips Norelco.

Imamo li na umu moto St. John x-ray Laboratory Califon N.Y. "Mislimo na minimalno moguću dozu expozicije unutar maksimalno moguće" onda dana referenca ima opravdanje. Naime, primjena strukturnog rendgena na probleme rješavanja direktno za proizvodnju kao i njeno usavršavanje kod nas gotovo i nema, te nije ni čudo, da se mogućnostima ozračivanja tom vrstom aparature zna vrlo malo, a često puta se smatra i nevažnim.

Uzevši u obzir podatke: The International on Radiological Protection (1), Recomandations of the National Commitee on Radiation Protection and Measurements (2), Pravila Ustrojstva i Esplutaciji Rentgenovskih Kabinetov, Aparatov dla Defektoskopii (3), Sanitarnije pravila pri promišljenoj γ-defektoskopiji (4), Instruction Manual (5) i vlastito iskustvo, dolazimo do zaključka da je kod rada takovom aparaturom operator izložen mogućnostima ozračivanja primarnom i sekundarnom zračenju kao i mogućnostima strujnog udara (naravno ovo posljednje je minimalizirano kod aparatura novijeg datuma), što od operatora traži visoki stepen koncentracije za vrijeme rada. Radi lakšeg definiranja mjesta i vrste zračenja ukratko je dan opis osnovne jedinice sa upotrijebljenim priključcima aparature.

Strukturni rendgen Philips Norelco

Osnovu cjelokupne aparature sačinjava osnovna jedinica, slika 1, koja omogućava

- da se na njenu fiksnu platformu pred kućište cijevi smjeste priključci aparature za difrakciju i odgovarajuća postolja za standardne i specijalne priključke upotrebljavane za studij rendgenske difrakcije i spektrografije,
- putem posebnih priključaka priključivanje druge rendgenske cijevi koja radi izvan osnovne jedinice,
- visoku stabilnost struje i napona na žarnoj niti rendgenske cijevi i posjeduje specijalne sisteme stabilizatora potrebnih za stabilizaciju struje kod specijalnih tehnika,
- putem raznih signalnih svjetla upozoriti operatora na mjere opreza.

U našem slučaju kao priključne aparature na osnovnu jedinicu su:

Debey Scherrer kamere, slika 1a, Univerzalne ravne kamere, slika 1b, Vertikalni difraktometar, slika 1c i Univerzalni vacuum rendgenski spektrograf, slika 1d. Obično istovremeno rade Debey Scherrer kamere, Univerzalne ravne kamere i Univerzalni vacuum rendgenski spektrograf (kojeg u posljednje vrijeme napaja novo kupljena osnovna jedinica) ili Debey Scherrer kamere i Vertikalni difraktometar, kako bi se izbjegao utjecaj raspršenog zračenja sa ravnih kamera na rezultate analize Vertikalnog difraktometra. Naime, kod rada Univerzalnih ravnih kamera i Vertikalnog difraktometra snop prije i nakon difrakcije je potpuno otvoren, te su moguće pojave velikog raspršenog zračenja za vrijeme rada kojeg može registrirati brojač upotrijebljen za brojenje difraktiranih rendgenskih zraka na Vertikalnom difraktometru. Kod ostalih priključaka aparature - Univerzalnog vacuum spektrografa - snop je parcijalno otvoren, dok je kod kamera potpuno zatvoren.

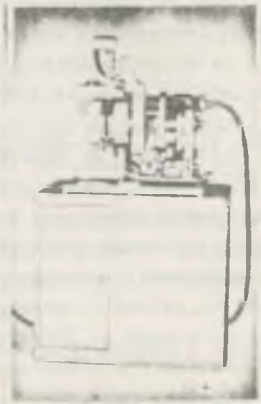
Kako sam proizvodjač u svojim uputama upozorava na mogućnost zračenja po pojedinim fazama rada, to se normalno postavlja pitanje gdje onda prijeti opasnost od zračenja i o kakovoj vrsti zračenja se radi. Rezimirajući literaturne podatke (od 1 do 7) dolazimo do zaključka da se radi o

- primarnom zračenju i raspršenom ili nepoželjnom zračenju.

Slika 1a: Debye Scherrer kamera
A - Mala 57,3 mm
B - Velika 114,6 mm

Slika 1b: Univerzalne ravne kamere

Slika 1c: Vertikalni difraktometar



Slika 1d: Univerzalni vacuum X-ray spektrograf

Izvor primarnog zračenja

Poznato je da primarni snop na prozoru rendgenske cijevi ima radi-
ciju reda veličine 10^5 r/mm, te u nekoliko sekundi ekspozicije može
ozbiljno oštetiti kožu operatora. Kod normalnog rada ova opasnost
dade se reducirati na minimum ili pak potpuno izbjeći. No u slučaje-
vima kada se mijenja
- rendgenska cijev (obzirom na prirodu materijala koji se snima) ili
- priključci aparature pred prozorom rendgenske cijevi
potrebno je pojedine priključke aparature pred prozorom rendgenske
cijevi ponovno namjestiti (centrirati), kako bi se ispunila zakoni-
tost principa metode na kome upotrijebljeni priključak aparature ra-
di. Kod tog namještanja traži se velika preciznost od 1/10 do 1/100
mm koja, da bi u potpunosti uspjela, često puta traži veći broj po-
navljanja. Namiještanje se obično sastoji iz grubog i finog. Fino
namještanje vrši se uz upotrebu snopa koji je po intenzitetu nešto
slabiji od radnog, ali još uvijek dovoljnog da kod duljeg rada utje-
če na vrijednost kumulativne doze operatora, koja se od uobičajenih
50 mr povećava na 400 mr u jednom mjernom intervalu.

Izvor nepoželjnog raspršenog zračenja

Iako po intenzitetu mnogo puta slabiji od primarnog, raspršeno zra-
čenje je mnogo opasnije, jer predstavlja kumulativnu dozu koju orga-
nizam stalno prima (6,7,8).

U našem slučaju ima više izvora nepoželjnog zračenja koji se javljaju
kao posljedica

- nepotpunog pokrivanja prozora rendgenske cijevi sa odgovarajućim
  upotrijebljenim priključkom aparature,
- interferencije primarnog snopa x-zraka izmedju otvora prozora na
  kućištu cijevi i upotrijebljenog priključka aparature,
- raznih otvora na difrakcionim priključcima,
- fluorescencije primarnog nedifraktiranog snopa na raznim stjenkama
  priključaka aparature,
- raznih ispravljačkih cijevi unutar visokonaponske jedinice,
- penetrirane radijacije preko zatvarača prozora na kućištu cijevi.

Unutar našeg laboratorija mjereno je nepoželjno zračenje na mjestima
na kojima se nalazi operator za vrijeme normalnog rada vertikalnog
difraktometra kao i u susjednim prostorijama. Mjerenje je izvršio

Laboratorij za dozimetriju zračenja Instituta za medicinska istraživanja JAZU u Zagrebu sa Nuclear Chicago mod. 2588, No 288 mjernog područja 0-25, 0-250 i 0-2500 mr/sat, kod radnih uvjeta 34 kV i 7 mA, Tab. 1.

TAB. 1: Intenzitet izmjerenog nepoželjnog zračenja za vrijeme normalnog rada vertikalnog difraktometra

mjesto	bez zaštitnog paravana	sa zaštitnim paravanom
Na platformi osnovne jedinice	6,5 mr/sat	1,5 mr/sat
Na komandnoj ploči osnovne jedinice	1,5 mr/sat	0 mr/sat
Za pisaćim stolom operatora	0,2 mr/sat	0 mr/sat

U susjednim prostorijama nije registrirano zračenje.

Iz Tab. 1 i publikacija Recommendation of the International Comission on Radiological Protection slijedi, da ako operator kontinuirano radi na difraktometru i ako pritom rade i drugi priključci aparature, postoji mogućnost primanja mnogo većih doza od dozvoljene $1 \cdot 10^{-5}$ ili $1 \cdot 10^{-6}$ mr/sek (za osoblje koje je eksponirano zračenju za dulji period) prema genetičarima.

Mjere zaštite

Sve osoblje koje radi na aparaturi podvrgnuto je stalnoj liječničkoj kontroli na Odjelu za patologiju rada pri Zavodu za zaštitu zdravlja grada Zagreba, dok Laboratorij za dozimetriju zračenja pri Institutu za medicinska istraživanja JAZU stalno prati primljene kumulativne doze putem filmdozimetara, koje su u početnim godinama rada bile mnogo veće nego danas. Ovo smanjenje u ukupno primljenim kumulativnim dozama pripisuje se

- povećanom broju osoblja koje radi direktno na aparaturi i njenom namještanju,
- smještaju aparature u drugu prostoriju sa dobrom ventilacijom u svrhu reduciranja koncentracije štetnih plinova (ozona i nekih oksida dušika) nastalih pri kontinuiranom radu visoko naponskih priključaka,
- nekim modifikacijama u namještanju pojedinih priključaka aparature pred prozore kućišta rendgenske cijevi u odnosu na upute koje preporuča proizvodjač,

- nekim modifikacijama u otvaranju prozora ispred vertikalnog difraktometra,
- upotrebi odgovarajućeg olovnog paravana (debljina lima 1 mm).

Kao otvoreno pitanje ostalo je točno definiranje mjesta nošenja film dozimetra. Ovo pitanje je proizašlo iz (7) i nekih primjera u praksi gdje kumulativna doza na film dozimetru je iznosila 0-50 mr u jednom mjernom intervalu kroz duži vremenski period, a da su istovremeno kod osoblja primjećeni simptomi opisani detaljno pod (7).

SUMMARY

THE AIM OF THIS NOTICE IS TO GIVE ATTENTION ON SAFETY PRECAUTIONS FOR USE AND OPERATION X-RAY EQUPMENT FOR DIFFRACTION. USERS OF X-RAY EQUPMENT FOR DIFFRACTION SHOUD AVOID EXPOISING ANY PARTS OF THEM PERSONS, NOT ONLY TO DIRECT BEAM, BUT ALSO TO SECONDARY OF SCATTERED RADIATION WHICH OCCURS WHEN X-RAY BEAM STRIKES OR HAS PASSED THROUGH ANY MATERIALS.

Literatura

1. Recommendations of the International Commission an Radiological Protection, Pergamnon Press, New York, 1959.

2. U.S. Department of Commerce, Recommedations of the National Committee on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report No 26, 9, 1961.

3. Pravila Ustrojstva i Eksplutaciji Rentgenovskih Kabinetov i Aparatov dlja Defektoskopii, MINZDRAV SSSR, 1961, 361-66.

4. Sanitarnije pravila pri promišljenoj γ-defektoskopii, MINZDRAV SSSR, 4, 1963, 48-63.

5. Instruction Manual Philips Electronic Instruments Advision Manual Electronic and Pharmaceutical Industries Corp. Mount Vernon, New York.

6. Premisable Dose from External Sources of Ionizing Radiation, NBS Handbook 59, pp 2 2,3 Adendum, Dated Apr. 15, 1958, Goverment Printing Office, Washington D.C.

7. Report of the Commission on Crystallografic Apparatus of the International Union of Crystallography, Acta Cryst, 16, 1963, 324-328.

8. Umanskij, JA.S. "Rentgenografija Metalov i Poluprovodnikov" Izdateljstvo - Metalurgija, Moskva 1969.

VII simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22. do 26. listopada 1973.

B.Obelić, D.Srdoč, B.Breyer
Institut "Rudjer Bošković", 41001 Zagreb, POB 1016

SPEKTROMETRIJA MEKANOG I ULTRAMEKANOG ZRAČENJA POMOĆU PROPORCIONALNOG BROJAČA

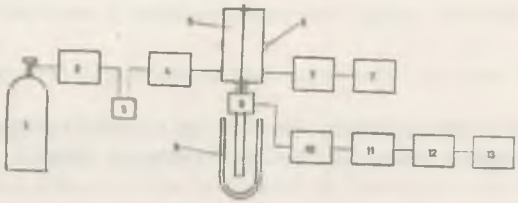
Opisani spektrometar se sastoji od proporcionalnog brojača, uredjaja za protok plina, sustava elektroničkih pojačala i višekanalnog analizatora s jedinicom za tiskanje podataka. S njime su izvršena kalibraciona mjerenja, te mjerenja spektra ^{55}Fe i Al-k_α linije u smjesi Ar-CH_4 (10%). U metanu su izmjereni spektri Al-k_α, C-k_α, ^{7}Be i jednostrukih elektrona. Svi rezultati su prilagodjeni Γ-funkciji, što je dalo dobre rezultate.

1. Uredjaj

Kao uredjaj[1] služi nam cilindrični proporcionalni brojač koji se nalazi u Faradayevom kavezu od čeličnog lima. Cijela aparatura je konstruirana tako da se plin može relativno brzo i jednostavno izmijeniti, jer elektronegativne primjese apsorbirane u stijenci i brtvama brojača mogu u relativno kratkom vremenu pokvariti rad brojača.

Plin se iz boce u kojoj se nalazi pod visokim pritiskom preko sustava redukcionih ventila dovodi u brojač, odakle se ispumpava rotacionom pumpom s klopkom napunjenom tekućim zrakom. Stalni tlak u brojaču osiguravaju igleni ventili na samom ulazu i izlazu iz brojača.

Izvori zračenja se mogu mjeriti neposredno s unutrašnje strane katode brojača, s time da tada zračenje ulazi u brojač kroz pogodno smješten prozor. Ovi otvori za izvore su napravljeni posebno za kalibracione izvore, za izvor pojedinačnih elektrona i izvor X-zraka.



Sl.1 - Blok shema spektrometarskog uredjaja: 1-boca s plinom; 2-redukcioni ventil; 3-klopka; 4-igleni ventil; 5-proporcionalni brojač; 6-otvor za izvor zračenja; 7-pumpa; 8-ulaz pretpojačala; 9-Dewarova posuda za tekući dušik; 10-pretpojačalo; 11-pojačalo; 12-višekanalni analizator; 13-printer.

Signal se preko pretpojačala s unipolarnim tranzistorom, smještenim na donjoj strani brojača, te pojačala, vodi u višekanalni analizator. Posebnim kablom se podaci prebacuju u teleprinter koji ih zapisuje i ujedno buši papirnu traku koja se ubacuje kao traka s podacima u elektroničko digitalno računalo.

2. Kalibracija uredjaja

Da bismo mogli odrediti energije nepoznatih ionizirajućih čestica, potrebno je kalibrirati cijeli uredjaj. Višekanalni analizator, naime, svrstava impulse po kanalima, te je potrebno odrediti koja energija odgovara pojedinom kanalu.

Za kalibriranje uredjaja služi nam generator impulsa koji priključujemo na ulaz pretpojačala. Šaljući iz generatora impulsa amplitude različitih i poznatih veličina čije veličine promatramo na analizatoru, dobivamo pravac:

$$c_i = k \cdot a_i + \ell \quad . \qquad (1)$$

gdje su c_i kanali, a_i amplitude, k koeficijent smjera pravca, a ℓ odsječak na amplitudnoj osi. Iza ovoga mjerimo spektar nekog izvora poznate energije (npr. ^{55}Fe ili Al-k_α liniju). Računanjem srednje vrijednosti tog spektra dobivamo

kanal koji odgovara kalibracionoj energiji (c_{cal}), a tom kanalu prema (1) odgovara kalibraciona amplituda:

$$a_{cal} = (c_{cal} - \ell)/k \quad . \qquad (2)$$

S obzirom da se energije i amplitude iz generatora impulsa nalaze u razmjeru:

$$E_i = \frac{E_{cal}}{a_{cal}} \cdot a_i \quad , \qquad (3)$$

dobivamo, uvrstivši (2) u (3), kalibracionu krivulju energije--kanali. Kako elektronički sustav ima više stupnjeva pojačanja kojima mjerimo različite spektre, kalibracionu krivulju moramo množiti omjerom pojačanja:

$$E_i = \frac{E_{cal}}{c_{cal}-\ell} \cdot (c_i-\ell) \cdot \frac{G_c}{G_x} \quad , \qquad (4)$$

gdje je G_c pojačanje kod kojega smo mjerili kalibracioni izvor (k_α-linija aluminija, 1490 eV), a G_x pojačanje kojim smo mjerili neki drugi izvor.

Za naš elektronički uredjaj dobivamo za koeficijente pravca iz relacije (1):

$$k = 21.17 \text{ kan./mV} \; ; \qquad \ell = 0.61 \text{ kan.} \quad ,$$

što znači da pravac prolazi vrlo blizu ishodišta.

U općenitom slučaju kalibracija s generatorom impulsa ne mora dati pravac, već neku krivulju (npr. kvadratičnog tipa), no ovaj račun pokazuje da je pravac vrlo dobra aproksimacija takove krivulje, s obzirom da je faktor dobrote prilagodjavanja (korijen iz χ^2 podijeljenog s brojem stupnjeva slobode) jednak 0.745 .

3. Mjerenje spektra ^{55}Fe i Al-k_α linije u smjesi Ar-CH_4

Da bi se ispitala valjanost rada proporcionalnog brojača kod mjerenja niskoenergetskih spektara, mjereni su u radnom plinu koji se sastoji od smjese argona (90%) i metana (10%) spektri ^{55}Fe i Al-k_α linije. Rezultati su baždareni na ener-

giju ^{55}Fe od 5.89 keV i dani su u tabeli I.

TABELA I

Linija	E(eV)	Rez.(%)
^{55}Fe	5890	19.0
Fe-escape	2840	35.5
Al-k_α	1470	52.7

Daljnja mjerenja su vršena u pročišćenom metanu iz bušotine Lendava. Zbog dosega elektrona stvorenih od ^{55}Fe koji je veći od promjera brojača, spektri ^{55}Fe nisu tu mjereni.

4. Ispitivanje kvarenja metana

Mjerenja spektra uz protok plina imaju taj nedostatak, što tokom mjerenja ne možemo u brojaču imati idealno konstantan tlak. Čak vrlo malom promjenom tlaka amplitude impulsa se mijenjaju (povećanjem tlaka se spektar na ekranu pomiče prema nižim kanalima, a smanjenjem prema višim), što tokom dužeg vremena daje sve netočnije podatke.

Ovo možemo spriječiti na taj način da tokom mjerenja zatvorimo oba iglena ventila na brojaču, tako da u njemu ostane konstantan tlak. Nakon izvjesnog vremena plin se počinje kvariti zbog isplinjavanja primjesa iz stijenki, pa ga tada moramo izmijeniti i započeti s novim nizom mjerenja.

Interval vremena u kojem je moguće točno mjerenje uz zatvorene dovode plina moguće je odrediti na taj način da se mjeri neki odredjeni spektar uz zatvorene dovode plina sve do onda kada se oblik spektra počinje naglo kvariti (relativni FWHM raste). Rezultati takovog mjerenja za spektar Al-k_α linije dani su u tabeli II.

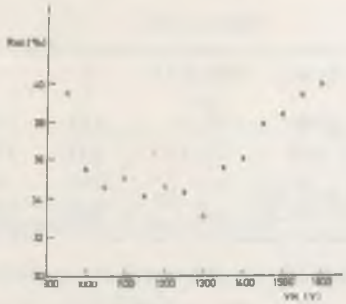
5. Ovisnost rezolucije o visokom naponu u metanu

Mjerena je ovisnost rezolucije (relativni FWHM) Al-k_α linije o visokom naponu u metanu, tj. plinskom pojačanju, uz tlak plina od 160 torra. Rezultati su prikazani na sl.2, gdje se vidi da je rezolucija najbolja u području od oko 1600 V.

TABELA II

t(sec)	t_m(sec)	Rez.(%)
60	60	42.3
250	55	42.5
428	53	42.0
668	95	42.5
922	219	45.1
1211	154	46.3
1501	158	49.7
1803	164	52.0

t - vrijeme od trenutka zatvaranja dovoda
t_m - trajanje pojedinog mjerenja



Sl.2 - Ovisnost rezolucije o naponu na katodi u metanu kod 160 mm Hg za spektar Al-k_α .

6. Mjerenje spektra u metanu

Oblik spektra iz proporcionalnog brojača jednak je zbroju sekundarnih razdiobi (to su u stvari Γ-razdiobe) oblika:

$$P_n(E) = \frac{E^{n-1}}{w^n(n-1)!} \cdot \exp(-E/w) \qquad (5)$$

u omjerima diskretne razdiobe primarnog spektra čija je varijanca[4]:

$$V_p = F \cdot n \cdot w^2 \quad , \qquad (6)$$

gdje je F Fanov faktor (za metan F=0.22). Zbog relativno malenog Fanovog faktora primarna razdioba je mnogo uža od Poissonove, pa se ukupna razdioba dade dobro aproksimirati Γ-razdiobom sekundarnih elektrona. Izmjereni spektri su metodom najmanjih kvadrata prilagodjeni Γ-razdiobi oblika:

$$\Gamma(x) = A \cdot x^B \cdot \exp(-C \cdot x) \qquad (7)$$

Rezultati mjerenja dani su u tabeli III.

TABELA III

Izvor zračenja	E(eV)	Rez.(%)	k	χ^2	$\chi^2_{1-\alpha/2}$
Al-k_α	1494	40.9	143	255.2	171.6
C-k_α	288	70.1	135	135.9	162.8
^{7}Be	35.2	170	200	280.1	233.7
Jedn.elektroni	28.9	-	200	225.5	233.7

χ^2 test je napravljen uz kriterij da je područje signifikantnosti ($\chi^2_{1-\alpha/2}, +\infty$) za α =0.05 (tj. 5%). Vjerojatnosti za $P(\chi^2 \geq \chi^2_{1-\alpha/2})$ su računate prema formuli:

$$\chi^2 = \frac{1}{2} \cdot (u + \sqrt{2 \cdot k - 1}) \quad , \qquad (8)$$

gdje je k broj stupnjeva slobode, a u površina ispod jedinične normalne razdiobe.

Rezultati za jednostruke elektrone u području šuma su ekstrapolirani Γ-funkcijom oblika (7).

Iz relacije[3]:

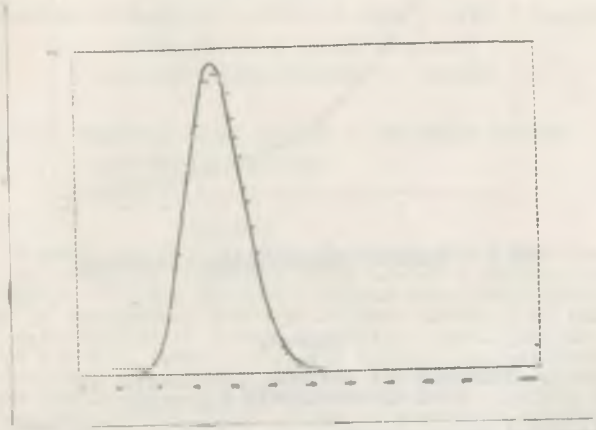
$$w = E \cdot \frac{P_{S.E.} \times G}{P \times G_{S.E.}} \quad , \qquad (9)$$

gdje je $G_{S.E.}$ pojačanje kod kojeg je mjeren spektar jednostrukih elektrona, a G pojačanje nekog drugog nezavisnog izvora energije E , dobivena je srednja energija utrošena

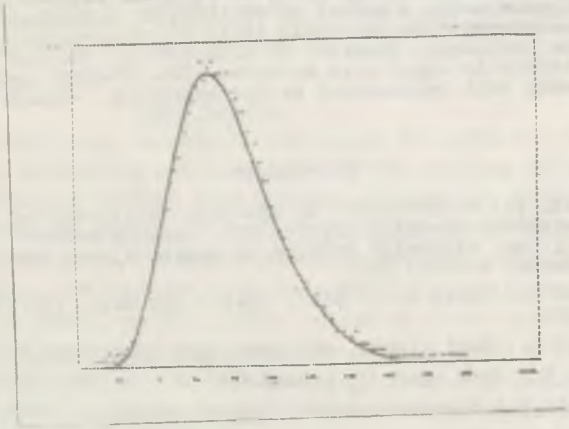
po paru iona u metanu:

$$w = 26.9 \pm 1.6 \text{ eV}$$

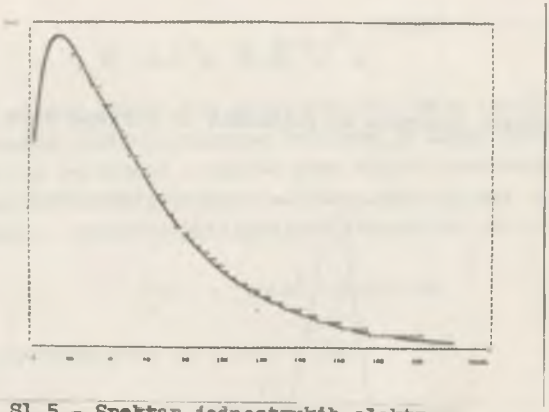
Rezultati mjerenja su prikazani na slikama 3, 4 i 5.



Sl.3 - Spektar linije Al-k_α (1494 eV) (puna crta označuje prilagodjenu Γ-krivulju).



Sl.4 - Spektar linije C-k_α (277 eV)



Sl.5 - Spektar jednostrukih elektrona.

Summary

PROPORTIONAL COUNTER SPECTROMETRY OF SOFT AND ULTRASOFT RADIATION

The described spectrometer consists of a proportional counter, the gas flow line, the electronics which consist of amplifiers and a multichannel analyzer with the print-out and paper-tape punch unit. A series of calibration measurements and measurements of ^{55}Fe and Al-k_α lines in argon-methane (10%) mixture were performed. Spectra of Al-k_α, C-k_α, ^{7}Be and single electrons in argon were measured. The measured spectra are reasonably well represented by corresponding Γ-functions.

Literatura

1. Obelić B.: Spektrometar za mjerenje ionizirajućeg zračenja energije ispod 2 keV; Zbornik radova VI Jug. simpozija Zaštita od ionizirajućeg zračenja, Ohrid, travanj 1972.
2. Srdoč D., Clark B.C.: Nucl. Instr. and Meth. 78 (1970) 305.
3. Srdoč D.: Nucl. instr. and Meth. 108 (1973) 327.
4. Fano U.: Phys. Rev. 70 (1940) 44.
5. Obelić B.: Magistarski rad, Zagreb, 1973.

VII. simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. listopada 1973.

Josip Planinić
Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Dušan Srdoč i Branko Breyer
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

VIŠEŽIČANI PROPORCIONALNI BROJAČ ZA MJERENJE NISKIH AKTIVNOSTI TRICIJA

Sadržaj

U svrhu mjerenja niskih aktivnosti tricija u vodi, izgrađen je višežičani proporcionalni brojač s ukupnim volumenom plina od 6 l. Oko središnje žičane anode brojača koncentrično je raspoređeno trideset žičanih katoda i na većem radijusu naizmjenično po petnaest katoda i anoda. Okolne anode spojene su u četiri grupe, a izlazni signali iz pojedinih grupa i od središnje anode vode se preko pretpojačala, pojačala, oblikovača impulsa do antikoincidentnog sklopa. Brojilo registrira samo one impulse, koji dolaze od središnje anode, a nisu koincidentni s impulsima iz okolnih brojačkih elemenata. Radni plin u brojaču je metan, sintetiziran iz vodika, koji se dobije iz uzorka vode za mjerenje, i inaktivnog ugljičnog dioksida. Tlak plina u brojaču iznosi 1,15 at, a radni napon 2100 V za središnji i 2400 V za okolne brojačke elemente. Posebno se razmatra efikasnost brojača, koja iznosi ukupno 37 %.

Opis brojača

Višežičani proporcionalni brojač izgrađen je od čelične cijevi unutarnjeg promjera (2r) 130 mm, duljine (l) 460 mm, te od katodnih i anodnih žica promjera 200 μm i 50 μm odnosno 20 μm (središnja anoda). Na krajevima cijevi nalaze se po dvije čelične ploče, od kojih unutarnje služe kao nosači elektrodnih žica, dok vanjske ploče hermetički zatvaraju brojač. Također, na jednoj vanjskoj ploči nalazi se otvor za punjenje brojača, dok kroz drugu vanjsku ploču prolaze anode s izolatorom do priključaka na elektronički dio uređaja. Na polovici metalne cijevi nalazi se prozor promjera 3 mm za mjerenje rezolucije brojačkog plina sa standardnim izvorom monokromatskog zračenja. Glavnom osi cijevi prolazi središnja anoda oko koje

je koncentrično poredano trideset katoda na radijusu (r_1) od 42,5 mm i po petnaest naizmjenično postavljenih anoda i katoda na radijusu od 53, 75 mm (sl.1.).

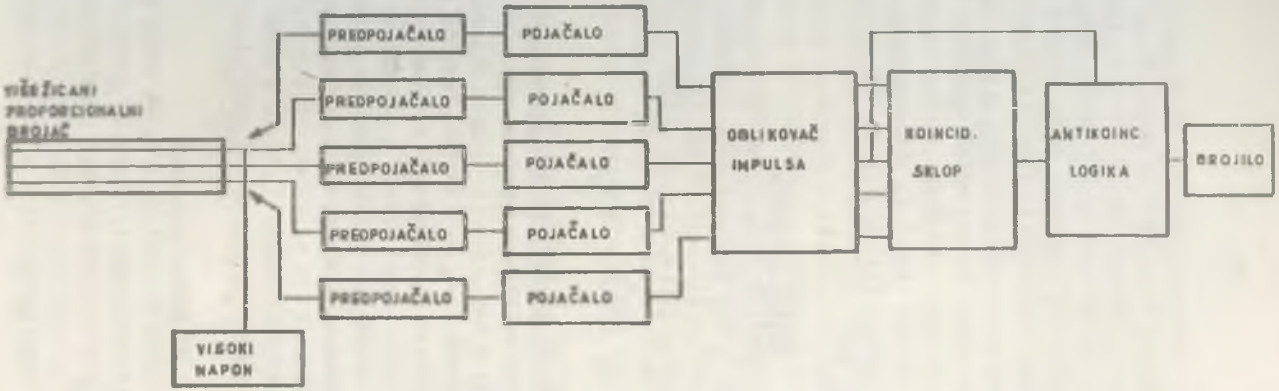
Sl.1. - Raspored žičanih anoda i katoda u brojaču.

Krajevi središnje anode omotani su izolatorom duljine (d) 25 mm, vanjskog promjera 12 mm, radi korekcije rubnog efekta (engl. - end effect). Isto tako, okolne anode imaju na krajevima prstenaste izolatore duljine 10 mm, promjera 12 mm.

Djelomična zaštita brojača od kozmičkog i okolnog zračenja izvedena je pomoću sloja olova debljine 10 cm izlivenog u obliku cijevi unutar koje je smješten brojač.

Elektronički dio brojačkog uređaja

Elektronički dio brojačkog uređaja spojen je prema elektroničkoj blok shemi (sl.2.). Izlazi iz petnaest okolnih anoda spojeni su u četiri grupe po četiri odnosno tri susjedne anode, a izlaz svake grupe, kao i izlaz od središnje anode, vode se na pet jednakih pretpojačala. Signal iz proporcionalnog brojača povećan je prvo u pretpojačalu, koje s tranzistorom efekta polja (FET) ima mali šum, a zatim u nepreuzbudivom linearnom pojačalu. Nakon pojačanja signali poprimaju pravokutni oblik u oblikovaču impulsa, koji sadrži Schmittov sklop i univibrator. Schmittovim sklopom određen je donji prag ulaznih



ELEKTRONIČKA BLOK SHEMA
BROJAČKOG UREĐAJA

imaju graničnu efikasnost , te npr. ^{14}C u VPB ($\bar{E}$ = 52 keV, $\bar{R}$= 6,7 mm) ima efikasnost e_g= 92, 7%.

Efikasnost brojanja (e_d) s obzirom na visinu praga diskriminacije zavisi o energiji praga E_p, a jednaka je omjeru broja emitiranih čestica s energijom većom od E_p (N_p) i broja svih beta čestica. Prema Fermiovoj teoriji beta raspada broj emitiranih čestica u jedinici vremena N(E)dE s energijama od E do E+dE iznosi:

$$N(E)\,dE = F(E,Z)\cdot E\cdot(E^2-1)^{1/2}\cdot(E_0-E)^2\,dE$$

Coulombov faktor F(E,Z) za lake jezgre iznosi približno 1, dok E_0 ima značenje maksimalne energije raspada uključivo i energiju mirovanja elektrona m_0c^2, koja predstavlja ujedno jedinicu energije u danoj relaciji. Broj emitiranih čestica s energijama u području od energije mirovanja E_m (nulta kinetička energija) do E_p iznosi:

$$N_m = \int_{E_m}^{E_p} E\,(E^2-1)^{1/2}\cdot(E_0-E)^2\,dE \qquad (5)$$

Uzme li se u obzir da je E_m= 1 jedinica (m_0c^2) gornji određeni integral daje:

$$N_m = (E_p^2-1)^{1/2}\cdot\left(\frac{E_p^2}{3}+\frac{E_0E_p}{2}+\frac{E_0}{4E_p}+\frac{E_p^2}{5}+\frac{2}{15}\right)$$

Slično se dobije za ukupan broj čestica ako se u integral stave granice E_m i E_0 :

$$N = (E_0^2-1)^{3/2}\cdot\left(\frac{31}{30}E_0^2+\frac{23}{60}\right)$$

Budući da je N_p= N - N_m, diskriminatorska efikasnost iznosi:

$$e_d = \frac{N_p}{N}$$

$$e_d = 1 - \frac{(E_p^2-1)\left(\frac{E_p^2}{3} + \frac{E_0 E_p}{2} + \frac{E_0}{4E_p} + \frac{E_0^2}{3} + \frac{1}{15}\right)}{(E_0^2-1)\left(\frac{31}{30}E_0^2 + \frac{23}{60}\right)} \qquad (6)$$

Za tricij u VPB (E_0= 18 keV, E_p= 2 keV) relacija (6) daje vrijednost e_d= 98,6 %.

Konačno, ukupna efikasnost VPB prema relaciji (1) iznosi e = 37,1 %.

Zaključak

Napravljen je višežičani proporcionalni brojač sa središnjim i prstenastim brojačem u antikoincidenciji, između kojih nema cilindrične metalne katode, što znatno smanjuje osnovno zračenje brojača. Mnoštvo žičanih elektroda, međutim, povećava složenost izvedbe, koja je ipak prihvatljiva za niskoenergetske beta čestice s velikom graničnom efikasnošću. U danoj izvedbi volumna efikasnost ima malu vrijednost, što se može znatno poboljšati manjom izmjenom u antikoincidentnoj logici, tako da i okolni brojački elementi postanu aktivni dio brojača. Znatne poteškoće u radu brojača pričinjaju elektroniške smetnje, koje se otklanjaju dobrim uzemljenjima i pažljivim rasporedom elemenata. Mjerenja osnovnog zračenja, inaktivnog uzorka, i aktivnosti tricija u riječnoj vodi su u toku.

Summary

A multiwire proportional counter was built for counting of low level tritium containing samples. The counter consists of the central counter and the ring anticoincidence counter which has 15 anode wires. The counting gas for both counters is methane, synthetyzed from the sample hydrogen and inactive CO_2. The working voltage is 2100 V for the central counter and 2400 V for ring counters at a gas presure of 1,15at. The sensitive volume of the counter is 2,3 litars and the counting efficiency is 37 %. The measurements of background and low activity samples are in course.

Literatura

1. D. E. Watt and D. Ramsden, High Sensitivity Counting Techniques, Pergamon Press, Oxford, 1964.
2. A. Moljk, R. W. P. Drever and S. C. Curran, Proc. Roy. Soc. A 239(1957)433.
3. S. Charlambus and K. Goebel, Nucl. Instr. 25(1963)109.
4. P. Povinec, Nucl. Instr. and Meth. 101(1972)3.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

M. Prokić
Institut "Boris Kidrič"- Vinča

ODREDJIVANJE KONCENTRACIJA U- 238 I Th-232 U PRIRODNIM MATERIJALIMA MERENJEM ALFA AKTIVNOSTI UZORKA

Rezime

U ovom radu izneta je metoda odredjivanja koncentracija U-238 i Th-232, merenjem alfa aktivnosti debelog uzorka i odnosa aktivnosti Th/U. Poznavanjem hemijskog sastava, odnosno atomskog broja ispitivanog materijala i efektivnog dometa za oba radioaktivna niza, odredjena je specifična alfa aktivnost uzorka.

Simultanim merenjem svakog impulsa sa dva skalera u različitim režimima rada, eksperimentalno je odredjen broj "parova" impulsa pomoću koga je obračunat odnos aktivnosti Th/U.

Odredjivanje koncentracije U i Th izvršeno je za osam tipova materijala širokog raspona koncentracija.

Uvod

Poznavanje vrednosti koncentracija U-238 i Th-232 u materijalima različitog porekla i sastava je od bitnog značaja u odredjivanju ukupne ozračenosti kao i toksičnog dejstva ovih radionuklida na čovečji organizam.

Poznate tehnike odredjivanja koncentracija U i Th pomoću aktivacione analize i fluorometrijske metode odredj vanja koncentracije U, su dugotrajne i relativno složene operacije. Posebno, odredjivanje koncentracije Th do danas nije rešeno na zadovoljavajući način[1]. Najčešće primenjivani hemijski postupci za izdvajanje torijuma uslovljavaju greške usled kontaminacije uzoraka sa različitim primesama.

U ovom radu, odredjivanje koncentracije U i Th izvršeno je merenjem alfa aktivnosti debelog uzorka i odnosa aktivnosti Th/U, po metodama R.C.Turner-a[2] i M.S.Tite-a[3]; tehnika merenja je relativno jednostavna i ne zahteva hemijsku obradu uzoraka.

Odredjivanje koncentracija U i Th izvršeno je za različite materijale širokog raspona koncentracija.

1. Metoda odredjivanja koncentracija U-238 i Th-232

Odredjivanje koncentracija U-238 i Th-232 svodi se na dva osnovna merenja:

- merenje alfa aktivnosti debelog uzorka, i
- merenje odnosa aktivnosti torijuma i urana (Th/U).

1.1 Merenje alfa aktivnosti

Alfa aktivnost ispitivanih materijala merena je metodom debelog uzorka pomoću ZnS scintilatora. Prah ZnS je homogeno nanesen na lepljivu površinu selotejp trake u sloju od oko 5 mg/cm^2. Selotejp je zalepljen na prsten od pleksi-stakla, sa unutrašnjim dijametrom 4,4 cm, visine 0,3 cm i debljine 0,5 cm. Isušen i sprašen uzorak je nanesen na oformljenu podlogu i dopunjen do gornje ivice pleksi-prstena. Na ovaj način, ostvaren je direktan kontakt izmedju detektora i izvora zračenja, pri čemu je debljina uzorka veća od dometa alfa čestica najviših energija. Iz ovakvog izvora, detektuje se 1/4 od totalnog broja dezintegracija. Praktično, oko 0,2 g materijala uniformno nanesenog , doprinosi odbroju, dok tačna masa materijala zavisi od dometa pojedinih alfa čestica.Totalni broj alfa čestica emitovanih sa jedinične površine izvora debljine d, dat je izrazom

$$N_A = \frac{N}{2}\int_{h=0}^{h=d} \frac{(R-h)}{R}\,dh = \frac{Nd}{2}\left(1-\frac{d}{2R}\right) . \qquad (1)$$

Ako je d veće od dometa R alfa čestica u aktivnom materijalu, a No broj scintilacija sa površine A u jedinici vremena, tada je No = = NRA/4, uz uslov da je A mnogo veće od R^2. Kako je u izrazu za specifičnu aktivnost,

$$S = \frac{No}{R\rho} \times 3{,}008 \times 10^{-14}\ \mathrm{Ci/g} \qquad (2)$$

$R\rho$ konstanta, odbroj je teorijski nezavistan od gustine materijala. Medjutim, domet alfa čestica je funkcija atomskog broja Z i gustine materijala, $R\rho = 3{,}2 \times 10^{-4} \times RoZ^{2/3}$ cm, gde je Ro domet čestica u atandardnom vazduhu. Tražena specifična aktivnost data je jednačinom

$$S = \frac{No}{RoAZ^{2/3}} \times 9{,}4 \times 10^{-11}\ \mathrm{Ci/g} \qquad (3)$$

gde je:

No - izmeren broj impulsa za jedan čas, korigovan na osnovnu aktivnost,

Ro - domet alfa čestica (cm) u vazduhu,

Z - atomski broj aktivnog materijala.

Kada je uranov niz u ravnoteži sa svojim produktima raspada, od U-238 do RaG, efektivni domet u nekom materijalu iznosi $R = 12,5 \times Z^{2/3} / \rho$ /um, dok za torijumov niz u ravnoteži sa produktima raspada od Th-232 do ThD, iznosi $R = 15,2 \times Z^{2/3} / \rho$ /um.

Deo ukupnog odbroja variraće od uzorka do uzorka usled varijacija u dometu alfa čestica. Medjutim, ako su poznate vrednosti efektivnog dometa alfa čestica, odnosno poznavanjem hemijskog sastava materijala i obračunom $Z^{2/3}$, kao i odredjivanjem odnosa aktivnosti Th/U, moguće je apsolutno odredjivanje koncentracija U i Th u različitim materijalima.

U slučaju nešto grublje procene alfa aktivnosti, za prirodne materijale koji sadrže približno jednake delove (proporcije) članova uranovog i torijumovog niza, može se uzeti da je Ro=4,27cm. Za materijale koji sadrže različite proporcije U i Th nizova, ova vrednost za Ro unosi grešku manju od 10%. Takodje, u slučaju kada je Z nedovoljno tačno poznat, (vrednosti se kreću na pr. izmedju 10 i 12) pošto je domet proporcionalan $Z^{2/3}$, greška u tačnom odredjivanju dometa Ro biće manja od 5%.

1.2 Merenje odnosa aktivnosti torijuma i urana

Pri merenju alfa aktivnosti materijala koji sadrži torijum i njegove potomke, primećena je pojava uzastopnih, duplih scintilacija, posebno pri niskim brzinama brojanja od 10 ÷ 100 imp/h. Ovi parovi impulsa potiču od specifičnog raspada torijumovog niza koji sadrži dva uzastopna alfa raspada sa srednjim vremenom od 0,20 sec izmedju emitovanja svakog alfa raspada,

$$^{220}Tn \xrightarrow[54,5sec]{\alpha} {}^{216}ThA \xrightarrow[0,14sec]{\alpha} {}^{212}ThB$$

Broj parova koji je emitovan je direktna mera brzine dezintagracije toronovih atoma u ispitivanom uzorku. Ako je torijumov niz u ravnoteži sa svojim produktima raspada, broj registrovanih parova je mera brzine dezintegracije atoma Th-232. Broj registrovanih pa-

rova na 1000 totalno registrovanih impulsa jeste funkcija odnosa aktivnosti torijuma prema aktivnosti urana. Na slici br. 1 predstavljen je teorijski ili"pravi " broj parova na 1000 impulsa kao funkcija odnosa aktivnosti Th/U.

Za eksperimentalno odredjivanje odnosa Th/U, konstruisan je poseban sistem aparature, sa dva skalera u različitim režimima rada koji omogućava diraktno merenje broja parova (slika br. 2).

Simultanim merenjem svakog impulsa koji stiže sa predpojačavača na :

- skaler, koji preko monostabilnog multivibratora broji posebno one impulse koji dolaze na njegov ulaz u toku vremenskog intervala većeg od 0,25 sec,

- konvencionalni skaler koji daje totalni broj impulsa.

Ako par impulsa dodje na ulaz monostabilnog multivibratora u vremenskom intervalu manjem ili jednakom 0,25 sec, biće registrovani kao 1 impuls, a kao dva odvojena impulsa na konvencionalnom skaleru. Iz razlike broja impulsa registrovanih sa ova dva skalera, dobija se traženi broj parova za odgovarajuci broj impulsa registrovan na konvencionalnom skaleru. Dobijena vrednost se koriguje za 29% parova koji nisu registrovani (to su oni parovi koji nisu bili registrovani na prvom skaleru jer su imali vremenski interval veći od 0,25 sec), kao i na "lažne" impulse koji potiču od slučejne koincidencije sa impulsima od alfa emisije nekog drugog člana niza.

Tačnost odredjivanja Th/U odnosa za svaki uzorak zavisi od učest osti broja parova. Na primer, smeša koja se sastoji od ekvivalentnih aktivnosti Th-232 i U-238, u ravnoteži sa svojim produktima raspada, stvoriće 23,8 "pravih" parova na 1000 impulsa. Za uzorke sa prosečnim koncentracijama urana oko 3 ppm i sa oko 12 ppm torijuma, odnos aktivnosti Th/U iznosiše oko 1,5 sa tačnošću od 10%, ako se merenje vrši u toku 43 časa sa fotomultiplikatorom od 12,7 cm.

Uz pretpostavku da su oba niza u ravnoteži sa svojim produktima raspada, što,znači da U-238 ima osam alfa transformacija, dok Th-232 ima šest alfa transformacija, i vrednosti izmerenih aktivnosti na jednoj, i odnosa aktivnosti Th/U za odredjen broj parova na drugoj strani, čine sistem od dve jednačine sa dve nepoz-

nate. Njihovim rešavanjem, dobijaju se vrednosti aktivnosti urana i torijuma. Broj atoma, odnosno mase odgovarajućih radionuklida po gramu ispitivanog materijala, koncentracija, dobijena je iz jednostavnih i dobro poznatih relacija izmedju aktivnosti i broja atoma, kao i relacije izmedju broja atoma i mase radionuklida.

2. Rezultati i diskusija

Odredjivanje koncentracija U-238 i Th-232 izvršeno je za osam tipova materijala sa širokim rasponom koncentracija: za dva tipa zemljišta, ciglu. dva tipa pepela kamenog uglja, dva tipa šljake i za sirovinu za proizvodnju veštačkog djubriva. Dobijene vrednosti koncentracija za ispitivane materijale, date su u tabeli br. 1.

TAB.br.1

Rezultati merenja koncentracija U-238 i Th-232 u različitim tipovima materijala

Tip materijala	Alfa aktivnost(Ci/g)	Odnos aktivnosti Th/U	U (ppm)	Th (ppm)
zemljište1	$1,78x10^{-11}$	1,75	2,88	15,20
zemljište2	$5,60x10^{-12}$	1,25	1,08	4,10
cigla	$1,59x10^{-11}$	1,25	3,05	11,60
pepeo 1	$3,70x10^{-11}$	0,32	11,18	10,82
pepeo 2	$4,15x10^{-11}$	0,44	9,57	12,92
šljaka 1	$2,18x10^{-11}$	0,53	5,82	9,33
šljaka 2	$1,14x10^{-9}$	0,064	409,00	79,30
sirovina za v. djubrivo	$2,50x10^{-10}$	0,16	83,75	40,60

Specifičan slučaj predstavlja uzorak šljake 2 [redacted] i sirovine za proizvodnju veštačkog djubriva, sa izuzetno visokim sadržajem urana. Pri odredjivanju broja parova, da bi se umanjio uticaj "lažnih" impulsa slučajne koincidencije, svim uzorcima čiji je odbroj prelazio 100 imp/h odbroj je redukovan smanjivanjem

površine uzorka.

Opisana metoda odredjivanja koncentracija U-238 i Th-232 očigledno, zahteva relativno jednostavnu i lako dostupnu instrumentaciju, ne uslovljava hemijsku obradu uzoraka kao ni poteškoće oko izrade tankih uzoraka.

Primenjivost ove metode je veoma široka, kako na biološke, humane i ostale materijale, tako i za merenje tečnih i gasovitih uzoraka(2). Porad odredjivanja koncentracija U-238 i Th-232, u specijalnim slučajevima humanog materijala, može se odrediti i koncentracija Ra-226 i Rad Th-228, a obzirom da osetljivost metode omogućava merenje alfa aktivnosti od oko 4 x 10^{-14}Ci/g sa tačnošću od ± 15%.

Rasume

DETERMINATION OF U-238 AND Th-232 IN NATURAL MATERIALS BY MEASUREMENT OF ALPHA ACTIVITIES

The purpose of this paper is to present the method for absolute determination of concetrations of U-238 and Th-232 by measurement of alpha ray activity of the thick sample and the ratio of activities Th/U. If the chemical composition, namely atomic number of the substance as well as the mean ranges for the both radioactive chains are known, it is possible to evaluate the specific activities of the samples.

By the simple procedure each pulse are simultaneously fed to two scaler-timer units with different manner of pulse-recording. It gives one a measure of the number of pairs, and hence the ratio of the Th/U activities.

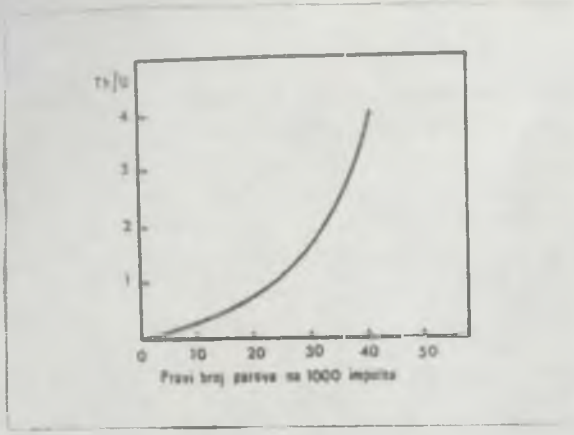
Determination of the U and Th concentrations were performed for eight types of substances with wide range of values.

Bibliografija

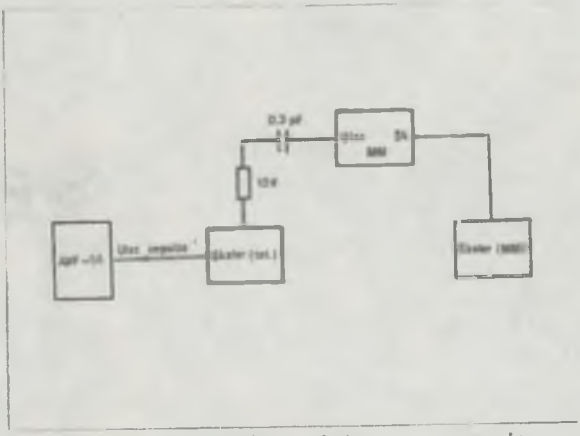
1. Picer M. i Strohal P., III Simpoz. Jug . društva za zašt. od zračenja, Banja Luka, st. 321, 1967

2. Turner R.C. et al.,Brit,Journ. Radiol.,Vol.XXXI,N°368,p397,1958

3. Tite M. S. and Waine J., Archaeometry, Vol.5,p 53,1962.



Slika br. 1 - Odnos aktivnosti Th/U u funkciji "pravog " broja parova na 1000 totalno registrovanih impulsa



Slika br. 2 - Blok šema sistema za merenje broja parova

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

M. Prokić
Institut "Boris Kidrič"- Vinča

ODREDJIVANJE KONCENTRACIJA U- 238 I Th-232 U PRIRODNIM MATERIJALIMA MERENJEM ALFA AKTIVNOSTI UZORKA

Rezime

U ovom radu izneta je metoda odredjivanja koncentracija U-238 i Th-232, merenjem alfa aktivnosti debelog uzorka i odnosa aktivnosti Th/U. Poznavanjem hemijskog sastava, odnosno atomskog broja ispitivanog materijala i efektivnog dometa za oba radioaktivna niza, odredjena je specifična alfa aktivnost uzorka.

Simultanim merenjem svakog impulsa sa dva skalera u različitim režimima rada, eksperimentalno je odredjen broj "parova" impulsa pomoću koga je obračunat odnos aktivnosti Th/U.

Odredjivanje koncentracije U i Th izvršeno je za osam tipova materijala širokog raspona koncentracija.

Uvod

Poznavanje vrednosti koncentracija U-238 i Th-232 u materijalima različitog porekla i sastava je od bitnog značaja u odredjivanju ukupne ozračenosti kao i toksičnog dejstva ovih radionuklida na čovečji organizam.

Poznate tehnike odredjivanja koncentracija U i Th pomoću aktivacione analize i fluorometrijske metode odredjivanja koncentracije U, su dugotrajne i relativno složene operacije. Posebno, odredjivanje koncentracije Th do danas nije rešeno na zadovoljavajući način[1]. Najčešće primenjivani hemijski postupci za izdvajanje torijuma uslovljavaju greške usled kontaminacije uzoraka sa različitim primesama.

U ovom radu, odredjivanje koncentracije U i Th izvršeno je merenjem alfa aktivnosti debelog uzorka i odnosa aktivnosti Th/U, po metodama R.C.Turner-a[2] i M.S.Tite-a[3]; tehnika merenja je relativno jednostavna i ne zahteva hemijsku obradu uzoraka.

U radu je takodje iznet postupak za indirektno odredjivanje jačine gama doze na jedan metar (1m) udaljenosti od ispitivane površine. Poznavanjem vrednosti jačine doze od gama zračenja u nekom materijalu odredjene debljine i faktora redukcije gama doze na 1m udaljenosti, dobija se jačina doze gama zračenja na 1m od ispitivane površine.

Dobijene vrednosti godišnjih doza od alfa, beta i gama zračenja, uporedjene su sa vrednostima dobijenim posredno preko koncentracija U-238 , Th-232 i K u uzorcima ispitivanog materijala. Vrednosti jačina doza od gama zračenja na 1m od površine ispitivanih materijala, uporedjene su sa vrednostima koje su dobijene direktnim merenjem jačine gama doze sa prenosnim instrumentom.

1. Obračun ukupne jačine doze zračenja

Totalna doza zračenja apsorbovana po gramu prirodnog materijala, uglavnom potiče od alfa, beta i gama zračenja uranovog i torijumovog niza, od beta i gama zračenja radioaktivnog izotopa K-40, kao i od kosmičkog zračenja.

1.1 Jačina doza od alfa, beta i gama zračenja uranovog i torijumovog niza

Obračun jačine doze od alfa zračenja (rad/t) unutar nekog materijala može se izvesti pod uslovom da je specifična aktivnost radionuklida koji emituju alfa zračenje unutar neke zapremine, konstantna.[1] Ako se sa E (MeV) označi energija alfa čestica, sa S (Ci/g) specifična alfa aktivnost supstance, tada je jačina doze data izrazom

$$D_{alfa} = 1,608 \times 10^{-8} \times S \times E \qquad rad/t \qquad (1)$$

U našem slučaju, specifična aktivnost se može napisati u obliku $S = KxN/Z^{2/3}$, gde je K efikasnost detekcije za debeo uzorak materijala poznatog atomskog broja, dok N predstavlja broj detektovanih alfa čestica (imp/h) koji je za debeo uzorak izmeren po metodi Turner -a[2] sa ZnS scintilatorom (videti drugi rad istog autora u zborniku). Za prirodne materijale koji sadrže približno jednake proporcije članova uranovog i torijumovog niza, može se uzeti da je domet alfa čestica u vazduhu Ro= 4,27 cm. Za materijale koji sadrže različite proporcije U i Th niza, ova vrednost za Ro unosi grešku manju od 10%.

Račun je izveden uz predpostavku da su oba radioaktivna niza u stanju ravnoteže, odnosno da jedan Th-232 atom prati šest alfa transformacija, a da jedan U-238 atom prati osam alfa transformacija. Uz aproksimaciju da su oba niza u svom raspadu praćena sa isto tolikim brojem beta, odnosno gama emisija, dobija se izraz koji daje totalnu dozu od alfa, beta i gama zračenja uranovog i torijumovog niza, po gramu materijala

$$D_{U+Th} = \frac{6,978 \times 10^{-3}}{Z^{2/3}} \times N \, (E_{\alpha} + E_{\beta} + E_{\gamma}) \qquad (2)$$

gde su:

N - broj alfa čestica registrovanih za 1000 sec,

$E_{\alpha}, E_{\beta}, E_{\gamma}$ - odgovarajuće energije zračenja pri dezintegraciji članova uranovog i torijumovog niza; vrednosti energija su date u tabeli br. 1.[3]

TAB. br. 1

Vrednosti energija (MeV) zračenja koje prate dezintegraciju članova uranovog i torijumovog niza

	E_{alfa}	E_{beta}	E_{gama}
U-238 niz	42,84	2,06	1,84
Th-232 niz	35,93	1,13	2,70
U-238 + Th-232	78,77	3,19	4,54

U svom radu koji se odnosi na odredjivanje godišnje doze apsorbovane u keramičkom materijalu, i koji je poslužio kao osnova ovom radu, Tite[3] je uveo aproksimaciju da alfa aktivnost potiče isključivo od uranovog niza, što unosi odredjenu grešku u proceni doze. Ova aproksimacija prema našim ispitivanjima, moguća je jedino u slučaju kada je odnos aktivnosti torijuma i urana $A_{Th}/A_U < 0,329$, ili pri odnosu koncentracija $m_{Th}/m_U < 1$. Metoda merenja odnosa aktivnosti kao i odredjivanje koncentracija, izneta je u prethodnom članku. U specijalnom slučaju, kada je $A_{Th}/A_U < 0,329$, srednji domet alfa čestica za kompletan uranov niz je niži nego za različite proporcije uranovog i torijumovog niza pri $A_{Th}/A_U > 0,329$; kako uranov niz ima osam alfa transformacija, to će i efikasnost detekcije K, imati dru-

gu vrednost. Na ovaj način je dobijen izraz za totalnu dozu zračenja koja potiče isključivo od uranovog niza,

$$D_U = \frac{13.333 \times 10^{-3}}{z^{2/3}} \times N \, (E_\alpha + E_\beta + E_\gamma) \qquad (3)$$

gde su:

E_α, E_β, E_γ - odgovarajuće vrednosti energija zračenja koje prate dezintegraciju samo uranovog niza.

U slučaju malih jačina doza, do nekoliko stotina mrad/god, aproksimacija koju je uveo Tite je prihvatljiva jer uslovljava grešku do 6%. Medjutim, u radijacionim poljima gde su jačine doza više od nekoliko stotina mrad/god., naophodno je uzeti u obzir uslove iznete u ovom radu. U suprotnom, odstupanje od tačne vrednosti može da iznosi više od 30%.

1.2 Odredjivanje jačine doza od beta i gama zračenja K-40

Odredjivanje koncentracije kalijuma u uzorku ispitivanog materijala, izvršeno je hemijskom metodom plamene fotometrije.

Prema podacima Aitken -a[4], godišnja doza (rad/god) od beta zračenja K-40 po gramu materijala, čija je koncentracija p_K(%) poznata, iznosi 0,086 x p_K , dok je godišnja doza od gama zračenja K-40 jednaka proizvodu 0,026 x p_K.

Jednačina koja daje totalnu godišnju dozu zračenja apsorbovanu po gramu materijala atomskog broja Z, data je izrazom:

$$D_{tot.} = \frac{f}{z^{2/3}} \times 10^{-3} \times N \, (E_\alpha + E_\beta + E_\gamma) + 0{,}086 p_K + 0{,}026 p_K + D_{kos.} \qquad (4)$$

a) f = 6, 978 za $A_{Th}/A_U > 0{,}329$; ($E_\alpha + E_\beta + E_\gamma$) predstavlja zbirne vrednosti odgovarajućih energija za uranov i torijumov niz,

b) f = 13,333 za $A_{Th}/A_U < 0{,}329$; za vrednosti energija koje potiču samo od raspada članova uranovog niza.

Opisana metoda odredjivanja jačine doza zahteva korekciju rezultata na sadržaj vode u uzorku. Naime, prirodna količina vode u nekoj supstanci apsorbuje deo jonizujućeg zračenja. Veličina na ovaj način redukovane doze, približno je proporcionalna težinskom procentu vlage u ispitivanom materijalu. Merenjem otvorenog uzorka, simuliraju se uslovi prirodne emanacije radona. Medjutim, u laboratorijskim uslovima, emanacija će biti viša od prave vrednosti te će prema literaturnim podacima vrednosti doza biti odredjene sa

greškom od oko 10%.

2. Jačina doze gama zračenja na 1m od ispitivane površine

Pošto se jačina gama doze, prema usvojenim standardima, meri na 1m udaljenosti od površine ispitivanog materijala, odredjena je zavisnost izmedju doze u nekom materijalu poznate gustine, i jačine doze na 1m od površine tog materijala.

Poznavanjem vrednosti jačine doza od gama zračenja u materijalu, po iznetoj metodi, i faktora redukcije gama doze na 1m udaljenosti od površine, dobija se jačina doze gama zračenja na 1m od površine ispitivanog materijala.

2.1 Faktor redukcije

Faktor redukcije izračunat je na osnovu merenja godišnjih doza pomoću TL dozimetara koje je izvršio Mejdahl[5], i na osnovu proračuna Fleming-a[6] koji se odnosi na veličinu uticaja gama doze iz materijala tla različite dubine, na dozu u posmatranoj tački. Dugotrajnim merenjima sa velikim brojem TL dozimetara (u toku 1 godine) eliminisan je uticaj grešaka usled varijacije vlage u tlu i stepena emanacije radona. Na osnovu ovih rezultata, u ovom radu je izvršen obračun odnosa vrednosti doza na različitim dubinama, i doza na 1m iznad mesta merenja. Dobijeni faktor redukcije izražen je u funkciji odgovarajućih dubina tla (dijagram br. 1). Pri obračunu, od vrednosti doza na 1m visine i na različitim dubinama, odbijen je odgovarajući doprinos od kosmičkog zračenja, prema podacima Aitken-a[7] za tu geografsku širinu i nadmorsku visinu.

Sa dijagrama se vidi da posle dubine od oko 30 cm, odnos doza postaje približno konstantan i slaže se sa proračunom Fleming-a da 95% gama doze potiče iz tla unutar sfere radijusa 30 cm. To znači da je doza na 1m iznad tla sa poznatom jačinom gama doze u materijalu, jednaka

$$D_{1m} = \left(\frac{f}{2/3} \times 10^{-3} \, n_{\alpha} E_{\gamma} + 0{,}026 \, p_K \right) z_{2,3}^{1} + D_{kos} \quad \text{(rad/god)}$$

Ako se dobijeni rezultat za faktor redukcije primeni na merenje doza od prirodnog zračenja na 1m iznad naslaga različitih materijala, kao što je u ovom radu učinjeno, tada će gornji izraz važiti za materijale čije gustine odstupaju ± 20% od gustine zemljišta.

Rezultati i diskusija

Odredjivanje godišnje doze zračenja izvršeno je za različite materijale; za zemljište, cigle, pepeo kamenog uglja, dva tipa šljake i sirovinu za proizvodnju vještačkog djubriva. Rezultati su dati u tabeli br. 2. Vrednosti doza koje su dobijene na osnovu iznete metode, uporedjene su sa vrednostima dobijenim preko poznatih koncentracija U-238, Th-232 i K (iznetih u prethodnom radu u ovom zborniku)i podataka Aitken -a[4] za godišnje doze koje primi 1 g materijala odredjenog Z, od 1 ppm Ui Th , i od 1% K. Vrednosti za jačinu gama doze na 1m iznad površine, uporedjene su još i sa vrednostima koje su dobijene u direktnim merenjima sa prenosnim instrumentom (Scintilacioni Ratemeter).

TAB. br. 2

Vrednosti godišnjih doza (rad/god) od alfa, beta i gama zračenja za različite materijale

tip materijala	N (imp/1000s)	ρ_z (%)	D_{alfa}	D_{beta}	D_{gama}	D_{1m}	D_{SR} /µR/h/
zemljište	15,85	2,20	1,76 1,91	0,26 0,26	0,18 0,19	0,098(12,8µR/h)+ 0,101(13,2 -"-)++	11,6
cigla	14,70	2,20	1,68 1.70	0,26 0.25	0,17 0.17	0,096(12,6µR/h) 0.096(12.6µR/h)	14,0
pepeo	36,10	2,70	4,10 3,98	0,43 0.40	0,27 0,29	0,136(17,8µR/h) 0.143(18,7µR/h)	19,6
šljaka 1	21,10	1,25	2,26 2,33	0,20 0,20	0,18 0.17	0,100(13,1µR/h) 0.095(12,4µR/h)	12,0
šljaka 2	1138,00	1,62	125,00 123.00	9,78 5.63	5,41 5,36	2,356(308µR/h) 2.338(306µR/h)	270,0
sirovina v. djub.	242,00	2,70	27,47 26.83	1,55 1,41	1,27 1,31	0,566(74µR/h) 0.582(76µR/h)	-

+ obračun doza izvršen po metodi iznetoj u ovom radu

++ obračun doza izvršen preko poznatih koncentracija prirodnih radionuklida

Da bi rezultati bili reprezentativni, potrebno je izvršiti merenja na dovoljnom broju uzoraka, zavisno od stepena homogenosti ispitivanog materijala. Prema podacima nekoliko autora[6,7], odstupanje vrednosti jačina doza od alfa, beta i gama zračenja u materijalu, odredjenih opisanom metodom, od vrednosti dobijenih pomoću TL dozimetara, iznosi oko 10%.

Pogodnost iznete metode merenja jačine doza ogleda se u:

- mogućnosti da se jednovremeno dobiju podaci o dozama od alfa, beta i gama zračenja ispitivanog materijala,

- praćenju promena jačine doza i doznih polja pri kontinualnoj kontroli velikih depozita materijala sa povećanim koncentracijama radionuklida.

- nezavisnosti izložene, od drugih metoda merenja jačine doza od alfa, beta i gama zračenja.

Resume

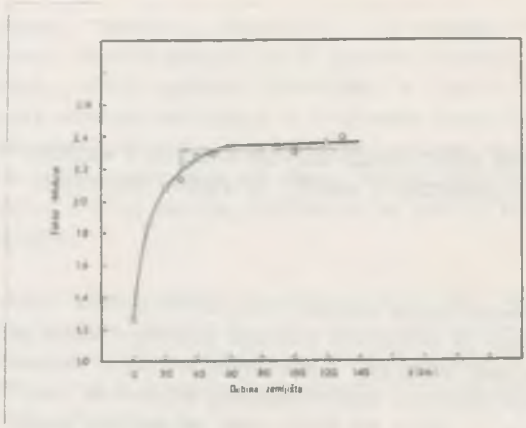
DETERMINATION OF ALPHA, BETA AND GAMMA DOSE-RATES OF SOME MATERIALS

This paper presents the method for the simultaneous estimation of the dose-rates from alpha, beta and gamma radiation for the materials with the different concentrations of natural radionuclides, only by alpha-counting of the sample and the known potassium content in it. Also, it presents an indirect method for estimation gamma dose rate above the site, by knowing the gamma dose rate inside of the material and the related reduction factor.

The presently employed technique for estimating the dose rates for seven type of materials are compared with the dose rate values obtained by the known content of the radionuclides. In addition, resently obtained values for the gamma doses at one meter above the site, are compared with the results of direct measurements using portable gamma Dose Ratemeter.

Bibliografija

1. Aglincev K.K., Dozimetrija ionizirujuščih izlučenii, str.365, 1957god., Moskva
2. Turner J.C. et al., Brit. Journ. Radiol., Vol.XXXI, No368, 1958
3. Tite M.S. et al., Archaeometry, 170,5,1966
4. Aitken M.J., Report Prog. Phys.,33,941, 1970
5. Mejdahl V., Archaeometry,12,147,1970
6. Fleming S.J. D.Phil. Thesis, Oxford Univ.,224,1969
7. Aitken M.J., Archaeometry,11,109,1969



Dijagram br. 1 - Faktor redukcije - odnos(D_{dub}/D_{1m}) vrednosti gama doza na različitim dubinama tla i odgovarajućih doza na na 1m iznad površine tla, u funkciji različitih dubina.

B. Simić

IZMJENA STRUKTURE MEDICINSKIH RENTGEN APARATA I OSOBLJA KOJE RADI S TIM APARATIMA U SRBIH, ZA PERIOD 1965-1972. GODINA

U osmogodišnjem periodu 1965-1972. godine izmijenjena je struktura rentgen aparata i osoblja koje radi s njima. Instalirani su novi, savremeniji aparati. Kvalifikaciona struktura lica znatno je bolja na kraju nego na početku ovog perioda.

Izmjenu strukture rentgen aparata, kao i promjenu broja i kvalifikacione strukture lica koja rade s rentgen aparatima, normalno je očekivati u osmogodišnjem periodu. Na tu izmjenu uplivišu razni faktori. Kod rentgen aparata to su najčešće materijalne mogućnosti zdravstvenih ustanova, profili kadrova u njima, te cijene i asortiman aparata koji su dostupni na tržištu. Kod kadrova problem je kompleksniji i traženje uzroka takvog stanja izlazi iz okvira ovog rada.

Marke i neki zastupljeniji tipovi rentgen aparata dati su u tabeli 1.

Već i letimičan pogled na tabelu ukazuje na raznolikost porijekla postojećeg fonda aparata. Samo medju aparatima stranog porijekla ima preko trideset različitih modela.

Rentgen aparati domaće proizvodnje zastupljeni su u visokom procentu, blizu 78% u 1965. godini, odnosno 83% u 1972. godini.

Iako broj "Morava" i "Moravica", (57 odnosno 45%) opada. procenat domaćih aparata je u porastu, najviše zbog povećanja broja aparata "Grafoskop" i "Dent". Procenat aparata stranog porijekla je u laganom padu. Nabavljaju se novi, uglavnom, kvalitetniji rentgen aparati, ali bržim tempom rasheduju se stari, nabavljeni odmah poslije rata, neki i ranije, kojima se ne zna ni starost ni porijeklo.

Ako se rentgen aparati svrstaju prema broju ispravljača ulazne struje, dobiće se još jedan pokazatelj koji dosta govori o kvalitetu postojećeg fonda aparata. U cjelini situacija se u posmatranom periodu nešto popravila, što se vidi iz tabele 2.

Polutalasni aparati, koji su zastupljeni u vrlo visokom procentu, konstruisani su za skromnije zahtjeve rentgen dijagnostike, često imaju tehničkih nedostataka, a sa stanovišta zaštite od zračenja njihov heterogeni snop zračenja ima veće štetno dejstvo. Kod izvjesnih tipova aparata ("Morava", "Moravica", "Neretva") prilikom snimanja ne može se suziti širina snopa, ona je dosta široko ograničena tubusom, pa se pacijent uvijek ozračava punom širinom snopa. Važan razlog sporog obnavljanja postojećeg fonda rentgen aparata je okolnost da je proizvodnja najzastupljenijih aparata prestala prije nekolike godina, a na tržištu nema za njih odgovarajuće zamjene. Zbog toga njihova eksploatacija ide u nedogled, sve dotle dok daju bilo kakvu sliku. Problem je tim veći što ovi aparati predstavljaju polovinu svih dijagnostičkih aparata u Republici, oni su dobrim dijelom raspore-

djeni po manjim zdravstvenim ustanovama koje nemaju mogućnosti da nabave nove i bolje aparate, jer su danas najjeftiniji aparati višestruko skuplji od naprijed navedenih.

Kvalifikaciona struktura lica koji rade s rentgen aparatima je u ovom periodu osjetno poboljšana (Tab. 3). Broj rentgenologa je više nego utrostručen, iako još uvijek ni izdaleka ne zadovoljava potrebe. Posljedica ovog drugog je da većina od njih radi honorarno u drugim zdravstvenim ustanovama, dobar broj i u drugim gradovima. U osjetnom porastu je i broj ftiziologa, stomatologa, viših rentgen tehničara i medicinskih tehničara sa završenim četveromjesečnim kursom iz zaštite od zračenja. Smanjio se broj ljekara specijalista koji u svakodnevnom radu ne koriste rentgen aparate. To su najčešće pedijatri, infektolozi, hirurzi, internisti. Posebno ohrabruje činjenica da svake godine sve manje ljekara opšte prakse radi s rentgen aparatima (njihov broj je u ovom periodu sveden skoro na trećinu), što je jednim dijelom uslovljeno porastom broja ftiziologa. U padu je takodje i broj medicinskih tehničara, odnosno sestara, zubara, zubnih asistenata, te ostalog medicinskog i paramedicinskog osoblja.

U izmjeni ove strukture, naročito u dopunjavanju znanja tehničara kursom iz zaštite i smanjenju broja u nekim profilima, ne malu zaslugu ima služba kontrole zaštite od zračenja, jer pri redovnoj kontroli permanentno ukazuje da sa izvorima zračenja ne smiju raditi oni koji tokom školovanja nisu obučeni za to i koji za to nemaju zakonsku podlogu. Uprkos svemu, još uvijek je veliki broj onih koji se nepotrebno nalaze u zoni zračenja. Rješenje problema u ovoj oblasti i brži progres može se ostvariti samo zajedničkim naporima zdravstvenih ustanova i stručnih službi, koje im u tome mogu pomoći.

TAB. 1.

Izmjene strukture rentgen aparata u SRBiH, za period 1965-1972. godina

	Grafeskop	Merava	Moravica	Neretva	Uniskop	Seva	Fluoregra/	Hipes	Elektromedicina	Dent	Siemens	Philips	General Electrics	TUR	Picker	Fisher	Chirmas	Perles Laboratories	Ostali	Svega
1965	8	132	83	14	-	4	2	-	3	46	35	17	-	1	4	7	4	5	10	375
1972	48	123	64	10	5	2	3	8	4	81	23	11	11	4	3	2	3	2	11	418

TAB. 2.

Izmjena strukture rtg aparata u SRBiH, za period 1965-1972. godina, s obzirom na broj ispravljača ulazne struje

Vrsta rtg aparata	Bez ventil cijevi	Sa dvije ventil cijevi	Sa četiri ventil cijevi	Sa šest ventil cijevi
1965	320	20	32	3
1972	336	4	67	11

gde su N_{oi} - brzina kretanja (imp/s) za usvojeni merni sistem i geometriju uzorka

K_{oi} - koeficijent koji je jednak vrednosti pomenutog integrala i koji zavisi od spektra beta zračenja i-tog mernog emitera.

A_{si} - specifična aktivnost materijala od koga je napravljen uzorak (μCi/kg).

Jasno je da ako izmedju izvora i brojača postavima filter koji apsorbuje deo zračenja i to u zavisnosti od energije i upadnog ugla beta čestice u odnosu na filter, nastaje promena spektra zračenja koje stiže do brojača, odakle sledi i druga vrednost integrala odbroja, što se može izraziti relacijom

$$N_{ki} = K_{ki} \cdot A_{si} \qquad (2)$$

sa oznakama N_{ki} - brzina brojanja za k-ti filter

K_{ki} - koeficijent za k-ti filter

Ako su poznate vrednosti koeficijenata K_{oi} i K_{ki} (izmerene), onda se jednim merenjem može odrediti specifična aktivnost A_{si} za poznati uzorak, ili ponavljanjem više mernja uz upotrebu raznih filtera prepoznati vrste emitera i odrediti specifična aktivnost, što je detaljnije opisano u radovima (1, 2, 3)

Ukoliko se u debelom uzorku nalazi više emitera, odbroj bez filtera će biti

$$N_o = K_{o1}A_{s1} + K_{o2}A_{s2} + \dots\dots\dots + K_{on}A_{sn} \qquad (3)$$

dok je pri upotrebi k-tog filtera

$$N_1 = K_{11}A_{s1} + K_{12}A_{s2} + \dots\dots\dots + K_{1n}A_{sn}$$

$$N_2 = K_{21}A_{s1} + K_{22}A_{s2} + \dots\dots\dots + K_{2n}A_{sn}$$

. . . . . .

. . . . . .

$$N_{k1} = K_{k1}A_{s1} + K_{k2}A_{s2} + \ldots\ldots\ldots + K_{kn}A_{sn}$$

Merenjem odredjujemo $N_0, N_1, \ldots N_k$, za nepoznate specifične aktivnosti A_{s1}, A_{s2}, ... A_{sn}, odakle sledi da je za odredjivanje specifičnih aktivnosti n emitera dovoljno izvršiti $k = n-1$ merenja sa različitim filterima i iz sistema jednačina (3) odrediti specifične aktivnosti za pojedine emitere.

Na primer izraz za odredjivanje parcijalnih specifičnih aktivnosti za dva emitera je

$$A_{s1} = \frac{N_0K_{12} - N_1K_{02}}{K_{01}K_{12} - K_{02}K_{11}}$$

$$A_{s2} = \frac{N_0K_{11} - N_1K_{01}}{K_{02}K_{11} - K_{01}K_{12}} \qquad (4)$$

dok za tri emitera prima oblik

$$A_{s1} = \frac{N_0(K_{12}K_{23} - K_{22}K_{13}) + N_1(K_{02}K_{13} - K_{03}K_{12}) + N_2(K_{03}K_{12} - K_{02}K_{13})}{D}$$

$$A_{s2} = \frac{N_0(K_{13}K_{21} - K_{23}K_{11}) + N_1(K_{03}K_{21} - K_{01}K_{23}) + N_2(K_{01}K_{23} - K_{03}K_{21})}{D} \qquad (5)$$

$$A_{s3} = \frac{N_0(K_{11}K_{22} - K_{21}K_{12}) + N_1(K_{02}K_{21} - K_{01}K_{22}) + N_2(K_{01}K_{22} - K_{02}K_{21})}{D}$$

gde je $D = K_{01}(K_{12}K_{23} - K_{13}K_{22}) - K_{02}(K_{23}K_{11} - K_{21}K_{13}) - K_{03}(K_{21}K_{22} - K_{22}K_{12})$

Za merenja na smešama sa više emitera ne dajemo rešenja sis-

tema jednačina jer je postupak izračunavanja spor i sa velikom verovatnoćom graške, te je bolje raditi na računaru, kada treba primeniti već gotove programe za rešavanje sistema jednačina.

Analiza grašaka pri odredjivanju A_{si}

Iz razvijenog oblika jednačina za odredjivanje A_{si}, može se videti da će relativna graška pri izračunavanju biti manja ukoliko budu manje graške pri merenju odbroja N_o i N_k i ukoliko se koeficijenti K_{ki} i K_{oi} budu više razlikovali. Pažljivim radom pri primeni uzoraka i sakupljanjem dovoljnog odbroja , mogu se greške smanjiti na oko 1%. Zavisno od tipa emitera koji se nalaze u smeši koeficijenti K_{ki} se mogu se mogu razlikovati i za male vrednosti, što uz njihovu odredjenost do tačnosti 10^{-3}, može dovesti do grešaka u izračunavanju specifičnih aktivnosti od nekoliko procenata. Ovo tvrdjenje je očigledno iz izraza za nalaženje relativne greške u odredjivanju specifične aktivnosti jednog emitera u smeši od dva emitera

$$\varepsilon(A_{s1}) = \frac{1}{|N_o K_{12} - N_1 K_{o2}|}\left[K_o K_{12}\,\varepsilon(N_o) + N_1 K_{o2}\,\varepsilon(N_1)\right] - \frac{1}{|K_{o1}K_{12} - K_{o2}K_{11}|} \times$$

$$\times\left[K_{11}K_{o2}\,\varepsilon(K_{11}) + K_{o2}K_{o1}\,\varepsilon(K_{o1}) + K_{12}\left|\frac{N_1 K_{o2}K_{o1} - N_o K_{o2}K_{11}}{N_o K_{12} - N_1 K_{o2}}\right|\varepsilon(K_{12}) + \right. \qquad (6)$$

$$\left. + K_{o2}\frac{K_{12}\left|K_{11}N_o - K_{o1}N_1\right| + 2K_{11}K_{o2}N_1}{N_o K_{12} - N_1 K_{o2}}\,\varepsilon(K_{o2})\right]$$

U jednačini (6) je sa ε obeležena relativna graška veličine koja je upisana u zagradi. Kako su vrednosti koeficijenta K_{ki} za

različite emitere i različite filtere brojno u intervalu izmedju 1 do $20N_{oi}$, potrebno je kada je to moguće odabrati takve filtere da se koeficijenti K_{xi} što više medjusobno razlikuju.

Iskustvom je utvrdjeno da su greške pri jednovremenom odredjivanju više specifičnih aktivnosti najmanje kada su one istog reda veličine, dok sa eksperimentalnom aparaturom koja je korišćena i metodologijom pripreme debelog uzorka u terenskom radu nije imalo smisla vršiti merenja kada je odnos finalnih specifičnih aktivnosti bio veći od 10^2.

Aparatura i metodologija pripreme uzoraka

Merenja su vršena na kompletu laboratorije LARA-10 (1, 2) čiji se merni komplet sastoji od GM brojača sa tankim prozorom (tip Philips 18536) u zaštitnom kućištu i elektronske jedinice koja sadrži skaler, tajner, uobličivač impulsa i izvor visokog napona. Merenja su vršena na debelom uzorku koji se priprema u Al čančetu sipanjem 10 ml vodenog rastvora nosioca aktivnosti u čanče. Merenja su pokazala da se merene vrednosti bitno ne razlikuju ukoliko se merenja obavljaju na uzorku čija supstanca ima specifičnu gustinu u intervalu od 0,7 do 1,2 g/cm^3 i ukoliko se vrednost $\bar{Z}$ za taj materijal kreće u granicama izmedju 6 i 10. Pri merenjima sa materijalom nosiocem pomenutih karakteristika, rezultati merenja odstupaju do 8% u odnosu na merenja izvršena sa vodenim rastvorom aktivnog materijala. Mada bi rad sa tankim uzorkom davao tačnije rezultate, metoda debelog uzorka je odabrana zbog jednostavnosti i mogućnosti pripreme uzoraka u vanrednim uslovima i terenskom radu.

Rezultati merenja

U terenskim uslovima rada izvršen je niz merenja kako radi

eksperimentalne provere opisane metode, tako i pri izvršenju nekih zadataka. Rezultati koji su dobiveni na terenu pri ispitivanju na smeši J^{131}, $Sr^{85,89}$ su dati u tabeli I.

TABELA I Vrednosti specifičnih aktivnosti izmerenih na smešama sa poznatim vrednostima specifičnih aktivnosti

Poznata vrednost specifične aktivnosti (μCi/kg)	Sr	100	50	20	10	100	100
	J	100	50	100	100	20	10
Izmerena vrednost specifične aktivnosti	Sr	103,5	50,1	18,9	13,3	96,9	100,9
	J	99,3	46,8	99,9	99,5	19,6	8,87

Merenja se mogu obaviti i sa više filtera od broja k = n-1 i tada je potrebno posebno obraditi rezultate i naći srednju vrednost za čitavu seriju merenja. Ovakav postupak daje, uz pravilan izbor filtera, mnogo tačnije rezultate i smanjuje mogućnost greške. Posebno se preporučuje ukoliko se rezultati merenja obradjuju na računaru.

Vreme merenja zavisi od željene tačnosti rezultata, a preporučljivo je da bude onoliko koliko je potrebno za sakupljanje odbroja od 10^5imp. i nema svrhe da bude duže od potrebnog za sakupljanje odbroja većeg od 10^6imp., jer su greške u pripremi uzorka veće od onih koje nastaju usled statističkih grešaka

Vrednosti η_{oi} i η_{ki} za neke beta emitere

Vrednosti koeficijenata koje su date u tabeli II nadjene su za mernu aparaturu tipa LARA-10 i uz potrebu Al filtera debljine od 280, 140, 56, 28, i 14 mg/cm².

Sve vrednosti koeficijenata iz tabele II zavisne su od primerka laboratorije na kojoj se radi, medjutim iskustvo je pokazalo

TABELA II

Emiter	Debljina filtera 280	140	56	28	14	0 mg/cm²
	Oznaka koeficijenta u tekstu					
	K_{5i}	K_{4i}	K_{3i}	K_{2i}	K_{1i}	K_{oi}
J^{131}	$\frac{1}{15,89}K_{oi}$	$\frac{1}{14,86}K_{oi}$	$\frac{1}{5,723}K_{oi}$	$\frac{1}{2,312}K_{oi}$	$\frac{1}{1,483}K_{oi}$	6,82
$Sr^{85,89}$	$\frac{1}{10,51}K_{oi}$	$\frac{1}{3,141}K_{oi}$	$\frac{1}{1,652}K_{oi}$	$\frac{1}{1,259}K_{oi}$	$\frac{1}{1,121}K_{oi}$	11,2
Fe^{59}	$\frac{1}{2,849}K_{oi}$	$\frac{1}{1,606}K_{oi}$	$\frac{1}{2,207}K_{oi}$	$\frac{1}{1,762}K_{oi}$	$\frac{1}{1,404}K_{oi}$	9,8
$Sr^{90}-Y^{90}$	$\frac{1}{5,401}K_{oi}$	$\frac{1}{2,397}K_{oi}$	$\frac{1}{1,557}K_{oi}$	$\frac{1}{1,255}K_{oi}$	$\frac{1}{1,182}K_{oi}$	4.51
Ce^{141}	$\frac{1}{19,21}K_{oi}$	$\frac{1}{17,81}K_{oi}$	$\frac{1}{9,412}K_{oi}$	$\frac{1}{3,311}K_{oi}$	$\frac{1}{1,828}K_{oi}$	20
Co^{60}	$\frac{1}{1,891}K_{oi}$	$\frac{1}{1,739}K_{oi}$	$\frac{1}{1,511}K_{oi}$	$\frac{1}{1,358}K_{oi}$	$\frac{1}{1,221}K_{oi}$	1,91
P^{32}	$\frac{1}{9,602}K_{oi}$	$\frac{1}{2,711}K_{oi}$	$\frac{1}{1,484}K_{oi}$	$\frac{1}{1,166}K_{oi}$	$\frac{1}{1,066}K_{oi}$	5,11

Vrednosti K_{oi} se menjaju u zavisnosti od primerka do primerka laboratorije i najbolje ih je odrediti za primerak na kome se radi.

da se vrednosti K_{ki} malo menjaju, dok se vrednosti K_{oi} menjaju i do 10%. Kako su pri izračunavanju vrednosti A_{si} greške izračunavanja prvenstveno zavisne od odnosa pojedinih koeficijenata, a manje zavise od njihove tačnosti, to odnosi koeficijenata dati u tabeli II mogu dobro poslužiti pri odredjivanju parcijalnih specifičnih aktivnosti iz smeše poznatih beta emitera.

Zaključak

Pri izučavanju efekata zračenja na životinjama, poželjno je

izučavanje vršiti pri jednovremenoj kontaminaciji sa više emitera, jer se samo tako može oceniti depozicija i izlučivanje po pojedinom emiteru a za neku repernu promenu, kao parametar. Pri merenjima je potrebno odredjivanje parcijalnih beta aktivnosti. Metoda koja je opisana to omogućuje bez hemiskog tretmana materijala.

Merenja efikasnosti filtera za vodu i drugih materijala se mogu jednovremeno vršiti i za više emitera (elemenata) što donosi znatne uštede u materijalu i vremenu.

Ovo su samo neki od primera eksperimenata u kojima je potrebno jednovremeno vršiti merenja specifičnih beta aktivnosti za više emitera.

DETERMINATION OF PARTIAL SPECIFIC ACTIVITIES OF A MIXTURE OF KNOWN BETA ACTIVE MATERIALS

In medical, Biological and technological applications one sometimes uses simultanously two or more radioactive isotopes. After the experiments the measured activities do not contain isotopes in the original proportions. It is rather hard to establish the values of partial specific activities in particular in the case of pure beta emmiters. This problem may be solved by spectral measurements with semiconductor counters and corresponding data handling of the initial and final spectra or by the simple method described in this work which is based on filter type measurements of thick samples.

Literatura

1. Muždeka S., Šmelcerović M.: Laboratorija za merenje i pripremu uzoraka u akcidentalnim uslovima, VI Jugoslovenski simpozijum-zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid maja 1972;
2. Muždeka S., Šmelcerović M. , Ilić R.: Merenje aktivnosti fisionih produkata metodom debelog uzorak, VI Jugoslovenski simpozijum - zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid maja 1972;
3. Bojović T., Pejušković B., Šmelcerović M., Muždeka S.: Prepoznavanje vrste kontaminanta i odredjivanje specifične aktivnosti iz uzoraka koji sadrži jedan beta emiter, VII Jugoslovenski simpozijum - zaštita od jonizujućih zračenja, Kaštel Stari, oktobar 1973;
4. Bojović T., Pejušković B., Milovanović M.: Uticaj geometrije uzoraka pri merenjima kontaminacije nekim fisionim produktima na PRL, VI Jugoslovenski simpozijum - zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid, maja 1972.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973

M. Šobajić
R. Blagojević
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

UNIVERZALNI MONITOR ZRAČENJA ZA MERENJE RADIJACIONIH POLJA, DETEKCIJU KONTAMINACIJE I MERENJE RADIOAKTIVNIH UZORAKA

REZIME

U radu je opisan prenosni monitor sa GM brojačima namenjen merenju od osnovnog nivoa zračenja do jačine ekspozicione doze od 1.000 R/h. Merno područje je pokriveno sa osam linearnih opsega merenja. Rezultati se očitavaju na instrumentu sa kretnim kalemom a preko slušalice se dobija zvučna indikacija o srednjem broju impulsa iz GM brojača.

1. U V O D

Poslednjih godina su razvijeni GM brojači male osetljivosti koji omogućavaju u impulsnom režimu rada merenje velikih jačina ekspozicionih doza zračenja. Kombinacijom osetljivih GM brojača sa ovim novim detektorskim komponentama mogu se ostvariti merenja u opsegu od nekoliko dekada promene merene veličine.

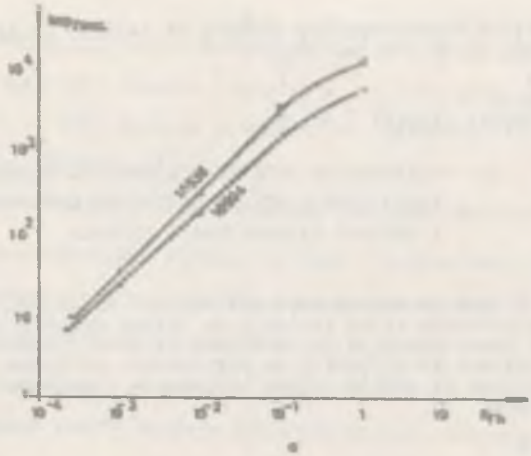
U ovom radu je opisan prenosni monitor zračenja sa GM brojačima koji je namenjen za merenje od osnovnog nivoa zračenja do jačine ekspozicione doze od 1.000 R/h. Merno područje je pokriveno sa osam linearnih opsega merenja. Rezultati se očitavaju na instrumentu sa kretnim kalemom a preko slušalice se dobija pomoćna zvučna indikacija o broju impulsa iz GM brojača. Obezbedjeno je održavanje maksimalnog pokazivanja monitora u jakim poljima zračenja kada GM brojači predju iz impulsnog u jednosmerni režim rada.

2. IZBOR GM BROJAČA

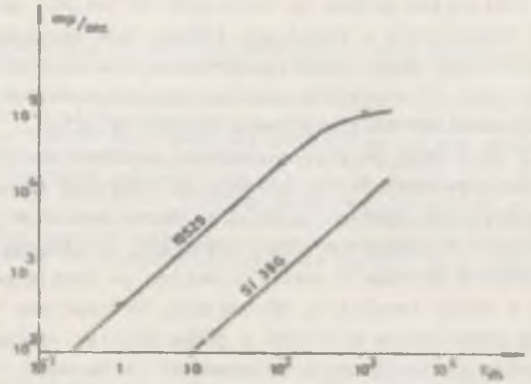
Karakteristike GM brojača prikazane na sl. 1 mogu se smatrati tipičnim za brojače malih i velikih osetljivosti. GM brojači 18504 i 18536 namenjeni su za merenje malih a GM brojači 18529 i SI 38G za merenje velikih jačina ekspozicionih doza zračenja.

Kod izbora detektorskih komponenata treba voditi računa o sledećem:

- GM brojači treba da zadovolje radiološke zahteve u pogledu osetljivosti na vrste i energije zračenja;
- kombinacija GM brojača treba da omogući kontinualno



a



b

Sl. 1

merenje u odredjenom širokom opsegu promene jačine ekspozicione doze zračenja;

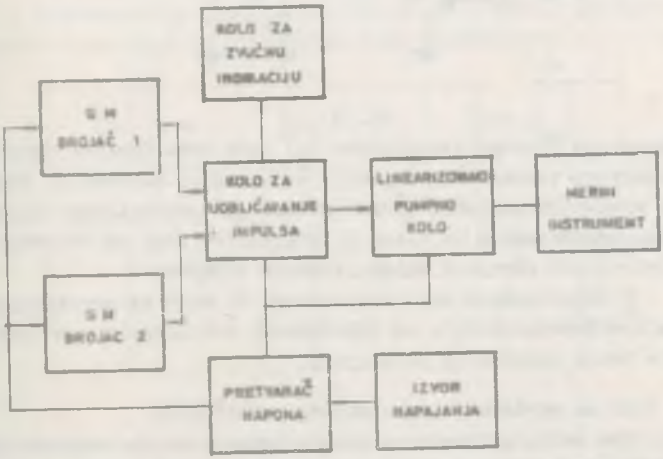
- maksimalnu jačinu ekspozicione doze zračenja koja se meri sa jednim brojačem treba meriti i sa manje osetljivim brojačem najmanje na desetom delu njegovog najosetljivijeg dekadnog opsega;

- merenja sa svakim GM brojačem mogu se vršiti samo do tačke gde je karakteristika približno linearna: da bi se ostvarila potrebna linearnost i da bi se omogućilo maksimalno pokazivanje monitora u jednosmernom režimu rada GM brojača.

3. MONITOR ZRAČENJA

3.1. Blok šema monitora

Monitor zračenja je realizovan prema blok šemi prikazanoj na sl. 2.

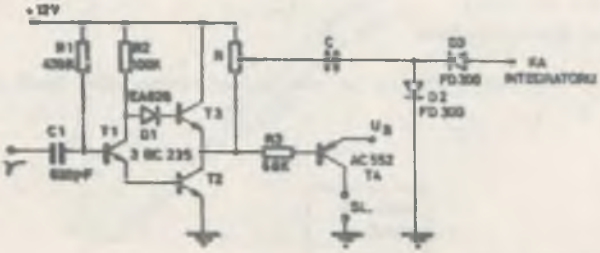


Sl. 2

Pretvarač napona iz baterije niskog napona daje potrebne više napone za elektronska kola i visoki napon za GM brojače. Koriste se dva GM brojača čiji se izbor vrši električnim putem pri prebacivanju preklopnika za promenu opsega merenja. Impulsi iz GM brojača sa kolom za uobličavanje pretvaraju u impulse konstantne amplitude kojima se napaja linearizovano pumpno kolo. Kolo za uobličavanje impulsa pobudjuje i kolo za zvučnu indikaciju. Izlaz iz pumpnog kola daje napon za merni instrument sa kretnim kalemom na kome se dobija linearna indikacija o srednjem broju impulsa iz GM brojača u jedinici vremena.

3.2. Kolo za uobličavanje impulsa

Kolo za uobličavanje impulsa iz GM brojača i napajanje pumpnog kola prikazano je na sl. 3. Za vreme trajanja negativnog impulsa na bazi tranzistora T_1 vrši se brzo punjenje dozirajućeg



Sl. 3

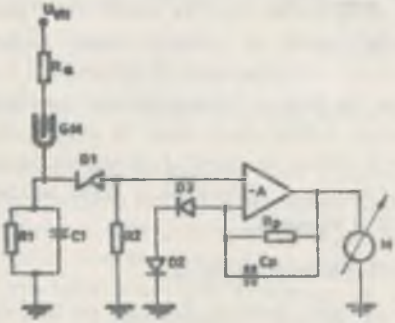
kondenzatora C preko tranzistora T_3. Kada nema impulsa mali napon na kolektoru tranzistora T_2, koji se nalazi u zasićenju, obezbedjuje minimalno uticanje parazitnih struja preko izolacije dozirajućeg kondenzatora ka ulazu u integrator. Kolo se odlikuje malom potrošnjom struje i malom izlaznom impedancom.

U kolektorskom kolu tranzistora T_4 mogu se priključiti slušalice impedance veće od 300 Ohma za dobijanje zvučne indikacije o broju impulsa iz GM brojača.

3.3. Kolo za održavanje maksimalnog pokazivanja

Ovo kolo, prikazano u okviru šeme na sl. 4 namenjeno je da održi maksimalno pokazivanje monitora u jakim poljima zračenja kada GM brojač predje iz impulsnog u jednosmerni režim rada.

U katodnom kolu GM brojača na pasivnim elementima R_1C_1 dobija se napon srazmeran srednjoj vrednosti struje kroz GM brojač.



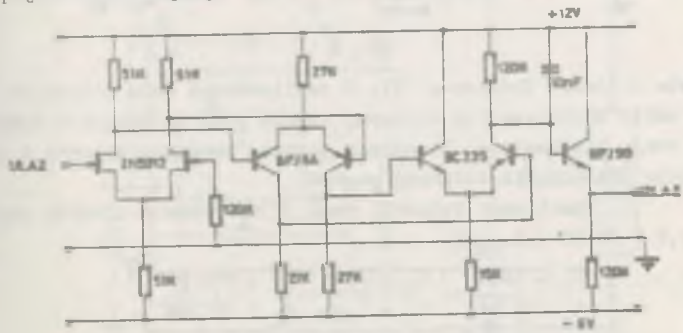
Sl. 4

Kada pri odredjenoj jačini ekspozicione doze zračenja ovaj napon postane veći od probojnog napona Zener diode D_1 struja kroz Zener

diodu stvara pad napona na otporniku R_2 na ulazu u diferencijalni stepen pojačavača. Zbog nelinearnih karakteristika dioda D_2 i D_3, koje pripadaju pumpnom kolu, ovaj mali napon se pojačava i izlazni napon integratora postiže maksimalnu vrednost.

3.4. Linearizacija pumpnog kola

Linearizacija pumpnog kola (1,2) je izvršena sa operacionim pojačavačem čija je električna šema prikazana na sl. 5. Kao



Sl. 5

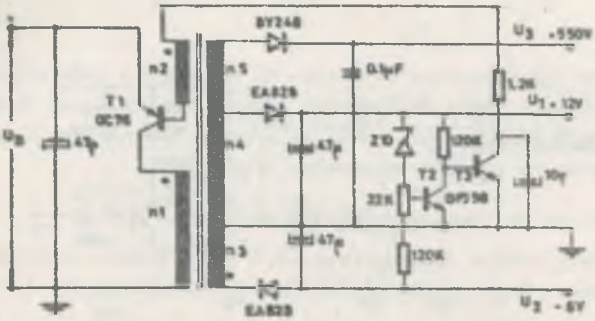
aktivni ulazni elementi upotrebljeni su tranzistori sa spojem kao gejtom tipa 2N 5912. Zahvaljujući sparenim karakteristikama ovih tranzistora nema potrebe za otpornim elementima, u kolu "Drain"-a ili"Sours"-a, kojima bi se ostvarila regulacija nultog izlaznog napona pojačavača. Bez prethodnog podešavanja nulti izlazni napon pojačavača nalazi se u granicama ± 10 mV, sa stabilnošću 20 μV/°C. Ulazna odvodna struja pojačavača, pri sobnoj temperaturi od 25°C, nalazi se u granicama 2×10^{-12} A do 6×10^{-12} A. Pojačanje pojačavača je veće od 10.000.

Karakteristike pojačavača su omogućile realizaciju diodnog pumpnog integratora velike stabilnosti i linearnosti.

3.5. Izvori napajanja

Elektronska kola i GM brojači dobijaju preko pretvarača, iz baterija 2 x 1,5 V sledeća napajanja: U_1 = 12V(I_1=1,6 mA), U_2=-6V(I_2=0,6 mA), U_3 = 550V(I_3=30 μA).

Pretvarač napona čija je šema prikazana na sl. 6 razvijen je na osnovu ideje o regulaciji bazne struje bloking oscilatora



Sl. 6

izmete u članku Mintner-a (3). U realizovanom kolu primenjen je nov način stabilizacije izlaznog napona koji je omogućio smanjenje broja komponenata, povećanje stepena korisnog dejstva i povećanje stabilnosti izlaznog napona.

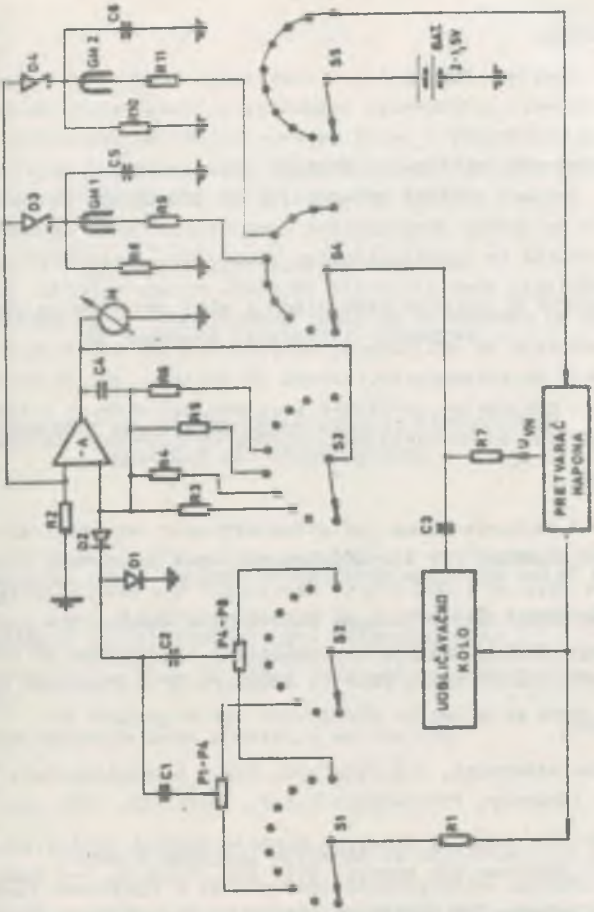
Stabilnost izlaznih pona δ na promenu ulaznog napona od 1,5 V do 10 V iznosi:

δ	U_1 = 12 V I_1 = 2 mA	U_2 = -6 V I_2 = 1 mA	U_3 = 550 V I_3 = 25 μA
%	0,03	0,09	1,5

Izlazni napon U_1 sa promenom opterećenja od 0-2 mA ima stabilnost 0,02%. Koeficijent korisnog dejstva pretvarača pri nominalnom opterećenju iznosi 40%. Koeficijent korisnog dejstva pretvarača bez namotaja za visoki napon iznosi 60%.

3.6. Električna šema

Uprošćena električna šema monitora prikazana je na sl. 7. Kao detektori zračenja upotrebljeni su GM brojači 18536 i SI 38G. Svaki GM brojač pokriva područje od četiri linearne dekade promene jačine ekspozicione doze zračenja. Iz anodnih kola GM brojača impulsi se vode na kolo za amplitudno uobličavanje impulsa. Za opsege merenja sa GM brojačem 18536 koristi se dozirajući kondenzator C_1 a za opsege merenja sa GM brojačem SI 38G dozirajući kondenzator C_2. Pasivni elementi u povratnoj sprezi pojačavača koji određjuju dekadni odnos opsega merenja isti su za oba detektora. Fina regulacija za kompenzaciju nelinearnosti karakteristika GM brojača ostvaruje se za svaki opseg merenja posebno pomoću potenciometara P_1-P_8.



Sl. 7

U katodnim kolima detektora postavljeni su pasivni elementi i Zener diode za održavanje maksimalnog pokazivanja monitora u jakim poljima zračenja kada se GM brojači nalaze u jednosmernom režimu rada.

Monitor ima opsege merenja: 100 uR/h, 1 mR/h, 10mR/h, 100 mR/h, 1R/h, 10 R/h, 100 R/h i 1000 R/h. Ukupna potrošnja struje iz baterija iznosi manje od 30 mA.

4. ZAKLJUČAK

Usvojena koncepcija i korišćenje savremenih detektorskih i elektronskih komponenata omogućili su realizaciju monitora koji ima šire mogućnosti i bolje karakteristike od postojećih uredjaja za merenje radioaktivnog zračenja.

Opisani monitor je namenjen za merenja od osnovnog nivoa zračenja do jačine ekspozicione doze od 1000 R/h. Za detekciju zračenja koristi se kombinacija dva GM brojača različitih osetljivosti koji pokrivaju osam linearnih dekadnih opsega merenja. Komande na monitoru su svedene na minimum: postoji samo jedan prekiopnik sa deset položaja za uključenje, kontrolu napona baterija i izbor opsega merenja sa automatskim izborom GM brojača. Ovo je od bitnog znaćaja, jer maksimalno uprošćava postupak kod merenja i svodi na minimum potrebu za obučavanjem ljudstva za rukovanje sa monitorom.

ABSTRACT

A portable gamma radiation exposure rate monitor using GM counters intended for the measurement from background level to the exposure rate of 1.000 R/h is described. The measuring range is covered with eight linear ranges. Measurement results are indicated by means of a moving coil meter, while the information on the mean number of GM counter pulse rate is obtained by a miniature headphone.

LITERATURA

1. Cooke-Yarborough, E.H.Pulaford, E.W.: A Counting-Rate Meter of High Accuracy, Proceedings I.E.E., Part. II, 1951, pp. 191-195
2. M.Šobajić: Kolo za linearno merenje srednje brzine brojanja i malih jednosmernih struja, ETAN XVI, Velenje, 5-8 juna 1972.
3. J.B.Mintner, The Design of Regulated High Voltage Supplies for Satellite and Deep Space Probe Applications, IRE International Convertion Record, Part 9, 1961.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Split 22. do 26. oktobra 1973

Mr.dipl.fiz. Tomašević Miroslav

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

IZLAGANJE STANOVNIKA GRADA BEOGRAD RENDGENSKOM ZRAČENJU PRI SNIMANJU ZUBA

Rezime

U toku 1972 godine započeto je ispitivanje izlaganja stanovnika grada Beograd rendgenskom zračenju usled snimanja zuba.

Prvi rezultati ukazuju da se oko 18% stanovnika Grada godišnje izloži zračenju pri snimanju zuba.

U velikoj meri zračenju se izlažu školska deca, na kojima se ne snima samo po jedan film već vrlo često dva, tri ili više.

Od ukupnog broja obavljenih snimanja na ovom području samo snimanje zuba učestvuje sa oko 28%.

UVOD

U mnogim zemljama sprovode se stalne akcije i izdaju godišnji izveštaji o ozračenosti stanovništva (gonadne doze ili genetski značajne doze) usled izlaganja jonizujućem zračenju u rendgendijagnostičke svrhe uopšte (1, 2, 3, 4, 5, 6) ili posebno u stomatološkoj rendgendijagnostici (6, 7, 8, 9. 10, 11). U našoj zemlji ovim se poslom retko ko bavi tako da nemamo sistematske podatke o ovim veličinama. Osećajući potrebu da se na ovom polju nešto više uradi Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu započeo je akciju koja kao krajnji cilj ima odredjivanje i praćenje G.Z.D. za područje SR Srbije usled izlaganja stanovništva rendgenskom zračenju.

Na ovom mestu iznećemo podatke o obimu izlaganja

stanovnika grada Beograd rendgenskom zračenju u stomatološke svrhe.

METODA RADA

U cilju odredjivanja veličine izlaganja stanovništva grada Beograd rendgenskom zračenju pri snimanju zuba koristili smo se anketom kojom smo obuhvatili sve ustanove na ovom području u kojima se vrši snimanje zuba.

Anketni list sadržavao je:

1. Naziv ustanove
2. Opština na kojoj se ustanova nalazi
3. Broj i vrsta rendgen aparata koji se koriste
4. Broj i kvalifikaciona struktura osoblja koje snima
5. Broj snimljenih filmova u toku 1971 i za 6 meseci 1972 godine.
6. Zaštitna sredstva koja se koriste za vreme snimanja

Kako broj snimljenih filmova ne odgovara i broju snimljenih pacijenata to smo u tri izabrane ustanove, koje su trebale da budu reprezentativne za sve ostale, sproveli anketu u trajanju od po mesec dana.

Cilj je bio da se utvrdi odnos broja snimljenih filmova i broja pacijenata na kojima je snimanje izvršeno, odnos muških i ženskih pacijenata, starosna struktura pacijenata kao i broj i vrsta snimljenih zuba.

Anketni list je sadržavao:

1. Pol pacijenta
2. Godine starosti pacijenta
3. Podatak o zubima koji se snimaju
4. Broj snimljenih filmova na jednom pacijentu

Tabela br.1

PROCENJEN BROJ SNIMLJENIH PACIJENATA U 1971 GOD.

	SKUPŠTINA OPŠTINE	Snimljeno filmova	Snimljeno pacijenata
1	BARAJEVO	135	95
2	VOŽDOVAC	12.387	8.671
3	VRAČAR	40.807	24.342
4	GROCKA	-	-
5	ZVEZDARA	37.697	26.388
6	ZEMUN	33.156	23.209
7	LAZAREVAC	1.636	1.145
8	MLADENOVAC	2.533	1.773
9	NOVI BEOGRAD	20.806	14.564
10.	OBRENOVAC	4.715	3.300
11	PALILULA	19.665	13.766
12	SAVSKI VENAC	108.301	60.172
13	SOPOT	0	0
14	STARI GRAD	63.790	36.994
15	ČUKARICA	2.512	1.759
	UKUPNO	348.140	216.178

Tabela br.2

BROJ SNIMLJENIH STANOVNIKA GRADA BEOGRAD U ODNOSU NA UKUPAN BROJ STANOVNIKA

	OPŠTINA	Broj stanovnika po popisu 1971	Broj stanovnika snimljenih u 1971	Procenat snimljenih stanovnika
1	BARAJEVO	16.552	95	0,57
2	VOŽDOVAC	134.207	8.671	6,46
3	VRAČAR	84.291	24.342	28,87
4	GROCKA	35.275	-	-
5	ZVEZDARA	112.938	26.388	23,36
6	ZEMUN	139.958	23.209	16,58
7	LAZAREVAC	45.675	1.145	2,50
8	MLADENOVAC	47.135	1.773	3,76
9	NOVI BEOGRAD	92.200	14.564	15,79
10	OBRENOVAC	53.620	3.300	6,15
11	PALILULA	126.380	13.766	10,88
12	SAVSKI VENAC	63.531	60.172	94,71
13	SOPOT	21.166	0	0,00
14	STARI GRAD	83.742	36.994	44,17
15	ČUKARICA	153.052	1.759	1,15
		1.209.722	216.178	17,86

Tabela br.3

BROJ SNIMLJENIH FILMOVA NA JEDNOM PACIJENTU PO STAROSNIM GRUPAMA

Istanovo	Muškarci					Žene				
	0-14	15-29	30-44	45 i više	UKUPNO	0-14	15-29	30-44	45 i više	UKUPNO
Br.1	1,6	1,5	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6	2,0	1,9	1,8
Br.2	4,9	2,0	2,2	2,1	2,2	3,2	2,1	2,0	2,3	2,1
Br.3	1,7	1,1	1,3	1,7	1,4	2,3	1,2	1,3	1,5	1,4

LITERATURA:

1. U.S. Department of Health, Education and Welfare Public Health Srvice Publication No.2001 Oct.1969
"Population Dose From X-Rays U.S. 1964"
2. Gileadi M.
"Evaluation of Health Hazards due to Unintentional Irradiation of the Gonads During Routine Abdominal X-Ray Examination of Male and Female Patients in Puerto Rico"
August 1969, 1970, 1971
3. Koren K.
"Gonad Doses Received During the Medical Application of Roentgen Radiation"
Acta Radiol. 48, 273-79, 1957
4. Feldman A.
"Gonadal Exposure from Diagnostic Procedures"
Radiol.Soc. of N.Amer. 1957
5. U.S. Department of Health, Education and Welfare
"Population Exposure to X-Ray U.S. 1964
6. Larsson L.E.
"Radiation Doses to the Gonads of Patients in Swedish Roentgen Diagnostics"
Acta Radiol.Suppl. 157, 1958
7. Standford R.W. i Vance J.
"The Quantity of Radiation Received by the Reproductive Organes of Patients During Routine Diagnostic X-Ray Examinations"
Brit.J.Radiol. Vol.28,No 329, 266, 1955
8. Osborn S.B. i Smith E.E.
"The Genetically Significant Radiation Dose from X-Ray Diagnostic Radiology in England and Wales" Lancet 1. 949,1956
9. Richards A.G.
"Roentgen Doses in Dental Roentgenography"
J.Amer.Dent. Ass. 56, 351, 1958
10. Sonnabend E.
"Die Strahlenbelastung des Patienten bei Roentgenaufnahmen der Zaehne
Goettingen - Habillitations - Schrift 1959

11. Williamson B.D.P. i Mc.Evan A.C.
"The Genetically Significant Dose to the Population of New Zealand from Diagnostic Radiology"
Publication NRL/PDS/1965

VII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZAŠTITA OD ZRAČENJA

Uran Demetrij

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

IZBOLJŠANJE TERMOLUMINISCENČNEGA SISTEMA ZA OSEBNO DOZIMETRIJO

Izvleček

V delu so opisane nekatere izkušnje iz uporabe termoluminiscenčnega dozimetričnega sistema TDS-08, ki ga proizvaja Institut "Jožef Stefan" iz Ljubljane. Predlagane so nekatere sugestije za uporabo tega sistema pri laboratorijskem delu in podani nekateri rezultati testiranja.

UVOD

Meritve gama doz s termoluminiscenčno metodo se odlikujejo po enostavnosti uporabe in možnostjo avtomatskega digitalnega odčitavanja, ki zagotavlja objektivna merjenja.[1.,2.] Sistem s kalcijevim fluoridom je posebej ugoden zaradi trajne akumulacije doze med meritvami, kakor tudi po neodvisnih parametrih v mešanem polju sevanja gama z nevtronskim poljem. V delu je prikazana uporaba drugačnih grelnih pogojev in opisane posebnosti, ki pri tem nastopijo. Podrobnejše podatke si lahko eksperimentatorji dopolnijo iz literature[3.] in se prilagodijo obstoječemu čitalnemu sistemu. Obstoječi čitalniški sistem je zgrajen za tipično rutinsko uporabo, vsebuje pa dovolj internih neodvisno nastavljivih tokokrogov, ki omogočajo razširjene aplikacije in dodatno obdelavo merilnih rezultatov.

GRELNI SISTEM

J.E. Saunders poroča, da nastopijo do 9% napake pri odčitavanju svetlobnih referenčnih signalov na čitalnikih (Conrad 5100 B) zaradi uporabe izmeničnega toka pri gretju tablet. Ta efekt pripisuje trenutni vrednosti izmenične napetosti, ki pri odklopu povzroči tokovni sunek. Temu se izogibajo z oklapljanjem cevi in večjim oddaljevanjem od grelca. To pa predstavlja izgubo koristnega signala. Oklapljanje z mumetalnim ščitnikom 0,15 mm debeline je označeno kot normalno, v primeru, da uporabijo 0,35 mm debel oklop pa uporabljajo izraz "extra" med grelcem in katodo je 1,5 cm razdalje. Uporabljeni grelni tok je znašal 100 A izmeničnega toka. V primerjavo naj navedem, da uporablja Harshawov čitalnik razdaljo med katodo in grelcem okrog 9 cm, oklop debeline 0,15 in deluje z grelnim tokom 10 A. Pri terenskem čitalniku, ki smo ga razvili na IJS pa smo uporabili visokoohmski grelec, ki porabi le nekaj nad 1 A enosmernega toka in je katoda cevi 6 cm oddaljena od grelca pri tem pa je tudi oklop debelejši od 0,5 mm.

Nadaljnja raziskava grelca je doprinesla prednosti pri natančnejšem odčitavanju nizkih doz. Na sliki 1 vidimo na ordinati vrednost toka fotopomnoževalke, na abscisi pa je čas segrevanja v izbranih enotah. Na sliki je družina petih krivulj temnega toka, ki so izbrane v linearnih stopnjah limitnega toka med 7,5 in 9,5 enotami. Poleg teh petih krivulj je narisana še krivulja TL sevanja. Iz diagrama je razvidno, da je v primeru, če upoštevamo pri meritvi temensko vrednost sevalne krivulje, kot merilo za vrednost doze v primerih manjše limite kot je 8,5 temno sevanje grelca brez vpliva na odčitano dozo. Če bi v primeru limite 8,5 uporabili integracijsko merjenje bi se k dozi v znatni meri sešteval še vpliv sevanja grelca. Rezultat bi bil temu primeren odvisen od ponovljivosti limite, od ponovljivosti časovnega intervala in od začetnih pogojev segrevanja, ker bi se s tem trajanje sevanja izpreminjalo. Po drugi strani pa ne

moremo za rutinske meritve nastaviti preveč nizko limito segrevalnega toka, ker se v tem primeru ne more v celoti izbrisati visoke doze iz dozimetra, ker ni dovolj visoko segrevan. V kolikor se uporablja čitalnik MTLD-7108 za laboratorijske namene, se lahko nastavi ta limita na nižjo vrednost in se dozimeter TLD-08 še posebej segreva po končani meritvi v posebni pečici na temperaturi 300°C do 20 minut. Kot vidimo iz diagrama na sliki 1 imamo možnost izbirati različne limitne vrednosti grelnega toka, pravtako pa lahko izbiramo tudi trajanje segrevanja. Izbrali smo trajanje 30 sekund. Iz diagrama sevalne krivulje vidimo, da nastopi temenska vrednost že v 12. sekundi in je ves nadaljnji čas potreben le za temeljito praznjenje dozimetra, na drugi strani pa vidimo, da je pred nastopom TL sevanja odziv enak ničli v začetnem intervalu 9 sekund. Ta interval je čas internega predgrevanja merilne glave in je pri zelo hladni okoliški temperaturi lahko tudi daljši, nekako do 20 sekund, pri zelo hitrem merjenju se pa glava toliko segreje, da se ta interval reducira. Zaradi enostavnega rokovanja z instrumentom so te nastavitve fiksno nastavljene pri proizvajalcu. Uporabnik, ki pa temeljito pozna mehanizem termoluminiscenčnih dozimetričnih meritev si pa lahko nastavi drugačen režim delovanja instrumenta in si s tem pridobi nekatere nove kvalitete. Iz gornjega opisa pa vidimo, da se mora pri tem paziti na posebno tretiranje pri meritvi. Da smo se izognili nekaterim možnostim izpadov in nestrokovnim posegom so vsi kontrolni organi zaprti v notranjosti ohišja.

FOTOMETRIČNI SISTEM

Mehanizem fotometričnega sistema v čitalniku MTLD-7108 smo že opisali in objavili v predhodnih delih. Izvedena je avtomatska regulacija ničelne lege in kalibracijske vrednosti čitalnika. Da smo verificirali kvaliteto obratovanja tega instrumenta smo ga vgradili v navigacijsko kabino na tovorni ladji "Ljubljana", ki je plula v prvem polletju 1973 okrog sveta. Pri tem so nam oficirji Splošne

plovbe redno testirali instrument in vpisovali rezultate, ki so razvidni iz priložene tabele TAB.1. Poleg kalibracijskega števila in ničelne lege so tu še podatki o času, kraju in atmosferskih pogojih. Kalibracijsko število, ki je merilo za svetlobno občutljivost sistema, odstopa pri vrednosti 359 le za ± 1 delec, kar je manj kot 3% v vsem časovnem intervalu od 27.I. do 21.VII.1973. Iz rezultatov je razvidno tudi, da atmosferski vplivi in slana atmosfera niso vplivali na zanesljivo delovanje instrumenta.

KOMPARACIJA DOZIMETRSKIH SISTEMOV

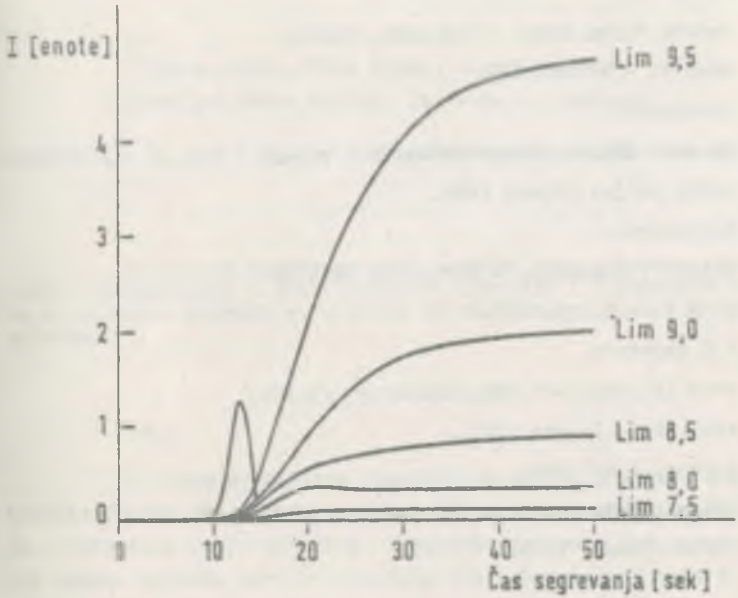
V času od 14. do 25.maja 1973 je bila na reaktorju v Vinči III. mednarodna interkomparacija akcidentalnih dozimetrov. Obsevali smo dozimetre, ki so jih predložile ekipe 18 laboratorijev iz 13 držav. Na osnovi preliminarnih podatkov, ki so jih dosedaj objavile posamezne ekipe za izmerjene gama doze lahko vidimo dobro skladanje naših odčitkov z rezultati poprečnih merjenih vrednosti doz iz ostalih skupin. Ko bodo objavljeni ostali rezultati v celoti, bomo lahko upoštevali še nekatere vplive geometrije na prejete doze. Uporabili smo dozimetre v standardnih označbah in običajno selektivne vzorce. Naše vzorce smo namestili v skupine na prostem zraku kakor tudi bočno, čelno in hrbtno na fantomu Bomab. Uporabljali smo dvajset dozimetrskih značk. Dozimeter smo pred eksperimentom kalibrirali na izvoru kobalta na IJS v Ljubljani in nato še v Beogradu na izvoru kobalta. Nato smo jih v reaktorju obsevali na interkomparaciji enkrat s 590 Wh na razdalji 3 m in drugič še z močjo 3000 Wh. Rezultati so pregledno podani v tabeli (TAB.2.).

TAB.2

Kalibracija IJS	Kalibracija IBK	I.obs.590/Wh/	II.obs.3000 /Wh/
5,63	5,43	5,11	4,34

TAB. 1 REZULTATI MERITEV NA LADJI "LJUBLJANA"

DATUM	ČAS VKLOPA	NIČLA N	KALIBRACIJA K	TEMPERATURA (°C)	VLAGA (%)	POZICIJA
27.I.	16,oo	000	358	16	68	36°30'N 26°55'E
3.II.	16,oo	000	358	17	65	35°40'N 31°10'E
22.II.	16,oo	000	360	21	78	34°00'S 18°00'E
3.III.	13,15	000	359	23	56	02°30'N 56°00'E
10.III.	12,oo	000	359	21	60	LUKA BOMBAY
18.III.	12,oo	000	358	22	68	18°00'N 72°40'E
24.III.	12,oo	000	359	26	70	LUKA CHOCIN
1.IV.	1o,oo	000	358	25	67	05°55'N 84°10'E
8.IV.	00,oo	000	358	25	70	17°00'N 113°30'E
14.IV.	22,oo	000	358	25	72	33°00'N 134°10'E
21.IV.	22,oo	000	358	20	65	LUKA NAGOYA
28.IV.	21,30	000	358	21	68	34°30'N 138°00'E
5.V.	03,oo	000	358	20	65	41°00'N 168°30'W
12.V.	17,oo	000	359	18	60	PORT ALICE (OTOK VANCOUVER) KANADA
19.V.	17,oo	000	358	19	61	TACOMA (U.S.A.)
26.V.	19,oo	000	358	19	59	PORTLAND (OREGON - U.S.A.)
2.VI.	17,oo	000	358	21	62	LOS ANGELES
16.VI.	20,15	000	358	25	68	19°36'N 61°40'W
23.VI.	19,oo	000	360	20	65	35°00'N 16°25'W
3C.VI.	15,oo	000	359	23	60	LUKA BEIRUT
8.VII.	14,3o	000	359	24	65	35°42'N 28°12'E
14.VII.	14,oo	000	358	25	60	LUKA PIREJ
21.VII.	14,oo	000	359	25	62	LUKA TRST



Sl.1 Diagram segrevanja in temnega sevanja

Abstract

Some experiences using the thermoluminiscence dosimetry sistem TDS-08 produced on Institute J.Stefan is described.
This paper demonstrates the requirements for an experimental use of this instrumentation.
Some obtained dosimetric results are represented.

Bibliografija

1. V.Vojvodić

Radovi V.jug.simp. o rad.zašt. Nr/21.

Bled 6. - 9.okt.1970.

2. V.Vojvodić

Zbornik IV.jug.simp.o rad.zašt. /p.512.

Baško polje, 30.maj 1969.

3. D.Petrović

Radovi V.jug.simp. o rad.zašt. Nr/3/09

Bled 6. - 9.okt.1970.

4. J.E.Saunders

Proc III.Int.Conf.Lum.Dosimetry /p 209.

Risö 11. - 14.okt.1971.

5. D.Uran, F.Kolenko

Radovi VI.jug.simp. o rad.zašt. /p 197.

Ohrid 25.apr. 1972.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Meta Ančik, Ivan Kobal, Janez Kristan
Institut Jožef Stefan, Univerza u Ljubljani

ODREĐIVANJE Rn-222 I Ra-226 U NEKIM TERMALNIM VODAMA U SLOVENIJI

U radu su dati rezultati merenja koncentracija radona-222 i radijuma-226 u svim poznatim termalnim i mineralnim vodama na području Slovenije, služeći se direktnom α-scintilacionom metodom.

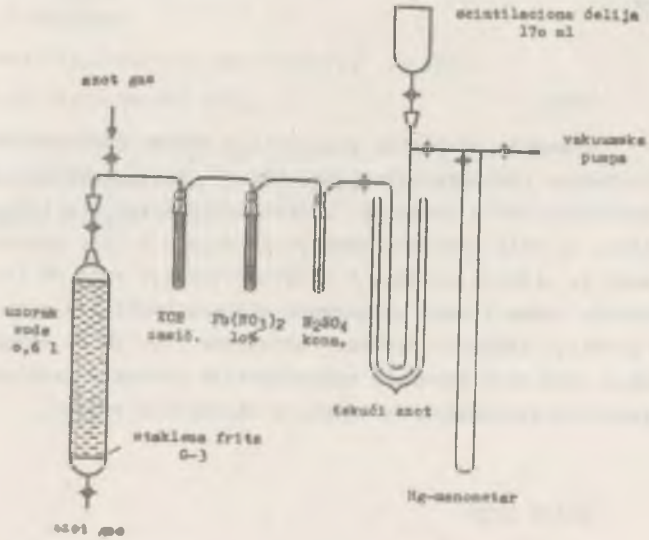
UVOD

U nekim područjima Jugoslavije već su izmerene koncentracije radona (Rn-222) i radijuma (Ra-226) u bunarskim (1) vodama i termalnim (2-5) izvorima. U slovenskim termalnim i mineralnim vodama su bila prva ova merenja obavljena u 1956 godini (6) a to samo po pitanju radona, i za koncentracije veće od 100 pCi/l. U poslednje vreme vršena su merenja radioaktivnosti u nekim vodama na području Atomskih toplica Podčetrtek (7). Da bi dopunili sliku, smo u svom radu izmerili koncentracije radona i radijuma u svim poznatim slovenskim termalnim i mineralnim vodama.

NAČIN RADA

Radon smo određivali pomoću aparature prikazane na slici 1. Uzorke vode smo punili u staklene sudove zapremine 0,6 l (8).

Pošto ima u nekim termalnim vodama puno CO_2, a u nekim i H_2S, koji se na temperaturi tekućeg azota kondenzuju zajedno sa radonom i time onemogućavaju produvavanje uzorka, potrebno je izduvani gas voditi preko rastvora, gde se ovi gasovi zadrže. Postupak je sledeći: stakleni sud sa uzorkom priključi se na aparaturu i uzorak produva azotom (protok o,2 - o,5 l/min). Izduvani gas ide preko zasićenog rastvora KOH, 1o % rastvora $Pb(NO_3)_2$ i koncentrovane H_2SO_4 gde se apsorbuju CO_2, H_2S odnosno vlaga, a zatim preko U-cevi (dužine 1 m, premera 5 mm) napunjenom staklenim kuglicama i ohlađeno na temperaturu tekućeg azota, koja zadrži radon (9). Za potpuno izduvanje radona potrebno je dva litra gasa azota (1o). Na kraju U-cev i scintilaciona ćelija (11) se evakuišu, odvajaju



Slika 1: Aparatura za određivanje radona

od ostalog sistema i U-cev zagrije na sobnu temperaturu. Da bi se isterao sav radon iz U-cevi u scintilacionu ćeliju napuni se ova preko U-cevi azotom do atmosferskog tlaka. Alfa aktivnost u ćeliji meri se nakon tri sata. Vreme merenja iznosi 3o do 6o minuta. Kod ovih uslova osetljivost metode iznosi o,2 pCi/l sa greškom od 4o %, a iznad o,5 pCi/l greška je manja od 2o %.

Kad je radon već isteran iz uzorka, stakleni sud se zatvori za određeno vreme (3 - 5 dana), da bi se u njemu po istom postupku (samo bez KOH in $Pb(NO_3)_2$) izmerio radon, koji se je sakupio radioaktivnim raspadom iz radija. Time se posredno preko radona odredi koncentracija radijuma u uzorku (12).

REZULTATI

TAB. br.1

Koncentracije Rn-222 i Ra-226 u termalnim i mineralnim vodama na području Slovenije

uzorak	datum 1972	T(°C)	Rn-222 (pCi/l)	Ra-226 (pCi/l)
Topolščica: bazen	22.2.	-	32o	o,8
u bašti	22.2.	-	39o	o,8
Čatežke toplice: notr.baz.	13.5.	-	22o	-
vrtina u bašti hotela	13.5.	-	4o	2,5
vrtina kod puta	13.5.	-	96	o,9
Rimske toplice,kabina 13	24.6.	-	17	o,8
Toplice Laško	24.6.	-	143	3,4
Medijske toplice, Izlake	24.6.	-	15o	o,7
Rogaška slatina, Styria	8.7.	39	2	-
Atomske toplice, Podčetrtek	8.7.	35	365	o,4
Frankolovo	8.7.	18	765	1,o
Hansko	8.7.	12	3oo	1,o

uzorak	datum 1972	T(°C)	Rn-222 (pCi/l)	Ra-226 (pCi/l)
Dobrna	8.7.	35	27	o,6
Šmarješke toplice, zap.baz.	22.7.	32	25o	1,9
odprti bazen	22.7.	32	165	2,5
Dolenjske toplice	22.7.	36	84o	-
Pirnče	23.9.	2o	35o	3,8
Hotavlje	23.9.	21	415	2,5
Hotel Toplice, Bled	23.9.	22	95	o,4
Kostanjevica	14.11.	25	21o	-
Bušeca vas	14.11.	26	3oo	-
Toplice na Potoku	23.11.	21	168o	o,9
Banovci	19.8.	56	24	-
Moravci	19.8.	35	2o	-
Petanjci	19.8.	14	34	1,2
Radenci	19.8.	14	53	2,6

Rezultati merenja su sakupljeni u tabeli br.1. U većini slučajeva koncentracije radona u termalnim i mineralnim vodama nalaze se između 1oo i 4oo pCi/l, retko ispod 1oo ili iznad 7oo pCi/l. Merenja su pokazala, da ima najviše radona u vodi iz toplica na Potoku a zatim Dolenjskim toplicama i Frankolovom. Koncentracije radijuma kreću se između o,5 i 4 pCi/l. Ovi rezultati se slažu s onima iz godine 1956, međutim za Atomske toplice poznati su mnogo viši rezultati, mada o tom slučaju uzorci su uzeti na drugim mestima pa može doći do tako velikih razlika.

ABSTRACT

Radon-222 and Radium-226 concentrations were determined in all Slovenian hot spring and mineral waters. Direct α-scintillation method was applied.

BIBLIOGRAFIJA

(1) KIRIĆ D.M., Glas.hem.društ. Beograd, 35, 269, 197o
(2) PETROVIĆ D., PANOV D., Zbor.rad.IV.Jugosl.simp.radiol.zašt. Baško polje, 1, 233, 1969
(3) RADOVANOVIĆ R., et al, Proc.Symp.Int.Radioecol., Cadarache, 1, 1o65, 1969
(4) LEOVAC A., nepubliciran rad
(5) ĆIRIĆ V., VASILJEVIĆ P., Zbor.rad.I.Jugosl.simp.hidrolog.inž. geolog., Hercegnovi, 1, 55, 1971
(6) ČERČEK B., IJS Rep. 3,79, 1956
(7) POKRAJAC S., KONJEVIĆ S., Zbor.rad.I.Jugosl.simp.hidrolog.inž. geolog., Hercegnovi, 1, 2o5, 1971
(8) KOBAL I., KRISTAN J., Rad.VI.Jugosl.simp.zašt.ioniz.zrač., Ohrid, 1, 245, 1972
(9) KOBAL I., KRISTAN J., Radiochem.Radioanal.Letters, 1o, 291, 1972
(1o) KOBAL I., KRISTAN J., Mikrochim.Acta, 219, 1973
(11) KRISTAN J., KOBAL I., Health Phys., 24, 1o3, 1973
(12) RUSHING D.R. et al, Proc.Symp.Min.Mill.Nucl.Mat., 2, 184, 1964

VII Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari, Split, 22-26 oktobar 1973

Anovski T., Stoilovski G. i Kirkov P.

Centar za primena na radioaktivni izotopi vo stopanstvoto na SRM - Skopje

PRAĆENJE PRIRODNE DISTRIBUCIJE TRICIJUMA U ČOVEKOVOJ OKOLINI

Opisana je metoda odredjivanja niskih koncentracija tricijuma u vodenim uzorcima upotrebom tečnog scintilacionog spektrometra W 3320, proizvod firme Packard. Dat je kratak pregled distribucije tricijuma u vodama različitog porekla nekih oblasti u SR Makedoniji.

1. Uvod

U cilju zaštite životne sredine, koje iz dana u dan postaje sve aktualnije, nalaže se potreba za razvoj metoda brze i efikasne detekcije zagadjivanja kako bi se blagovremeno alarmiralo o pojavi štetnih po zdravlje materija i produkata.

U tom smislu detekcija tricijuma u atmosferi, vodi i drugim produktima sa kojima se dolazi u kontakt, prestavlja poseban interes obzirom da je on prisutan u navedenim sredinama u odredjenoj koncentraciji, koja može porasti kao rezultat nuklearnih reakcija proizvedenih ljudskom voljom (veštačka polucija tricijuma(1)).

Tricijum spada u red mekih Beta emitera sa E_{max} = 0,018 MeV i $T_{1/2}$=12,26 god što nalaže primenu osetljive merne tehnike. Rešenje ovog problema Omogućen je razvojem scintilacionih brojača osobito tečnih čije usavršavanje umnogome je olakšalo detekciju tricijuma.

Prisustvo tricijuma u čovekovoj okolini rezultat je pre svega kosmičkog zračenja u visokim slojevima atmosfere. Nuklearna reakcija stvaranja tricijuma može se prestaviti na sledeći način:

$$N^{14} (n, T) C^{12} \qquad (1)$$

Drugi izvor tricijuma koji može biti izrazitiji u zagadjenju životne sredine jeste rezultat čovekovog delovanja vršeći nuklearne eksplozije. Ovo se naročito manifestovalo u periodu od 1952 do 1963 god., period intenzivnih termonuklearnih eksplozija.

Tricijum nastali na pomenute načine u atmosferi, oksidacijom prelazi u vodi te zajedno sa atmosferskim padavinama dolazi na površinu zemlje, čime se stvara mogućnost za njegovo distribuiranje kako u površinskim i podzemnim tokovima tako i u živim organizmima. Koncentracija tricijuma u atmosferskim padavinama varira i kreće se za područje Srednje Evrope od 100 do 300 TE (jedna tricijumska jedinica TE predstavlja koncentracioni odnos jednog atoma tricijuma u odnosu na 10^{18} atoma vodonika). Količina tricijuma u biljkama kreće se oko $1 : 4 \cdot 10^{19}$ atoma tricijuma u odnosu na atome vodonika. Ovaj odnos je konstantan pod normalnim uslovima kosmičkog zračenja koji postoje u zemljinoj atmosferi i može biti narušen putem, ranije navedenih, nuklearnih procesa.

Maksimalne koncentracije tricijuma registrovane su u padavinama tokom 1963 godine i to pretežno u severnoj hemisferi. Ovo povećanje koncentracije bilo je i do 100 puta.

Obzirom da pretežni deo tricijuma oksidira i prelazi u vodi, to je posve razumljivo da će njegova povećana koncentracija u atmosferi povećati koncentraciju u padavinama, a ovo u sledećoj konsekvenci obogaćuje vodene mase tricijumom. Jedan deo tih vodenih masa se koristi za humanitarne svrhe i industrisko-poljoprivredne ciljeve i time dolaze u neposredni kontakt sa živim organizmima i posredno zagadjuju čovekovu okolinu.

Kako je glavni recipient tricijuma voda, to tricijum predstavlja i direktnu opasnost za ljudski organizam, jer preko vode za humane svrhe, biljnjih i animalnih produkata, radioaktivnim zračenjem, može prouzrokovati oštećenje organizma sa višestrukim i dalekosežnim posledicama. Okolina se može obogatiti tricijumom i drugim nuklearnim reakcijama za energetske potrebe ili naučno-istraživačkog rada. Radi navedenih razloga neophodno je praćenje distribucije tricijuma za studij zaštite čovekove okoline i zaštite od jonizujućih zračenja.

U ovom izlaganju priloženi su podaci promatranja o raspodeli tricijuma u nekim oblastima SR Makedonije, uz opis postupka za njihovu detekciju i eventualnu njihovu perspektivnu eliminaciju.

2. Eksperimentalni dio

U cilju praćenja distribucije tricijuma u čovekovoj okolini vršili smo više merenja koncentracije tricijuma u pojedinim uzorcima vode uzetih direktno kao atmosferske padavine, površinske ili podzemne tokove, kao i uzorci dobijeni kondenzacijom vodene pare iz

atmosfere, sa raznih područja SR Makedonije.

Merenje aktivnosti uzoraka vršili smo upotrebom tečnog scintilacionog brojača sa predhodnim obogaćivanjem uzoraka tricijumom putem elektrolize (2,3,). Kod toga je vodjeno računa da tokom obrada uzorci ne dolaze u kontakt sa atmosferom, kako ne bi došlo do sekundarnih izotopskih izmena i time sprečena kontaminacija uzoraka. Uzorci su čišćeni predhodnom destilacijom i predestilovani uzorak u količini od 250 ml podvrgnut je elektrolizi.

Elektroliza je vršena u čaličnim elektrolizerima, sa jačinom struje od 2-10 Amp u svakoj ćeliji, uz dodatak elektrolita (2,5 gr Na_2O_2).

Kao standardna komparativna kontrola paralelno sa uzorcima koji se mere pod jednakim uslovima vršena je elektroliza vode obogaćena tricijumom " spike water " u odnosu 1:6 ćelija, ove vode i uzoraka. Ovim je omogućeno praćenje redukcije volumena elektrolizom u uzorcima pomoću čega se odredjuje faktor obogaćenja. U našim ispitivanjima redukcija volumena je vršena u odnosu 250:20 čime je održavana reprodusibilnost eksperimentalnih uslova. Elektrolizirani uzorak je ponovo oslobadjan elektrolita destilacijom a time što je za direktno odredjivanje korišćena količina volumena od 10 ml destilata posle elektrolize. Ovom uzorku od 10 ml dodaje se isti alikvot scintilacionog rastvora (Insta gel) koji sadrži u sebi scintilacione materije osetljive na zračenje tricijuma. Pripremljeni uzorci stavljaju se u polietilenskim bočicama od 25 ml u kojima se vrši merenje.

Sama tehnika merenja realizira se na sledeći način:

1. Odredjuje se fon, koji se definiše sa uzorkom vode koja nije obogaćena tricijumom ("mrtva voda"), ista se registrira kao osnovna aktivnost.

2. Odredjuje se intenzitet zračenja standardnog uzorka, čime se dobijaju parametri za odredjivanje odnosa intenziteta zračenja prema TE (TE/imp).

3. Meri se intenzitet zračenja spike water-a pre (Ibe), i posle, (Iae) elektrolize, odredjuje se faktor obogaćivanja EF (enrichment factor) koji se koristi kod definitivnih proračunavanja sadržaja TE u uzorku:

$$EF = \frac{Iae}{Ibe} \qquad (2)$$

Dobijeni rezultati izmerenih uzoraka koriguju se na osnovnu aktivnost, vrši se transformacija imp u TE i reducira faktorom obogaćenja.

3. Rezultati i diskusija

Ovo preliminarno ispitivanje obuhvaća dio zapadne SR Makedonije (sl.1) i to :

Skopje	sa nadmorskom	visinom	oko	245 m.,
Kumanovo	"	"	"	285 m,.
Tetovo	"	"	"	450 m.,
Debar	"	"	"	590 m.,
Gostivar	"	"	"	630 m.,
Bitola	"	"	"	700 m.

Uzorci su mereni u periodu juni - avgust 1973 g. Uzimani su iz atmosferskih padavina, vode za piće, površinskih i podzemnih tokova i mineralnih voda.

Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabelama 1,2,3,4 i 5.

Kako se vidi iz Tab.1 koncentracija tricijuma u atmosferskim padavinama ispitivanog područja najniže su u Skopju a najviše u Bitoli, s time što se može uočiti izvesna pravilnost povećane količine tricijuma sa nadmorskom visinom.

Prema podacima IAEA iz Beča sadržaj tricijuma u atmosferskim padavinama u Beču za period juni - avgust 1972 g., odgovara onom u Debru. Ako se uzme u obzir da koncentracije tricijuma u Debru je jedna sredina izmedju Skopja i Bitola, to može se pretpostaviti da je srednja koncentracija za ispitivano područje cca 200 ± 50 TE, koje je ujedno i srednji godišnji prosek za Srednju Evropu.

Medjutim posve je drugačija slika u vodi koja se koristi za humane svrhe, voda u Tetovo (Tearce) ima 279 TE dok je u Skopju (Rašče) svega 67 TE (Tab.2), što pokazuje da je starost izvorišnih voda različita u različitim reonima,koje je veoma važno kod planiranja perspektivnih recipienata za humanitarne svrhe.

U odnosu na mineralne vode Vruća voda kod Kumanovo i Medžitlija kod Bitola pokazuju cca 5 puta manju koncentraciju od atmosferskih padavina, dok se u Žilče u Pološkoj kotlini reducira na 0 TE koja se može smatrati kao "mrtva voda" (Tab 3).

Od posebnog značaja za kontaminaciju čovekove okoline tricijumom može poslužiti ispitivanje kocentracija tricijuma u atmosferi u Skopju (Tab 4). Iz tabele se vidi da je koncentracija tricijuma

TAB. 3

Koncentracija tricijuma u nekim mineralnim vodama

Lokalnost	Datum merenja	Konc. u TE
Medžatlija	20.06.1973	42,3 ± 2,6
Vruća voda	8.06.1973	39,6 ± 4,5
Žilče	20.06.1973	0 ± 0

TAB. 4

Koncentracija tricijuma u atmosferi Skopja

Lokalnost	Datum merenja	Konc. u TE
Karpoš II	20.03.1973	205 ± 17
"	20.04.1973	183 ± 30
"	20.07.1973	214 ± 30

TAB. 5

Koncentracija tricijuma u površinskim tokovima

Lokalnost	Datum merenja	Konc. u TE
r.Vardar, Tetovo	20.06.1973	163,6±6,8
r.Vardar, Skopje	"	125,0±6,0
r.Bistrica, Polog	"	151,0±4,2
r.Sapunčica, Bitola	"	185,0±8,6
r.Radika, Debar	4.04.1973	181,0±11,0
potok P.Šapka	25.01.1973	230,0±9,0

Abstract

It is described the method of determination of low concentration of tritium in aqueous samples with Liquid Scintilation Spectrometer. It is presented a short review of tritium distribution in the water of different origines in some areas of SR Macedonia.

Literatura:

1. Kopija internog izveštaja IAEA, 1972.

2. Payne B.R., Environmental isotope techniques for the hydrologists, Jour. of the British Nuc.En.Soc., 26,Jan.1971.

3. Yakimenko L.M, Mogiljovskaja I.D.,Tkaček Z.A. Elektroliz vodi. Izd-vo " Himija", M.,1970.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu
od zračenja, Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

A. Bauman, N. Franić, M. Baumštark, M. Juras
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU
Zagreb

ODVAJANJE ALKALIJA I ZEMNIH ALKALIJA IONSKIM IZMJENJIVAČIMA

Na smoli Dowex 50 X-8 /50-100 mesha/ testirana su dva postupka za odvajanja kalija, ^{137}Cs, kalcija, ^{85}Sr, ^{140}Ba iz uzoraka životne sredine. Metode su prikladne za velike serije uzoraka.

Odvajanje i mjerenje radioaktivnosti u uzorcima životne sredine zahtjeva veliku osjetljivost obzirom na preostale niske aktivnosti. U slučaju kada se zahtjeva kompleksna analiza stabilnih i radioaktivnih kationa, ionski izmjenjivači su se pokazali kao pogodno sredstvo za separaciju.

Mi smo u ovom radu ispitivali Dowex 50 X-8 /50-100 mesha/ i to na koloni od Pyrex stakla unutarnjeg promjera 2,5 cm i visine 1,5 m. Stupac smole u koloni iznosio je ø 2,5 cm i visine 80 cm. Odvojeni su ovi kationi: kalcij, izmjeren u svakoj frakciji kompleksometrijski uz fluorekson kao indikator [1] kalij, određen gravimetrijski Kaligno-stom[2], ^{85}Sr, ^{137}Cs određeni su radiometrijski mjerenjem pojedinih frakcija gamaspektrometrijom.

1. postupak: redoslijed eluiranja počeo je od natrija i kalija eluiranih 0.15 M solnom kiselinom uz brzinu protjecanja od 3 ml/min[3], zatim je eluiran ^{137}Cs, 0.5 M amonijevim kloridom. Na koncu su separirani s kolone kalcij 0.75 M NH_4-acetatom i ^{85}Sr 3 M solnom kiselinom. Gama spektar isprane smole nije pokazivao nikakvu rezidualnu aktivnost. Separacija je kvantitativna.

2. postupak: razradjen je za odvajanje ^{140}Ba iz uzoraka mlijeka[4]. Postupak eluiranja odvija se na isti način kao kod gornje metode, medjutim nakon separacije kalcija 0.75 M NH_4-acetatom, eluiraju se ^{85}Sr i ^{140}Ba samo 2 M NH_4-acetatom.

Postupak 1. ispitan je na uzorcima lucerne, kelja, pšenice i mlijeka. Kod primjene 0.15 N solne kiseline, nesmije se prikoračiti ta koncentracija, jer dolazi do parcijalnog eluiranja zemnih alkalija. NH_4-acetat je odabran jer najmanje podliježe malim promjenama sobne temperature, jeftin je, a barij eluira tek kod 2M koncentracije.

Oba postupka prikladna su za veliki broj uzoraka, 6-10 dnevno. Nedostatak metode, zbog velike količine uzorka (do 20 g pepela), je veliki volumen eluirajućih sredstava, do 3 l po pojedinom kationu, što uz malu brzinu protoka produljuje analizu barem na 8 dana. Kako se radi godišnje samo ograničen broj uzoraka, metoda zahtjeva suviše radnih sati, pa je zbog trenutne neekonomičnosti napuštena.

An ion exchange method is described with 2 alternatives for the separation of potassium, calcium, ^{85}Sr and ^{137}Cs suitable for routine analysis of large number of environmental samples. The second alternative includes the separation of ^{140}Ba.

1. Bauman A. Tagliatti S.: Arh. hig. rada, 15, 399 /1964/
2. Bauman A.: Arh. hig. rada 18 /1967/ 155
3. Ferraris M. Health Phys.: 10, 833 /1964/
4. Kiseljak B.: Diplomski rad, Tehn. fakultet, Zagreb /1969/

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

R. Brnović
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

EKOLOŠKI ASPEKTI KONTAMINACIJE STOČNE HRANE, MLEKA I ŽIVOTINJSKIH KOSTIJU STRONCIJUMOM 90 NA TERITORIJI SR SRBIJE

Rezime

Ispitivani su nivoi kontaminacije stočne hrane, mleka i životinjskih kostiju stroncijumom 90 na teritoriji SR Srbije za period 1963-1970.g. Utvrdjeni su sledeći radioekološki faktori za ovaj izotop (izraženi u pCiSr90/grCa): mleko/trava, seno = 0,12; odrasla životinjska kost/trava, seno= 0,25; mlada životinjska kost/trava seno=0,42.

Uvod

Poznato je da je Sr 90 jedan od najštetnijih radioizotopa koji se zadnjih 30 god. nalazi u životnoj sredini čoveka. Kao rezultat nuklearnih testova on se iz atmosfere deponuje preko čvrstih i tečnih padavina i ulazi u biociklus ekološkog lanca sledeći kalcijum.

Cilj ovog rada bio je da se upoznaju nivoi kontaminacije stočne hrane, mleka i životinjskih kostiju stroncijumom 90 na širem geografskom području. Kao model za takva ispitivanja uzeta je teritorija SR Srbije. Sakupljačka mreža uzoraka obuhvatila je područja značjna po lokalitetu i ekonomskim uslovima (Beograd, Novi Sad, Niš, Kragujevac, Priština). U cilju što potpunije ekološke analize u pojedinim mestima bila je ustanovljena kontrola vertikalnog tipa, odnosno praćen je sadržaj Sr 90 počev od vazduha, padavina, zemljišta, preko biljaka, zatim mleka, do životinjskih kostiju.

Na osnovu velikog broja rezultata dobijenih tokom dužeg vremenskog perioda (1963 - 197o g.), bilo je moguće ustanoviti diskriminacione faktore za Sr 9o pri njegovom prelazu iz stočne hrane u mleko ili u životinjsku kost.

Rezultati i diskusija

Rezultati kontrole sadržaja Sr 9o u padavinama, mleku, stočnoj hrani i životinjskim kostima na teritoriji SR Srbije za period 1963 - 197o g., prikazani su u tabelama 1,2 i 3.

TAB. 1

Sr 9o u padavinama i mleku

God.	glob.padavine mCiSr90/km^2	mleko pCiSr9o/grCa
1963	12,1	12,o
1964	7,9	13,6
1965	5,6	1o,3
1966	2,2	5,3
1967	1,6	4,o
1968	1,3	3,3
1969	1,7	5,1
197o	2,5	4,8

TAB.2

Sr 90 u stočnoj hrani (pCiSr90/grCa)

God.	Vrsta uzorka	lucerka	seno	silaža
1963		182,4	3o7,o	97,6
1964		17o,o	118,o	88,3
1965		47,3	1o7,6	24,8
1966		9kl	42,7	2o,6
1967		22,2	46,o	12,3
1968		15,o	15,9	15,6
1969		36,4	56,1	44,7
197o		2o,1	52,7	29,o

TAB.3

Sr 90 u životinjskim kostima u Srbiji

Godina	Vrsta živ.	Vrsta kosti	Aktivnost Sr 9o pCi/grCa
1964	krava	duga kost	23,3
		kičmeni pršljen	71,6
	tele	duga kost	51,3
		kičmeni pršljen	58,4
1965	krava	duga kost	23,3
		kičmeni pršljan	27,4
	tele	duga kost	34,1
		rebro	35,3
1966	krava	rebro	9,o
	tele	duga kost	1o,1
		rebro	37,6
	svinja	rebro	19,6
	jagnje	rebro	36,5

NASTAVAK TAB.3

Godina	Vrsta živ.	Vrsta kosti	aktivnost Sr 9o pCi/grCa
	krava	duga kost	9,1
		prišljen	15,9
		rebro	11,7
1967	tele	duga kost	11,8
		kičmeni prišljen	12,1
		rebro	1o,5
	jagnje	kičmeni prišljen	48,3
	ovca	duga kost	29,o
	krava	duga kost	7,9
		kičmeni prišljen	8,9
		rebro	9,3
1968	tele	duga kost	14,2
		rebro	5,3
	svinja	duga kost	9,6
1969	krava	duga kost	12,2
		rebro	25,5
	tele	duga kost	7,1
	svinja	duga kost	4,1
197o	krava	duga kost	6,6
		kič.prišljen	5,4
	tele	duga kost	2,5
		kičm.prišljen	2,5

Prema ispitivanjima Russell-a (1) i Aarkrog-a (2) kao i po rezultatima naših proučavanja (3) utvrdjeno je da postoji visoka korelaciona zavisnost izmedju koncentracije Sr 90 u mleku, stočnoj hrani i životinjskim kostima u odnosu na sadržaj Sr-90 u globalnim padavinama (fall-out).

Navedeni autori su predložili sledeći model za procenjivanje srednjih godišnjih nivoa Sr 9o u mleku:

$$Cm = aFr + bFl + cFd$$

gde je:

Cm = srednja godišnja konc. Sr 9o u mleku (pCiSr90/grCa)

Fr = depozicija Sr 9o preko globalnih padavina u tekućoj godini (mCiSr90/km^2/god)

Fl = depozicija Sr 9o u toku zadnjih 6 meseci prethodne godine

Fd = akumulirani depozit Sr 9o u zemljištu (mCi/km^2)

a,b i c su konstante proporcionalnosti karakteristične za odredjenu teritoriju.

Na osnovu naših podataka za godišnji i kumulativni depo Sr 9o i koncentraciju Sr 9o u mleku, za period 1963-197o.g., izračunali smo matematičkom metodom najmanjih kvadrata ove koeficijente za geografsko klimatske uslove i lokalitet SR Srbije. Vrednosti su sladeće: a=o,5; b=1,6 i c=o,o3.

Prema datom modelu, sa poznatim faktorima proporcionalnosti i vrednostima Sr 9o u globalnim padavinama i depou u zemljištu, moguće je proceniti koncentraciju Sr 9o u mleku.

Proučavajući nivoe kontaminacije stočne hrane, mleka i životinjskih kostiju stroncijumom 90, uočili smo da postoji izvesna diskriminacija izmedju Sr 9o u odnosu na kalcijum u ovim članovima ekološkog lanca. Na području Beograda, Novog Sada i Niša analizirali smo odnos stroncijuma 9o u mleku i travi-senu i došli do sledećeg podatka o njegovoj srednjoj vrednosti.

$$\frac{\text{Sr 90 u mleku (pCi/grCa)}}{\text{Sr 90 u travi-senu(pCi/grCa)}} = 0,12$$

Više autora u svetu (4), (5),(6), došlo je do sličnih rezultata. Vrednosti ovog diskriminacionog faktora kreću se u intervalu 0,08-0,18. Tako dolazimo do zaključka da je ovaj odnos uglavnom konstantan za različite uslove ishrane i različitu kolličinu kalcijuma unetu u životinjski organizam. To takodje znači da je kontaminacija kalcijuma stroncijumom 90 umanjena prosečno za faktor 10 u kravljem mleku u odnosu na stočnu hranu.

U periodu 1964-1968.g. analizirali smo odnos Sr90/Ca u životinjskoj kosti i ishrani uzimajući u jednom slučaju prosečnu kravlju kost a u drugom teleću kost. Došli smo do sledećih rezultata o srednjim vrednostima ovih diskriminacionih koeficijenata:

$$\frac{\text{Sr 90 u odraslog kosti (pCi/grCa)}}{\text{Sr 90 u travi-senu(pCi/grCa)}} = 0,25$$

$$\frac{\text{Sr 90 u mladoj kosti (pCi/grCa)}}{\text{Sr 90 u travi-senu (pCi/grCa)}} = 0,42$$

U literaturi smo našli da se vrednosti ovih faktora za odraslu kost kreću u intervalu 0,047-0,33 (7) a kod mladih organizama je ovaj odnos znatno veći a ponekad i nema diskriminacije u odnosu na Ca, pa on ima vrednost 1.
Iz ovoga možemo zaključiti da se Sr 90 intenzivnije deponuje u mladim kostima nego u starijim.

Zaključak:

Naši rezultati pokazuju da se zavisno od stratosferske zalihe stroncijuma 90, njegova aktivnost opaža u ekološkom lancu: padavine, biljke za stočnu ishranu (trava,lucerka), mleko i životinjske kosti. Najveći sadržaj Sr 90 u ovom delu ekološkog lanca zapažen je tokom 1963-64.god. kao posledica intenzivnih nuklearnih eksplozija 1961-62.g.

Utvrdjena je visoka korelaciona zavisnost izmedju sadržaja Sr 90 u padavinama s jedne strane i stočnoj hrani, mleku i životinjskim kostima s druge strane. To pruža mogućnosti

za formiranje matematičkih modela za procenjivanje aktivnosti Sr 9o u pojedinim članovima ekološkog lanca na osnovu poznatog depos Sr 9o u padavinama i zemljištu.

Opsežna ispitivanja radioekoloških faktora za Sr 9o na teritoriji Srbije pokazuju da se pri transferu ovog izotopa iz stočne hrane u mleko njegova aktivnost u odnosu na kalcijum smanjuje za oko 1o puta,a pri prelazu iz stočne hrane u odraslu životinjsku kost na četvrtinu odnosno na polovinu ako je u pitanju mlada životinjska kost.

Ovi rezultati ukazuju na ekofiziološke procese inkorporacije Sr 9o u organizme.

Abstract

Ecological aspects of Sr 9o contamination of animal feeds and milk and animal bones in Srbija

The level of Sr 9o contamination of the animal feeds, milk, and animal bones in Srbija for period 1963-197o was studied. Radioecological factors for Sr 9o(pCiSr90/grCa) were established: milk/grass or hay = o,12; adult animal/gras or hay=o,25; infantamimal/grass or hay = 0,42

Literatura

1. Russell, R., S.: Radioactivity and human diet, Pergamon Press, 1966

2. Aarkrog, A.: Health physics, Vol.2o,No 3, 1971

3. Brnović, R.: Magisterski rad, 1973

4. Comar, C.L. et al: Health physics 7,69 (1961)

5. Pellerin, P. et al: Rapport SCPRJ No 115,1967

6. Švedov, V.P.Širokov, S.J.: Radioaktivnije zagrazneuija vnešnej sredi, Gosatomizdat, 1962

7. Buldakov, L.A., Moskalev, Ju.I.: Problemi raspredelenja i eksperimentalnoj ocenki dopustimih urovnej Cs-137, Sr 90 i Ru-106, Atomizdat 1968

VII Jugoslovenski simpozijum - Zaštita od zračenja
Kaštel Stari, 22. do 26. oktobra 1973.

R. Brnović
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

KONTAMINACIJA BILJAKA STRONCIJUMOM 90 U POLJSKIM USLOVIMA

Rezime

Ispitivana je dinamika ulaska Sr 9o u biljku, pa je pokazano da se najveći deo aktivnosti ugradjuje u nadzemni deo biljke pretežno u lišće. Ova distribucija vrši se postupno tokom rasta biljke i u fazi dozrevanja ploda je najintenzivnija. Naši rezultati pokazuju da se u poljskim uslovima u žitaricama (pšenica i kukuruz), Sr 9o distribuira na sledeći način: list i stablo-8o% aktivnosti, koren-15% aktivnosti i zrno 1-5% od ukupnog sadržaja Sr 9o u biljci.

Uvod

Sa tačke gledišta kontaminacije ljudske hrane stroncijumom 9o važno je poznavati kojim se putem i u kolikoj meri biljka može kontaminirati ovim fisionim produktom u prirodnim uslovima.

Postoje dva mehanizma koja uslovljavaju unošenje Sr 9o u biljku. To su:

- direktna apsorpcija Sr 9o iz vazduha i padavina preko nadzemnog dela biljke.
- indirektna apsorpcija Sr 9o iz zemljišta korenim sistemom biljke

Russell (1) i Rivera (2) su pokazali da globalna kontaminacija biljaka zavisi od kumulativnog depoa Sr 9o u zemljištu i količine

Sr 9o u padavinama u vreme rasta biljke.

Ova zavisnost može se izraziti opštom jednačinom:

$$G = aD + bF \quad \text{gde je:}$$

G = globalna kontaminacija biljke
D = kumulativni depo Sr 9o u zemljištu
F = Sr 9o u padavinama
a i b su koeficijenti koji se u odredjenim uslovima mogu izračunati.

U vreme intenzivnih nuklearnih eksperimenata u atmosferi direktna kontaminacija ljudske i stočne hrane putem padavina je prioritetna u odnosu na kontaminaciju biljake iz zemljišta preko korena, dok je u vreme niske aktivnosti padavina situacija obrnuta.

Distribucija Sr 9o u biljkama

Pri kontaminaciji biljke stroncijumom 9o, bilo da se radi o direktnom ili indirektnom unošenju ovog izotopa u biljku, najveći procenat aktivnosti nalazi se u njenom nadzemnom delu, i to u lišću i stablu, zatim u korenu i najzad u plodu (3,4,5).

Judinceva i Guljakin (3) su u ogledima sa pšenicom pri programiranim uslovima (doza od o,1 uCi Sr 9o na 3,5 kg peščanog zemljišta i odredjena količina djubriva i minerala) našli da se u različitim periodima rasta biljke 7o-9o% aktivnosti Sr 9o nalazi u nadzemnom delu pšenice, dok se u zrnu nalazi 1-5% aktivnosti Sr 9o.

Tokom 1971. g. mi smo pratili sadržaj stroncijuma 9o u pšenici, kukuruzu i lucerki u periodu rasta i dozrevanja biljaka (maj-septembar) na poljoprivrednom kombinatu - Beograd. Proučavali smo distribuciju Sr 9o u listu, stablu i korenu kod ovih biljaka (6). Ispitivanja su vršena u prirodnim, poljskim uslovima. Rezultati naših ispitivanja prikazani su u tabeli 1.

TAB. 1.

Dinamika i distribucija Sr 9o u toku rasta biljke

Vrsta biljke	Vreme sakupljanja	pCiSr9o / kg svežeg uzorka	Distribucija Sr 9o(%)
Pšenica I (dobro Dunavac)	rani period rasta		
List		22,o	18,7
stablo		58,9	5o,3
koren		36,3	31,o
	period dozrevanja ploda		
list		116,8	48,5
stablo		93,5	38,9
koren		3o,3	12,6
Pšenica II (dobro Lepušnica)	rani period rasta		
list		24,4	2o,7
stablo		34,7	29,4
koren		58,9	49,9
	period dozrevanja ploda		
list		128,5	5o,6
stablo		83,3	32,8
koren		39,5	15,5
zrno		2,9	1,1
Kukuruz (dobro Dunavac)	rani period rasta biljke		
list		43,2	46,2
stablo		22,7	24,3
koren		27,6	29,5

Nastavak TAB.1

Vrsta biljke	Vreme sakupljanja	pCiSr90 / kg svežeg uzorka	Distribucija Sr 90(%)
	period dozrevanja ploda		
stablo+list		114,1	76,1
koren		28,0	18,7
zrno		7,8	5,2
Kukuruz (dobro Lepušnica)	rani period rasta biljke		
list		29,4	42,9
stablo		24,1	35,2
koren		15,0	21,8
	period dozrevanja biljke		
stablo+list		73,9	74,7
koren		20,9	21,1
zrno		4,1	4,2
Lucerka (dobro Lepušnica)	rani period rasta biljke		
nadzemni deo		87,3	56,8
koren		66,5	43,2
	kasni period rasta		
nadzemni deo		151,0	70,1
koren		64,3	29,9

Rezultati pokazuju da se sa rastom pšenice kukuruza i lucerke povećava sadržaj Sr 9o u nadzemnom, posebno lisnatom delu biljke. U vreme sazrevanja pšenice 88-85% Sr 9o nalazi se u lišću i stablu biljke, dok se svega 1,1% nalazi u zrnu pšenice. Kod kukuruza se oko 75% aktivnosti Sr 9o nalazi u lišću i stablu a oko 5% u zrnu biljke. Kod lucerke je ova distribucija nešto slabije izražena naročito u ranoj fazi kada je sadržaj Sr 9o u korenu 43% u odnosu na 56% u nadzemnom delu. U kasnijem periodu se Sr 9o znatno više distribuira u nadzemni deo lucerke (oko 7o%).

Zaključak

Iz navedenih rezultata merenja možemo zaključiti da postoji izvesna zakonomernost distribucije Sr 9o u biljci tj. intenzivnija akumulacija ovog izotopa u nadzemni posebno lisnati deo biljke u odnosu na koren i plod. Ispitivanja vršena u znatno različitim uslovima geohemijskih osobina zemljišta, klimatskih karakteristika, sadržaja Sr 9o u zemljištu i padavinama i dr. pokazuju analogiju ove distribucije.

Takodje se može preporučiti da se u slučajevima intenzivnije kontaminacije biosfere stroncijumom 9O, ne koristi lisnato povrće (spanać, salata i dr.) za ljudsku ishranu. Kod žitarica je situacija znatno povoljnija, obzirom da se u zrnu nalazi svega 1-5% aktivnosti od ukupnog sadržaja Sr 9o u biljci.

Abstrakt

PLANT Sr 90 CONTAMINATION IN FIELD CONDITION

The Sr 9o distribution in plants (wheat and mais) in field conditions was studied. It was found that 8o% of activity was in the upper part of the plant, 15% in the root and 1-5% in the grain.

Literatura

1. Russell, S.R., : Nature (1958), 182, 834-839

2. Rivera, J., : Science (1961), 133, 755-756

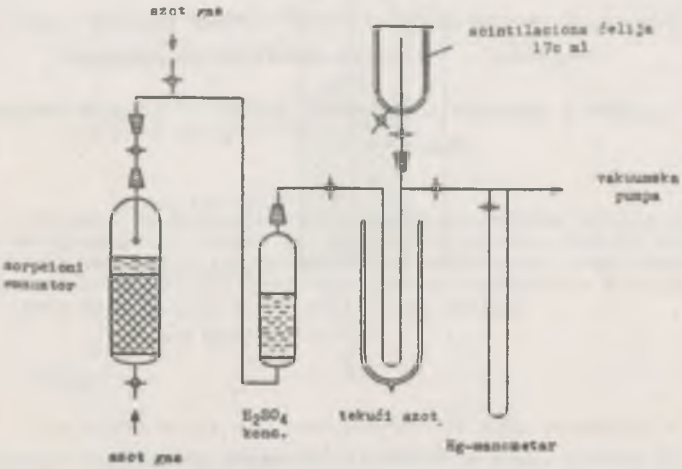
3. Judinceva, E. V., Guljakin, I. V.,: Agrohimija radioaktivnih izotopov stroncija i cezija. Atomizdat, Moskva, 1968.

4. Fowler, E. B. (Editor): Radioaktive Fallout, Soils, Plants, Foods, Man. Elsevier, New-York, 1965.

5. Bittel, R., Clement, J.L.,: CEA, No 53, 1965.

6. Brnović, R.: Magistarski rad, 1973

grije na sobnu temperaturu, čime radon uđe u ćeliju. Aktivnost scintilacioni ćeliji meri se na alfa brojaču nakon tri sata.



Slika 2: Aparatura za određivanje radona

REZULTATI DISKUSIJE

U tabeli 1 dati su rezultati kontrolnih merenja, u kojima smo određivali radijum u "sintetičkim" uzorcima, dobivenim dodavanjem određene množine standardnog rastvora $RaCl_2$ destiliranoj, gradskoj odnosno "veštačkoj mineralnoj" vodi u kojoj je bila koncentracija Li, Na, K, Mg, Ca i Sr; 2,38; 2085; 162; 710; 410 odnosno 8,75 (izraženo u ppm), što su najveće koncentracije nađene u našim vodama (8). Rezultati kažu dobro slaganje stvarnih i iz-

merenih vrednosti. Greške veće od 1o % retko se javljaju.

TAB. br.1

Koncentracije radijuma u sintetičkim uzorcima vode

uzorci vode	stvarna (pCi/l)	izmerena (pCi/l)
2o l gradske vode + 2oo pCi Ra-226	1o,2	1o,7
2o l gradske vode + 2oo pCi Ra-226	1o,2	1o,9
2o l destilirane vode + 4 pCi Ra-226	o,2	o,17
2o l destilirane vode + 4 pCi Ra-226	o,2	o,19
2o l destilirane vode + 4 pCi Ra-226	o,2	o,17
2o l destilirane vode + 4 pCi Ra-226	o,2	o,18
2o l "sintet.mineral." + 2oo pCi Ra-226	1o,o	9,8
2o l "sintet.mineral." + 2oo pCi Ra-226	1o,o	1o,7

TAB. br.2

Koncentracije radijuma u nekim vodama

uzorci vode	datum	(pCi/l)
gradska voda u Ljubljani	26.6.72.	o,16
Sava u Šentjakobu	24.7.72.	o,14
Kokra u Predvoru	24.7.72.	o,3o
Sora u Gorenjoj vasi	17.8.72.	o,4o
Brebovnica u Todražu	17.8.72.	o,55
Mura u Petanjcima	19.8.72.	o,o6
Drava u Ptuju	19.8.72.	o,51
Voda iz rudnika urana Ž.V.	21.8.72.	2,26

Pomoću ove metode izmere su koncentracije radijuma u nekim rekama, a rezultati su sakupljeni u tabeli 2. Uzimanjem 2o litara uzorka, donja granica određivanja jeste o,o3 pCi/l, što je za rečne i bunarske vode dovoljno. Kod niskih koncentracija uzima se uvek sveži izmenjivač, međutim kod većih može se upotrebiti i izmenjivač regeneriran pomoću 1 M amonijum citrata (5).

ABSTRACT

A method is described in which Ra-226 is concentrated from a 2o liter water sample by sorption on a cationic ion exchange resin in NH_4^+ - form followed by emanometric determination of radium sorbed on the resin by means of a scintillation cell. The sensitivity of the method is o,o3 pCi/l.

BIBLIOGRAFIJA

(1) SZY D., SOMOGYI Cs., nepubliciran rad
(2) SZY D., URBAN A., Mikrochim.Acta 1971, 131, 1971
(3) HUSHING D.R. et al, Proc.Symp. Radiol.Helath & Saf.Mining & Mill.Nucl.Mat., 2, 187, 1964
(4) KOBAL I., KRISTAN J., Mikrochim.Acta 1973, 219, 1973
(5) SENEGAČNIK M., PALJK Š., Z.Anal.Chem. 3o6, 1969
(6) SHAHIN M., Diplomski rad, Univerza u Ljubljani, 1972
(7) KRISTAN J., KOBAL I., Health Phys. 24, 1o3, 1973
(8) PODOBNIK B., DULAR M., KOROŠIN J., Mikrochim.Acta, 1965, 1o73

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari, 22-26. oktobra 1973.

RADIOAKTIVNOST MORSKE VODE SJEVERNOG JADRANA

MARKOVINOVIĆ I. i STROHAL P.
Institut "Rudjer Bošković"
Centar za istraživanje mora
R o v i n j

U V O D

U posljednjih dvadeset i pet godina veliku pažnju izazvala su istraživanja radioaktivnosti mora. Iako je poznato da se širok spektar umjetno stvorenih radionuklida može naći u morskoj vodi, organizmima ili u morskim sedimentima najveću pažnju istraživači su usmjerili na radiokontaminaciju organizama, na transport pojedinih radionuklida u hranidbenom lancu mora te na potencijalne opasnosti po čovjeka kao posljednje karike tog hranidbenog lanca. Radionuklidi koji su najčešće mjereni bili su fisioni produkti nastali prilikom nuklearnih eksplozija, korozirani odnosno aktivacioni produkti, te ostaci nuklearnog goriva koje nije učestvovalo u reakciji. U posljednjoj dekadi kao ozbiljniji radiokontaminanti mora pojavili su se i svi ovi produkti odbacivani iz raznih nuklearnih postrojenja, prvenstveno onih za obradu ozračenog goriva (reprocesing). Veliki proizvodjači nuklearne energije imaju posljednjih godina mnogobrojne probleme s odbacivanjem ili deponiranjem velikih količina radioaktivnih otpadaka. Dalji razvoj nuklearne tehnologije i izgradnje velikog broja nuklearnih elektrana još će umnogostručiti količine radioaktivnih otpadaka koje treba odbacivati ili deponirati. Londonska konvencija, koju je potpisalo preko tridesetak zemalja, dozvoljava odbacivanja takovih radioaktivnih otpadaka u mora.

Imajući sve to u vidu, nameće nam se potreba stalne kontrole radioaktivnosti mora. Ovo je od posebnog interesa za zemlje koje su locirane uz tzv. zatvorena mora i koje imaju razvijenu turističku privredu. Uz već postojeća višegodišnja istraživanja radiokontaminacije

organizama u sjevernom Jadranu prišli smo i analizi radiokontaminacije morske vode. Pri tome treba imati u vidu da takovi podaci mogu poslužiti za procjenu rezervoara radioaktivnosti u nekoj regiji, ali kontrolu radiokontaminacije treba pratiti putem tzv. indikatorskih organizama koji su najosjetljiviji pokazatelji kontaminacije.

Eksperimentalni dio

Radioaktivnost morske vode odredjuje se redovito bez prethodne obrade, tj. bez provodjenja separacije suspendirane materije i planktona. Zbog veoma niskih koncentracija većine radionuklida u morskoj vodi za analizu se uzimaju veliki volumeni, najčešće i po nekoliko stotina litara.

Dosadašnji rezultati (1,2,3) ukazuju da se kao polutanti javljaju u području sjevernog Jadrana radionuklidi Zr^{95}-Nb^{95}, Ce^{144}, Ru^{106} i drugi. Iako je njihova količina u biološkim uzorcima često signifikantna može se reći da je njihov vijek u morskoj vodi limitiran djelovanjem mnogobrojnih fizičko-kemijskih, geokemijskih i bioloških procesa. Zbog toga oni se prije ili kasnije nadju u sedimentu ili su vezani na suspendiranu materiju u moru. Jedan od rijetkih radionuklida koji uglavnom ostaju u morskoj vodi se potpuno nalazi u ionskoj formi jeste Cs^{137} Prema tome koncentracija tog radionuklida može nam direktno dati stepen kontaminacije odredjenog područja.

Mnogobrojne analitičke metode za odredjivanje Cs^{137} u moru opisali su Folsom i Sreekumaran (4). U našim istraživanjima mi smo primjenjivali metodukoju je prethodno opisao Boni (5).

Navedena metoda se zasniva na sintezi ionoizmjenivačke smole u literaturi poznate pod nazivom KCFC koja se vrši na slijedeći način:

2,4 zapremnine 0,3M otopine kobalt nitrata pomješamo 1 zapreminom 0,5M otopine kalij ferocijanida. Mješamo 30 minuta magnetnom mješalicom i centrifugiramo pri 5000 ob/min. Dobiveni talog kalij kobaltferocijanida (KCFC) ispiramo destiliranom vodom i ponovno centrifugiramo. Ovu operaciju ponavljamo dok nam se ne izgubi ljubičasta boja otopine od kobaltove soli. Talog sušimo 24 sata na 110°C, mrvimo u avanu i prosijavamo kroz sita dobivajući granule veličine 40-60 Mesh-a.

Za analizu cezija koristimo kolonu slijedećih dimenzija:
h = 10 cm ø = 2 cm, sinter staklo poroznosti 0.

Kroz kolonu u koju smo stavili 15 g kalij kobaltferocijanida (KCFC) propuštamo 400 - 500 litara morske vode, brzinom 35 ml/min. Nakon toga KCFC isperemo sa 40 cm^3 1N dušične kiseline, sušimo 24 sata na 110°C i mjerimo gama spektar.

Rezultati i zaključak

Rezultati koncentracija radiocezija u uzorcima morske vode sjevernog Jadrana prikazani su u tabeli 1.

TAB. br. 1

Koncentracija Cs^{137} u uzorcima morske vode sjevernog Jadrana

uzorak broj	mjesto sakupljanja	datum sakupljanja	koncentracija Cs-137
1	Limski kanal	15.1.1973.	0,347 pC/l
2	Banjole	9.2.1973.	0,348 pC/l
3	Točka 9	15.3.1973.	0,266 pC/l
4	Limski kanal	19.4.1973.	0,209 pC/l
5	Banjole	17.5.1973.	0,426 pC/l
6	Limski kanal	11.6.1973.	0,345 pC/l

Dobiveni rezultati ukazuju da kontaminacija radionuklidima sjevernog Jadrana ne predstavlja za sada značajniji radiološki problem. Rezultati su u suglasnosti sa podacima koje navodi grupa sovjetskih istraživača (6) za područje Jadrana za 1968. godinu. Jasno je da je koncentracija Cs-137 u sjevernom Jadranu viša u odnosu na srednji ili južni Jadran, jer je doprinos sjeverno talijanskih rijeka značajan faktor u tim procesima.

Iako neki rezultati ukazuju i na prisustvo drugih radionuklida u vodi sjevernog Jadrana, smatramo da se kontrola radiokontaminacije tog područja radionuklidima proizvedenih nuklearnim eksplozijama može uspješno vršiti praćenjem nivoa radioaktivnosti Cs-137 koji se najduže zadržava u morskoj vodi. To je u skladu sa sugestijama sovjetskih autora, koji predlažu odredjivanje Sr-90 i Cs-137 u morskoj vodi u svrhu kontrole radiozagadjenja fall-out radionuklidima.

Zaključno možemo naglasiti, da se primjena odredjivanja Cs-137 pomoću kalijeva kobaltferocijanida pokazala veoma pogodna i omogućuje nam praćenje stepena kontaminacije tog areala.

Results and conclusions

Results on the concentration of radiocaesium in samples of sea water from northern Adriatic are shown in Table 1.

The obtained results indicate that the contamination of northern Adriatic with radionuclides for the moment does not represent a significant radiological problem. The results corroborate those quoted by the group of soviet researchers (6) for the Adriatic in 1968. It is evident that the Cs-137 concentration is higher in the northern Adriatic when compared with that in the middle and southern Adriatic, because of the contribution of rivers from northern Italy is significant factor in these processes.

Although some results indicate the presence of other radionuclides in the waters of northern Adriatic, we consider that the monitoring (control) of the radiocontamination of this region by radionuclides of fall-out origin can successfully be accomplished by following the level of Cs-137 radioactivity because it is retained in sea water for the longest period. It is in accordance with the suggestion of soviet authors, who are recommending the determination of Sr-90 and Cs-137 in sea water for monitoring of fall-out radionuclides.

In conclusion we can emphasise that the application of potassium cobaltferocianid in Cs-137 determination proved to be very convenient and enables the monitoring of the contamination level of this area.

B I B L I O G R A F I J A

1. STROHAL, P., S. LULIĆ, Z. KOLAR, O. JELISAVČIĆ and S. KEČKEŠ: Gamma spectrometric analyses of some North Adriatic organisms, Rapp. Comm. int. Mer Medit. 19 (1968) 119-121.

2. LULIĆ, S., P. STROHAL and O. JELISAVČIĆ: Gamma spectrometric analyses of some North Adriatic organisms, Rapp. Comm. int. Mer Medit. 20 (1972) 721-723.

3. STROHAL, P., O. JELISAVČIĆ and S. LULIĆ: Radioecological monitoring of the North Adriatic, 1970-1972, Thalassia jugoslavica (u štampi)

4. FOLSOM, T.R. and C. SREEKUMARAN: Some reference methods for determining radioactive and natural caesium for marine studies, In: Reference methods for Marine Radioactivity Studies, IAEA, Vienna 1970, pp. 129-186.

5. BONI, A.L.: Rapid ion-exchange analysis of radiocaesium in milk, urine, seawater and environmental samples, Analyt. Chem. 38 (1966) 89-92.

6. Radioekologičeskije isledovanija Sredozemnovo morja, Naukovaja dumka, Kiev, 1970.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973

Lj. Mijatović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

TRANSLOKACIJA I DISTRIBUCIJA OLOVA-210 U BILJKAMA U PRIRODNIM USLOVIMA

Rezime

U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja načina distribucije olova-210 u biljkama pod prirodnim uslovima.

Dobiveni rezultati pokazuju da se olovo-210 apsorbuje preko korena iz zemljišta, a zatim dalje prenosi u nadzemne delove biljke. Transport olova-210 u gornje delove biljke je ograničen, oko 70% apsorbovanog olova-210 ostaje u korenu.

Uvod

Kontaminacija biljnog sveta olovom-210 se vrši na dva načina: direktno i indirektno. Direktna kontaminacija se vrši preko atmosferskog vazduha i padavina. Olovo-210 se u tom slučaju adsorbuje na površinskim delovima biljaka. Indirektna kontaminacija ide sledećim putem: olovo-210 koje je deponovano u zemljištu apsorbuje se preko korena, a zatim dalje translocira i distribuira u ostale delove biljke u različitom iznosu.

Veličina direktne kontaminacije zavisi od mnoštva različitih metereoloških faktora kao što su količina padavina, aktivnost padavina, temperatura i vlažnost vazduha, kvalitativni i kvantitativni sadržaj mineralnih soli u padavinama. Osim toga veliki značaj imaju fizičke karakteristike deponovanog materijala. Navedeni činioci uglavnom su lokalne prirode, tako da je teško dati jednu generalizovanu procenu veličine direktne kontami-

nacije, koja bi važila za jedno šire područje.

Kod indirektne kontaminacije odlučujući faktor je kumulativni depozit radionuklida u zemljištu, koji normalno sa godinama raste. Ovo je od velike važnosti, jer je olovo-210 radionuklid dugačkog vremena poluraspada.

Koji od dva gore pomenuta procesa ima veću relativnu važnost u kontaminaciji vegetacije (apsorpcija iz zemljišta ili direktna depozicija radionuklida na nadzemni deo biljke), nije do sada sasvim razjašnjeno. U izvesnim slučajevima depozicija iz atmosfere može da bude glavni izvor olova-210 u biljkama (3), ali je moguće da su tu bili odlučujući lokalni faktori.

Mnogobrojni eksperimentalni podaci ukazuju da se olovo-210 deponovano spolja na listovima biljke, ne translocira i distribuira dalje. Najverovatnije je da voskovite supstance koje prekrivaju površinu lista, ograničavaju u velikoj meri prodiranje vode u unutrašnjosti biljke, a ona je u mogućnosti da apsorbuje samo rastvorljivi materijal. Ukoliko je materijal nerastvorljiv, biljka će biti kontaminirana samo sa spoljne strane, a kontaminant će biti odstranjen bilo kakvim mehaničkim procesom. U našim ispitivanjima pokušali smo da ustanovimo način distribucije olova-210 u biljkama pod prirodnim uslovima.

Rezultati i diskusija

Na tabelama 1, 2, 3 prikazani su naši rezultati merenja koncentracije olova-210 po pojedinačnim delovima biljke, u uzorcima pšenice, kukuruza i lucerke. Izabrali smo ove tri vrste biljaka iz sledećih razloga: kukuruz je poznat kao "koncentrator" olova-210: pšenica je glavna sirovina za hleb, a lucerka je uzeta kao predstavnik stočne hrane.

Uzorci su sakupljani na teritoriji PKB-a u periodu rasta biljaka (april, maj, juni).

TAB. 1

Distribucija Pb-210 u pšenici

	Aktivnost u biljci dpm/gr	Ukupna aktivnost	Distribucija %
Koren	0,28	126,00	72,30
stabljika	0,13	45,50	26,11
klas	0,01	2,75	1,57

TAB. 2.

Distribucija Pb-210 u lucerki

	Aktivnost u biljci dpm/gr	Ukupna aktivnost	Distribucija %
koren	1,23	173,80	54,17
list-stabljika	0,21	147,00	45,83

TAB. 3

Distribucija Pb-210 u kukuruzu

	Aktivnost u biljci dpm/gr	Ukupna aktivnost	Distribucija %
koren	o,48	144,oo	53,33
stabljika	o,18	126,oo	46,66

Rezultati naših ispitivanja o načinu distribucije u sistemu koren - stabljika - plod, pokazuju da se olovo-21o apsorbuje preko korena iz zemljišta, a zatim dalje transportuje u nadzemne delove biljke. Transport olova-210 iz korena u gornje delove biljke prilično je malog obima, oko 70% apsorbovanog radionuklida ostaje u korenu, ne redistribuira se dalje.

Kod kukuruza i lucerke transport u nadzemne delove je veći, ali smatramo da kod njih postoje izvesne specifičnosti i da se većina biljaka ponaša slično pšenici.

Procenat apsorpcije olova-210 iz zemljišta je vrlo mali, iznosi oko 3%,(4) što znači da glavnina olova-210 ostaje u zemljištu. Ovo je važan podatak pri proceni veličine kontaminacije biljke, ukoliko je poznata aktivnost zemljišta.

Malu pokretljivost olova-21o iz podzemnog u nadzemni deo biljke moguće je objasniti hemijskim osobinama olova.

Apsorpcija radionuklida deponovanog u zemljištu ima dvostepeni karakter. U prvom stepenu apsorpcije viševalentni joni pokazuju bolji afinitet od jednovalentnih, to bi bio tzv. ulazak u koren "slobodnom difuzijom". (1). Medjutim, po ulasku u koren nastupa drugi stepen apsorpcije, i u tom sledećem koraku joni se pokreću aktivnim transportom. Redosled pokretljivosti jona je obrnut, jednovalentni joni prodiru brže od viševalentnih (2).

Tačna priroda "aktivnog transporta" do danas još nije u potpunosti objašnjena, jedino je poznato da se ovaj proces odvija posredstvom energije koja se oslobadja respiracijom(2).

Uzevši u obzir ove navedene opštevažeće zakonitosti smatramo da je razlog neuniformne distribucije olova-210 u pojedinim delovima biljke, posledica različite prirode apsorpcije.

Prirodni nivo olova-210 u zemljištu može znatno da varira usled dodavanja različitih vrsta ili količina veštačkih djubriva, što se odražava na veličinu apsorpcije ovog radionuklida iz zemljišta. Zato napominjemo da se prikazani rezultati odnose samo na distribuciju, a ne na opštevažecu veličinu kontaminacije biljaka olovom-210.

U ovim ogledima nije utvrdjeno koliki procenat olova 210 prelazi iz stabljike u plod biljke. Medjutim, po prethodnim rezultatima merenja koncentracije olova-210 u zrnu pšenice i kukuruza, možemo da izračunamo da ovaj procenat ne prelazi granicu od 2% od ukupne količine olova-210 u stabljici.

Ako uporedimo procente distribucije za pšenicu,kukuruz i lucerku, videćemo da kod kukuruza, koji je koncentrator olova-210, veći procenat prelazi u stabljiku što znači i u plod, u poredjenju sa pšenicom.

Slična je situacija kod lucerke gde su procenti distribucije u korenu i stabljici približno jednaki, što ima za posledicu da lucerka sadrži veliku količinu olova-210.

Za nas je interesantna činjenica da minimalni deo olova-210 prelazi u plod kod većine biljaka, jer naš glavni interes je koncentrisan na delove biljaka koji dolaze do potrošača. Tako imamo situaciju da relativno velike količine olova 210 deponovanog u zemljištu, ne kontaminiraju u značajnijoj meri prehrambene proizvode koji kao finalni produkat dolaze do potrošača.

Summary

The way of Pb-210 entering in plants, and distribution are discussed in this papere

Pb-210 deposited in the soil is apsorbed to the plants by root. The percentage of redistribution from the soil to the upper part of the plant, is small. It was established that about 70% of absorbed Pb-210 is retained in the root.
These data are of great importance for evaluation of the plant contamination with Pb-21o.

Literature

1. Brigge M. i sar. : Electrolytes and plant cells, Blackweel, Oxford, 1961

2. Dainty J.: Ann.Rev. plant physiol. 13, str.379,1962

3. Hill G.R.: Nature 187, str.211,196o

4. Tso T.C. i sar. : Agron. J. 60,str.647-649, 1968

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973.

Lj. Mijatović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

DISTRIBUCIJA OLOVA-210 U ŽIVOTINJSKIM KOSTIMA

Rezime

U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja uniformnosti distribucije olova-210 u životinjskim kostima.

Analizirani uzorci su podèljeni u dve kategorije: kortikalne i trabekularne kosti.

Dobijeni rezultati pokazuju da je olovo-210 uglavnom uniformno distribuirano u različitim vrstama kostiju.

Uvod

Olovo-210 je tipičan osteotropan elemenat, naime oko 80% ovog radionuklida unetog u organizam deponuje se u kostima. Pošto je vrlo komplikovano i praktički neizvodljivo, sem u izuzetnim slučajevima, izvršiti analizu kostiju celokupnog skeleta, interesovalo nas je, da li je moguće da se sa zadovoljavajućom tačnošću izvrši procena veličine ukupnog sadržaja olova-210 u skeletu, na osnovu merenja koncentracije olova-210 u nekoj pojedinačnoj kosti koja nam je momentalno bila na raspolaganju. Ovo je bio razlog iz kojeg smo želeli da ustanovimo da li je i u kolikom opsegu olovo-210 uniformno distribuirano u mineralnom delu kosti.

Nismo bili u mogućnosti da nabavimo toliki broj ljudskih kostiju koji bi bio dovoljan za zadovoljavajuću interpretaciju, tako da smo naša ispitivanja bazirali na analizama životinjskih kostiju, i smatramo da se dobiveni zaključci o uni-

formnosti mogu primeniti i na kosti ljudskog skeleta, jer je metabolizam olova-210 istovetan za životinjske i ljudske kosti.

Rezultati i diskusija

Rezultati merenja koncentracija olova-210 u različitim uzorcima životinjskih kostiju prikazani su na slici 1.

Uzorke smo podelili na dve kategorije. Prikazana je distribucija koncentracija olova-210 po učestalosti pojavljivanja u kortikalnim kostima (predstavnici tibia i femur), i trabekularnim kostima (predstavnici rebro i vertebrae).

Uzorci kostiju su uzimani od životinja koje su živele na tačno lokalizovanim područjima, jer sadržaj olova-210 u kostima životinja iz različitih oblasti može da varira i za red veličine.

Rezultati ispitivanja pokazuju da je olovo-210 uniformno distribuirano u velikoj meri u mineralnom delu kosti. Prosečne vrednosti za trabekularne i kortikalne kosti razlikuju se za faktor 2. U opštem slučaju koncentracije olova-210 veće su u trabekularnim nego u kortikalnim kostima. Koncentracije rastu po sledećem redosledu: femur, tibia, rebro-vertebrae. Srednja vrednost koncentracija za trabekularne kosti iznosi 0,20 pCi/gr. pepela, a za kortikalne 0,11 pCi/gr.pepela.

Ove razlike u veličini koncentracija mogu da se objasne kao posledica razlika u metabolizmu trabekularnih i kortikalnih kostiju. Turn - over za kosti tipa vertebrae iznosi 8% za godinu dana, dok je za kosti tipa femur 1,5% za isti period (1). Kosti sa većim turn - overom sadrže normalno veću koncentraciju olova-210.

Kortikalne kosti imaju jasno izraženi pik u opsegu koncentracija 0,01 - 0,05 pCi/gr pepela, dok se pik distribucione krive za trabekularne kosti pomera ka višim vrednostima. (opseg koncentracija 0,06 - 0,10 pCi/gr. pepela i opseg 0,26 - 0,30 pCi/gr.pepela).

Multiplicirani pikovi, posebno kod distribucione krive za trabekularne kosti, govore o neophodnosti poznavanja različitih dodatnih faktore kao što su starost životinje, način ishrane (veštačka ili prirodna) itd., pri proceni načina distribucije olova-210 u raznim kategorijama kostiju.

Stepen uniformnosti distribucije je dovoljno visok, tako da možemo sa sigurnošću da proračunamo ukupan sadržaj olova-210 u životinjskom skeletu, na osnovu merenja koncentracije olova-210 u nekoj pojedinačnoj kosti.

Summary

Uniformity of distribution of Pb-210 was investigated in animal bones.

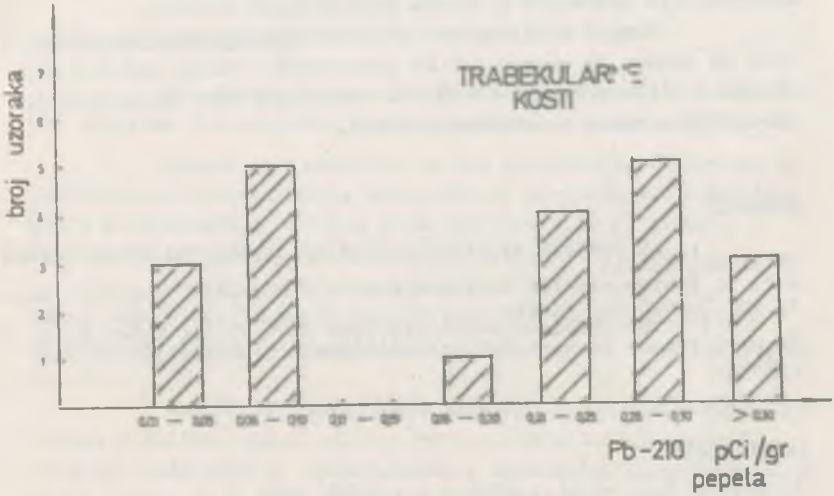
The samples were divided in two groups: cortical bones and trabecular bones.

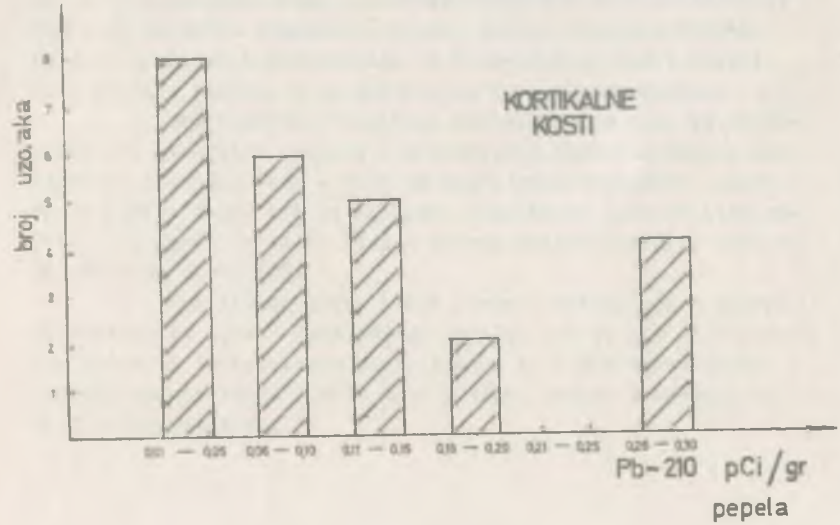
The obtained resultats show that Pb-210 is more or less uniformly distributed in the mineral fraction of the skeletion.

Literatura

1. Bryant F.J. et al.: AERE - R - 3718, 1961

2. Mijatović Lj.: Magistarski rad


broj uzoraka
TRABEKULARNE KOSTI
Pb-210 pCi/gr pepela


broj uzoraka
KORTIKALNE KOSTI
Pb-210 pCi/gr pepela

SLIKA 1

O RADU NA SISTEMATIZACIJI IZVORA PIJAĆIH VODA U SR SLOVENIJI

STERLE M.

Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana

Kratak sadržaj

U 1971. godini obradili smo autopurifikaciona svojstva 29 izvora ili potencijalnih izvora pijaćih voda u SR Sloveniji. U ovom referatu daju se opis i merni rezultati kao i zaključci sa četiri merna mesta. Ova su merna mesta izabrana tako da nijedno od ovih mesta danas ne služi kao izvor pijaće vode, ali ima potencijalna svojstva da to postane u slučaju većih radioaktivnih kontaminacija.

Uvod

Umjetni radioaktivni izotopi koji se kao posledica testnih nuklearnih eksplozija nalaze u atmosferi predstavljaju sasvim nov elemenat u životnoj sredini. Ovi izotopi padaju na zemlju u obliku suhih ili mokrih padavina. Na taj način oni ulaze u geografske vode. Praćenje umjetnih radioaktivnih izotopa na njihovom putu ispod ili iznad zemljine površine daje informaciju o autopurifikacionim sposobnostima pojedinih tipova vodnih putova.

Na simpozijumu "Teritorijalna odbrana u našem sistemu opštenarodne odbrane", Beograd 13. - 15. maj 1970 autor ovog referata ukazao je na potrebu klasifikacije svih izvora i potencijalnih izvora pijaćih voda u čitavoj zemlji i na značenje svih i najmanjih izvora, koji imaju aztopurifikaciona svojstva.

Sklad Borisa Kidriča omogučio je autoru da u 1971. godini analizira 29 takvih izvora na području SR Slovenije. U ovom referatu iznosim opis i merne rezultate sa četiri mjesta. Vjerujem da će merni rezultati po svojoj signifikantnosti podsticati dalja istraživanja na ovom području.

Metodologija rada

Na raspoloženju smo imali sledeće podatke:

- padavinska karta SR Slovenije,
- prikaz dnevnih merenja absolutne beta aktivnosti u zraku na mernim mjestima Ljubljana, Jezersko i Ajdovščina,
- dnevna mjerenja absolutne beta aktivnosti fallouta (suhog ili mokrog) u Ljubljani,
- mjesečna mjerenja absolutne beta aktivnosti mjesečnog fallouta u Bovcu, Novem mestu i Murski Soboti,
- mjerenja absolutnih beta aktivnosti prosečnih desetodnevnih uzoraka rijeka Mure, Drave, Save i Soče.

Vrijeme oduzimanja uzoraka bilo je sledeće:

- prvo oduzimanje uzoraka u sredini marta 1971. godine posle dugovremene sušne perijode, gde smo predpostavljali najmanju moguću prirodnu kontaminaciju,
- druga oduzimanja uzoraka sledila su dan dva posle relativno jakih radioaktivnih padavina. Osnovna nam je bila informacija mjerenje dnevnog fallouta čiju smo aktivnost preračunali u mCi/km^2.

Ovaj rad obuhvata opis četiri mjerna mjesta koja se po svojim svojstvima razlikuju sledeće:

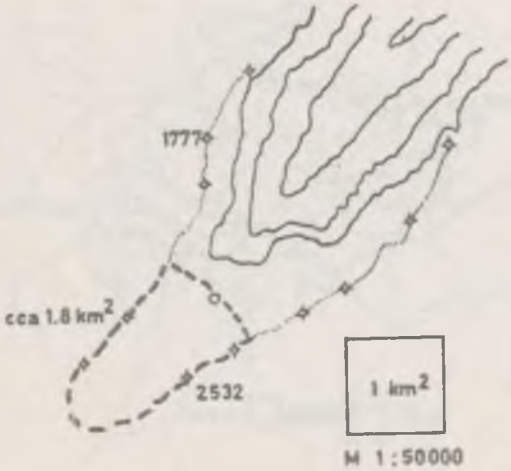
- krečno-dolomitski teren bez vegetacije,
- flišni teren sa kojega se vode sabiru na krečno-dolomitsku podlogu,
- krečno-dolomitski teren sa bogatom vegetacijom,
- magmatski teren pokriven niskom vegetacijom.

Osim prvog oduzimanja uzoraka koje nam je služilo kao nulta tačka na svim mjernim mestima oduzeti su bili uzorci u 1971. godini još pet puta. Sa pretpostavkom da su bile radioaktivnosti padavina jednakomjerne po teritoriju čitave SR Slovenije možemo uzeti rezultate kao signifikantne.

Mjerno mjesto I.

I. POTOK U DOLINI KOT

Na severu Julijskih alpi paralelno se šire tri glacialne doline. Srednju od tih dolina, nazvanu Kot, okružuju od istoka, juga i zapada Lacesnovec, Dimniki, Luknja peč, Rjavina, Vrbanova špica i Požgana Mlinarica. Atmosferske padavine se po krečno-dolomitskim stjenama bez vegetacije slivaju u bujicu, koja u samoj dolini poniče pod zemlju.



Mjerno mjesto II.

II. RIJEKA DRAGONJA POD KOŠTABONOM

Dragonja sa pritokom Rokava je rijeka v sjevernoj Istri. Izvire ispod sela Popetre i Trebeše v slovenskoj Istri. Dragonja predstavlja granicu izmedju SR Slovenije i SR Hrvatske. Dužina otka 28 km. Izrazito je njeno svojstvo nepravilnosti porečja. Njezini ljevi pritoci nestali su zbog kršnih pojava dok desni, medju njima i rijeka Rokava teku po flisu. Na taj način ohranili su svoj nekadašnji tok.

Naši mjerni rezultati nanose se baš na Rokavu koja je čitava okružena flišem a teče po krečnjačko-dolomitskoj podlozi.

Mjerno mjesto III.

III. POTOK ZALA POD RAKITNOM

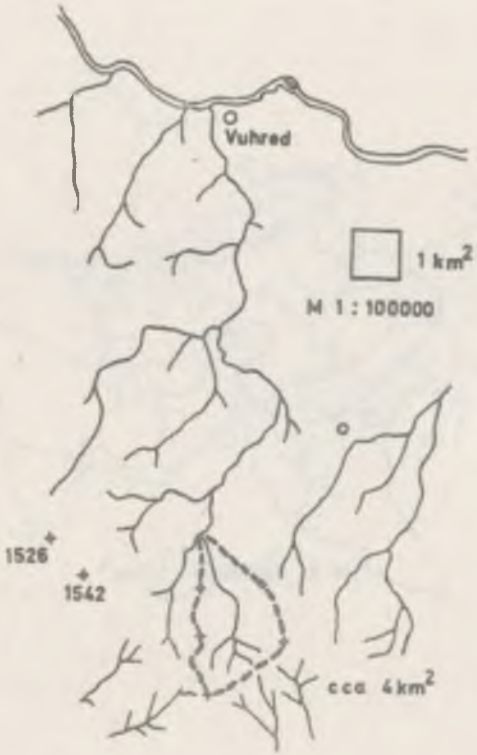
Potok Zala vijuga po grapi prema sjeveroistoku i teče u Iški kod Vrbice. Istočno, južno i zapadno okružuju ga sela Osredek, Zala, Žilce, Koščake, Župeno, Beč i Rakitna. Ne teče kroz naseljena mjesta. Njegovo porečje je pošumljeno iglastim i bukovim drvetom.

To mjerno mjesto smo izabrali zbog studija autopurifikacionih svojstava krške šume sa zemljom crnicom i debelim slojem lišća.

Mjerno mjesto IV.

IV. ČRNI POTOK KOD RIBNICE NA POHORJU

Črni potok izvire pod Črnim jezerom na Pohorju i izliva se u Vuhredski potok. Premda je geografski neznačajan, izabrali smo ga kao mjerno mjesto zato, jer teče po nepropustnom tonalitu, dok je čitavo njegovo porečje pokriveno niskom, gustom planinskom vegetacijom.



Mjerni rezultati

Vrijeme oduzimanja uzoraka bilo je uvijek da dva poslije relativno jačih radioaktivnih padavina.

Datum	Radioaktivnost padavina u mCi/km^2
7. 5. 1971	5,2
16. 6. 1971	4,5
3. 7. 1971	1,1
29. 8. 1971	4,8
22. 9. 1971	1,5

Mjerni rezultati dati su u sledećoj tabeli:

	Radioaktivnost v pCi/l			
	I.	II.	III.	IV.
27. 2. 1971	-	2,5	1,o	1,8
7. 5. 1971	12o	38	17	13
16. 6. 1971	115	23	12	9
3. 7. 1971	38o	45	2o	16
29. 8. 1971	52	8,8	6,2	5
22. 9. 1971	56	7,9	6,7	5,4

Kao što vidimo iz mjernih rezultata autopurifikaciona svojstva različitih terena veoma su različita.

Smatram da bi bilo potrebno radove na tom području produžiti.

Literatura

(1) HABERER K. Radionuklide im Wasser, Verlag Karl Thiemig, MÜNCHEN 1969.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Mr Ljiljana Knežević, dipl. inž.
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

SORPCIJA Co^{++} NA NEORGANSKIM I ORGANSKIM SORBENTIMA

Razmatrani su uticaji različitih parametara na sorpciju Co^{++} iz vodenih rastvora na neorganskim i organskim sorbentima u statičkim uslovima. Podaci u literaturi kao i rezultati naših eksperimenata ukazuju na veliku složenost sorpcionih procesa ovog katjona, usled čega je primena poznatih zakonitosti jonske izmene i adsorpcije ograničena na mali broj sorpcionih sistema.

Poznavanje zakonitosti sorpcije Co^{++} na različitim sorbentima ima veliki značaj kako za praktičnu primenu u dekontaminaciji radioaktivnih voda kontaminiranih radionuklidom ^{60}Co, tako i za teorijsko modeliranje sorpcionih procesa pri sorpciji dvovalentnih katjona.

Ovaj rad predstavlja pokušaj sumiranja iskustava dobijenih pri proučavanju mogućnosti dekontaminacije radioaktivnih efluenata kontaminiranih kobaltom kao i pri proceni opasnosti u slučaju akcidentalnog izlivanja radioaktivnih efluenata na okolno zemljište. Cilj rada je da se doprinese razvoju metoda obrade radioaktivnih otpadnih voda koje sadrže $^{60}Co^{2+}$ kao i merama zaštite okoline od zagadjenja ovim kontaminantom.

Proces sorpcije Co^{2+} zavisi od niza parametara: prirode sorbenta, vremena kontakta sorbent-rastvor, pH rastvora, temperature, prisustva organskih i kompleksirajućih materija, koncentracije sopstvenih i konkurentnih katjona kao i od nekih drugih faktora.

Efikasnost sorpcije kobalta u zavisnosti od prirode sorbenta odredjena je kapacitetom sorpcije, selektivnošću, brzinom uspostavljanja sorpcione ravnoteže, vrstom izmenljivih jona i fizičko hemijskom stabilnošću sorbenta.

Brzina uspostavljanja sorpcione ravnoteže u najvećoj meri zavisi od prirode sorbenta, a manje od prirode tečne faze. Co^{2+} se najbrže sorbuje na sulfonovanim organskim jonoizmenjivačkim smolama[1] pri čemu se ravnoteža izmedju rastvora i sorbenta uspostavlja

posle nekoliko minuta, dok se na aktivnom uglju (Nuchar C-190)[2] i alumosilikatima (zeoliti Linde 4A i AW-500, iliti)[3,4,5,6] ravnoteža uspostavlja posle 24 i više časova.

PH rastvora ima veliki uticaj na sorpciju Co^{2+} na aktivnim ugljevima (Nuchar C-190, Nuchar WV-H) i alumosilikatima (zeoliti, iliti)[3,5,7]. Sa porastom pH rastvora od 1-7 efikasnost sorpcije naglo raste, dostiže maksimum u intervalu pH 7-9, zatim slabo opada na svim ispitivanim sorbentima. Razloge ovakvog uticaja pH trba pre svega tražiti u velikom afiniteta sorbenata prema vodoniku i promeni jonskih oblika kobalta iz katjonskog u kiseloj sredini u hidrolizovani oblik u neutralnoj i slabo baznoj do anjonskog oblika u baznoj sredini. Prisustvo organskih materija u rastvoru može da umanji uticaj pH[8].

Uticaj temperature na sorpciju kobalta zavisi od prirode sorbenta. Na ilitima je uticaj temperature veoma mali[5,12], na aktivnom uglju efikasnost sporo opada sa porastom temperature[2], dok je na zeolitu 4A u sistemu Co-Na efikasnost nešto veća na višoj temperaturi[13].

Zavisnost sorpcije kobalta od koncentracije sopstvenih katjona na ilitu[6] i aktivnom uglju[2] ima oblik Frojndlihove adsorpcione izoterme u intervalu koncentracija 1.10^{-5} - 5.10^{-4}N. U širem intervalu koncentracija ova jednačina ne može da se primeni.

Uticaj koncentracije konkurentnih katjona, ukoliko bi se proces sorpcije odvijao reakcijom jonske izmene, mogao bi da se predstavi jednačinom Bagrcova[9] koja je izvedena na osnovu zakona o dejstvu masa i važi za dvokomponentni sistem:

$$\log Kd_{Co} = \log K - n \log C_B$$

gde su:

Kd_{Co} - koeficijent raspodele kobalta (mikrokoličina)

K - konstanta zavisna od konstante ravnoteže jonske izmene i sorpcionog kapaciteta

n - odnos valentnosti katjona kobalta i konkurentnog katjona jona

C_B - koncentracija konkurentnih katjona.

Nadjeno je da je zavisnost Kd_{Co} (konc. Co^{2+} = 1.10^{-5}N), od koncentracije konkurentnih katjona pravolinijska samo u uzanom intervalu koncentracija, dok su vrednosti koeficijenta n, date jednačinom Bagrecova potvrdjene samo za sistem Co-Ca pri sorpciji na ze-

olitu Linde 4A. U ostalim slučajevima, odstupanja su veoma velika, te je očigledno da se na sorpcioni proces kobalta na ostalim sorbentima ne može primeniti zakon o dejstvu masa. Odstupanje od zakonitosti jonske izmene verovatno nastaje usled hidrolizovanog oblika kobalta u odgovarajućim sistemima, pri čemu je moguće postojanje $CoOH^+$ jona, mada u malim koncentracijama[10] kao i koloida $Co(OH)_2$, koji prema Stariku[11] mogu da nastanu pri niskim koncentracijama katjona koji hidrolizuju, pod uslovom da je dostignut proizvod rastvorljivosti novonastalog hidroksida. Ovi uslovi bili su ispunjeni svim ispitivanim sistemima, medjutim postojanje koloida kobalta oblika $Co(OH)_2$ nije potvrdjeno u nama dostupnoj literaturi. Nije isključena ni mogućnost delimičnog taloženja kobalta u obliku kobalt hidroksida, kao ni sorbovanje na primesama sorbenata.

Zaključak:

Razmatrani su uticaji različitih faktora na sorpciju Co^{++} nekim neorganskim i organskim sorbentima u statičkim uslovima.

Izuzimajući sorpciju na organskim jonoizmenjivačkim smolama, proces sorpcije kobalta je spor i za uspostavljanje ravnoteže potrebno je 24 i više časova.

Uticaj temperature relativno je mali i zavisi od prirode sorbenta. Optimalni pH sistema je od 7-9.

Za kvantitativno prikazivanje utiwaja koncentracije sopstvenih i konkurentnih katjona nije moguće primeniti poznate zakonitosti jonske izmene i adsorpcije, zbog promene stanja kobalta u zavisnosti od prirode sistema sprbent-rastvor.

SORPTION OF Co^{2+} ON INORGANIC AND ORGANIC SORBENTS

Influence of different parameter on the sorption of Co^{2+} from aqueous solutions with inorganic and organic sorbents was studied under static conditions. Literature data and our rezults that the sorption of this kation is rather complex process and only a few sorption sistems could be interpreted by well known relations of ion exchange and adsorption.

Literatura

(1). HUNIN R., MYERS R., Ion Exchange Resins, Jon Wiley. New York 1950, str. 35

(2). VUKOVIĆ Ž. i dr., EPA- PR-2-516-4, 1973

(3). GAĆINOVIĆ O. i dr., Izotopenpraxis, 11, 1969, 420

(4). JANKOVIĆ O. i dr., VI simp. Jugosl. društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, 1972

(5). SORATHESN A. et al., CF-6-6-93

(6). KNEŽEVIĆ LJ., JANKOVIĆ O., V jugosl. simp. o radiološkoj zaštiti, Bled, 1970

(7). KNEŽEVIĆ LJ., JANKOVIĆ O., IV jugosl. simp. o radiol. zaštiti Baško Polje 1969

(8). VEKILOVA I. F., Geohimija kobalta, ANSSR, 1966, str. 00

(9). BAGRECOV F.V., Radiohimija, 2, 734,1960

(10). PJATNICKI I., Analitičeskaja himija kobalta, Izd. Nauka, Moskva, 1965, 13

(11). STARIK I. Osnovi radiohimii, Izd. ANSSR,1959

(13). GAL I. et al., Trans Farad. Soc. Vol.67, No 580, 1971,999

(12). JANKOVIĆ O., KNEŽEVIĆ LJ., NEOBJAVLJEN RAD

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973

M. Pirš, M. Toplišek
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Ljubljana

STABILNOST VEZAVE Cs-137 in Sr-85-89 NA VZORCIH TAL

Povzetek

Raziskana je bila trdnost vezave Cs-137 in Sr-85-89 na vzorcih tal Brežiškega polja iz na dolomitu in kalcitu. Določene so bile eluirne krivulje za omenjene ione z vodo, raztopinosoli in kislino. Opisan je poskus migracije Cs-137 na humusu iz Brežiškega polja pod naravnimi pogoji.

U V O D

Ko se radioaktivna odpadna voda infiltrira v tla, skoraj vsi radionuklidi reagirajo z zemeljskim materialom; nekateri bolj drugi manj odvisno od sorpcijskih lastnosti tal in posameznih radionuklidov. Potrebno pa je sedaj ugotoviti, kako trdno se posamezni radionuklidi vežejo in v kakšni meri jih meteorska in druga voda izluži in odnese v spodnje plasti. Na splošno se kationi vežejo trdno, medtem ko se anioni vežejo slabo in hitro migrirajo v spodnje plasti.([1,2,3]).

Za naše raziskave smo izbrali Cs-137 in Sr-85-89 ter preizkusili izluževanje sorbiranih radionuklidov na vzorcih humusa in peska iz Brežiškega polja ([4]). Vzorce smo izluževali z vodo, 0,1 N NaCl in 0,1 HCl ter merili aktivnost efluentov. Poleg tega smo preizkusili še trdnost vezave Cs-137 in Sr-85-89 na dolomitu in apnencu ter migracijo Cs-137 na nepremaknjenem vzorcu humusa iz Brežiškega polja pod naravnimi pogoji.

EKSPERIMENTALNI DEL

Poleg sorpcijske kapacitete in hitrosti vezave je učinkovitost procesa dekontaminacije v tleh odvisna tudi od stabilnosti vezave radioizotopov. Stabilnost vezave smo raziskali na tri načine: 1. izpiranje v kolonah, 2. metoda z mešanjem in 3. meritve migracije Cs na nepremaknjenem vzorcu humusa.

Postopek:

1 g humusa, peska, dolomita in kalcita smo stresali z markiranimi raztopinami Cs-137 in Sr-85-89 nekaj ur ter nato raztopino pustili stati preko noči. Iz razlike aktivnosti pred in po poskusu smo izračunali množino Cs in Sr, ki se je vezala na vzorce. Vzorce smo nato centrifugirali, izprali z vodo na ta način, da smo dodali 2 krat po 5 ml vode, mešali 5 min in nato centrifugirali. Na ta način smo odstranili večino Cs in Sr, ki ni reagiral z materialom.

1. Izpiranje v kolonah: na zgornji način pripravljene vzorce smo nato izpirali v kolonah premera 1 cm z vodo, 0,1 N NaCl in 0,1 N HCl. Pri vzorcih zemlje, kjer se kolone hitro zamašijo, smo porabili majhen podpritisk, medtem ko je bil pri pesku, dolomitu in kalcitu pretok zadovoljiv.

Dobljeni rezultati pa imajo samo kvalitativen značaj. Izlužene množine radionuklidov so tako majhne, da jih ne moremo kvantitativno vrednostiti, razen pri izpiranju s kislino; te poskuse smo zaradi tega opustili.

2. Metoda z mešanjem: Na isti način pripravljene vzorce smo dali v centrifugirke, dodali 25 ml vode, mešali 2 uri, centrifugirali in izmerili aktivnost. Ta postopek smo ponavljali toliko časa, da je aktivnost raztopine padla na vrednost ozadja, oziroma je postalo izluževanje enakomerno. Nato smo izluževanje nadaljevali z raztopino 0,1 N NaCl in nato z 0,1 N HCl. S predposkusi smo ugotovili, da je kislina za izluževanje radionuklidov najbolj efektna, sledi raztopina soli in nato voda.

Ta način izluževanja se je izkazal daleko bolj učinkovit, kot izpiranje v kolonah, saj lahko radionuklide iz nekaterih vzorcev kvantitativno izperemo.

Rezultati za Cs se zelo dobro reproducirajo, medtem ko so za

Sr manj reproducirni.

V slikah 1, 2 in 3 so podani rezultati izluževanja Cs, v slikah 5 in 6 pa za Sr iz zemlje in peska. Vzorca v sliki 1 sta nasičena z raztopino Cs tracerske koncentracije, v sliki 2 z 10^{-5} N raztopino Cs, v sliki 3 z 10^{-3} N raztopino Cs, v sliki 5 z raztopino Sr tracerske koncentracije in sliki 6 z 10^{-3} N raztopino Sr.

Iz poteka eluirnih krivulj je razvidno, da se Cs in Sr z vodo počasi izlužujeta. Množina izluženega Cs in Sr je sorazmerna množini sorbiranega Cs oz. Sr. Mnogo učinkovitejše je izluževanje z 0,1 N NaCl, kar kaže na ionsko izmenjavo. Najbolj učinkovito pa je izluževanje s kislino.

V sliki 4 so podani rezultati eluiranja Cs iz dolomita in kalcita. Razlike v trdnosti vezave med kalcitom in dolomitom ni, isto velja za Sr (slika 7). Iz poteka eluirnih krivulj pa lahko sklepamo, da je Cs vezan z ionsko izmenjavo, Sr pa se verjetno veže s pomočjo obarjanja.

Poskusili smo tudi izprati na dolomitu in kalcitu vezani Cs in Sr samo z vodo, vendar pa se je poskus izkazal za preveč dolgotrajen. Rezultati za Cs so razvidni iz slike 7.

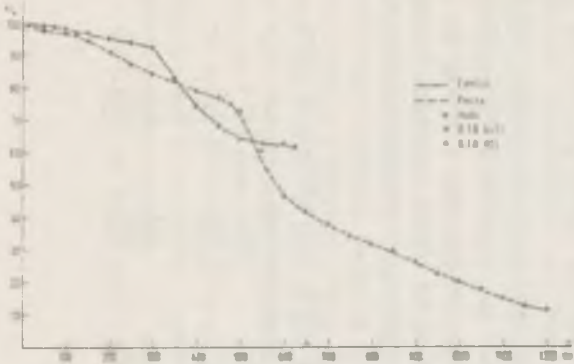
3. Migracija Cs-137 na nepremaknjenem vzorcu humusa. Odvzem vzorca: Jekleni cilinder premera 11 cm smo zavrtali v zemljo 0,5 m globoko. Nato smo zemljo okoli cilindra odkopali ter vzorec prenesli na institut.

Na površino smo nalili 30 ml raztopine Cs-137 z nosilcem, tako da je bila raztopina 10^{-7} N. Cilinder smo izpostavili na prostem ter po 14 dneh, 6 mesecih in 1 letu odvzeli vzorec zemlje. Zato smo porabili jekleno cev premera 19 mm. Zemljo smo potem razdelili v kose po 5 cm ter izmerili aktivnost. Rezultati so navedeni v tabeli 1.

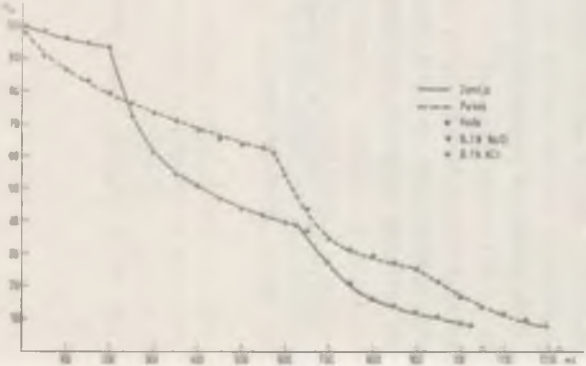
Tabela 1

Aktivnost zemlje v posameznih globinah v odvisnosti od časa

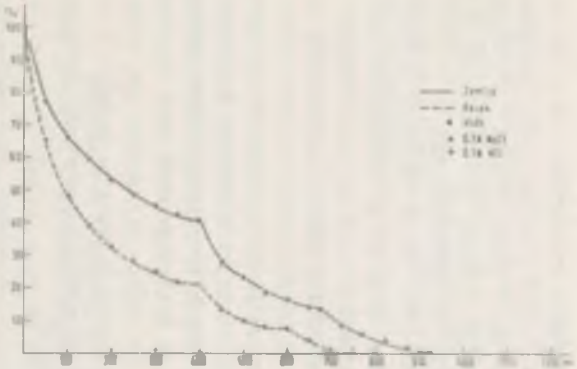
Globina cm	Aktivnost imp./100 sek		
	14 dni	6 mes	1 leto
0 - 5	124.500	122.000	123.000
5 -10	1.040	1.190	1.150
10 -15	350	470	630
15 -20	580	550	320
20 -25	230	850	430
25 -30	110	90	120



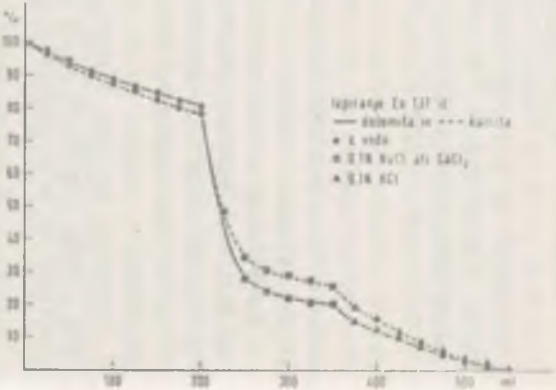
Slika 1



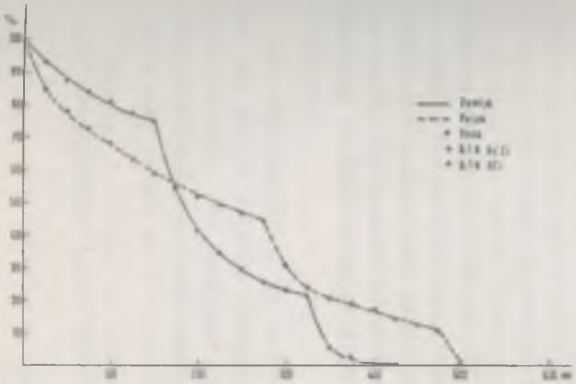
Slika 3



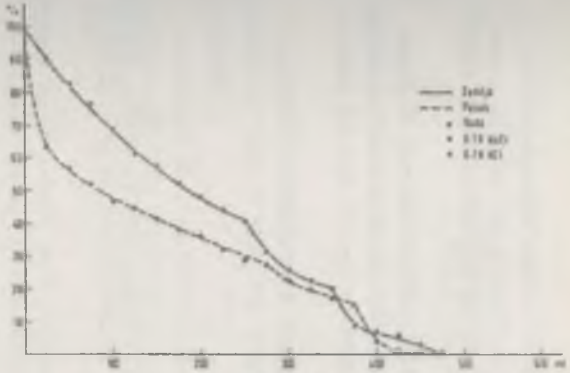
Slika 2



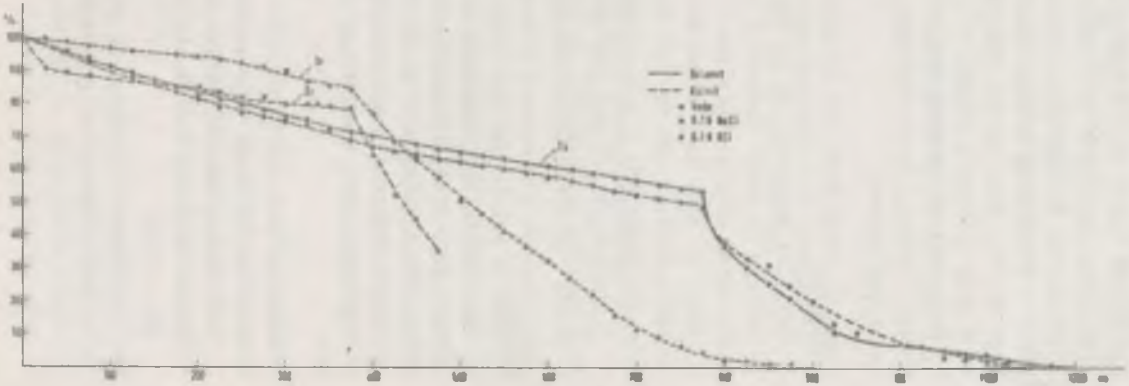
Slika 4



Slika 5



Slika 6



Slika 7

Poskus smo pričeli v aprilu 1972. Do prvega odvzema vzorca je po naših meritvah padlo 9 mm dežja. Nadaljnjih padavin nismo merili; za oceno vpliva množine padavin na migracijo lahko vzamemo letno povprečje 1600 mm/leto.

Iz tabele je razvidno, da se je radioaktivni Cs cca 98 % zadržal v prvih 5 cm humusa. Množina padavin je na migracijo skoraj brez vpliva. Razlike med rezultati prve in tretje meritve padajo že v meje poskusnih napak.

Rezultati se ujemajo tudi s podatki v literaturi ([5,6]), kjer avtorji trdijo, da se fisijski produkti zadržijo v nekaj cm gornje zemeljske plasti.

Zaključki

Cezij in stroncij, ki se vežeta v vzorcih zemlje, peska, dolomita in kalcita je možno izprati z vodo, učinkovitejše pa je izpiranje z raztopino soli ali kislino.

Cezij se veže bolj trdno kot stroncij. Voda izpira Sr iz zemlje in peska hitreje kot Cs, pri kalcitu in dolmitu pa so razlike v hitrosti izpiranja z vodo majhne in padajo v meje poskusnih napak.

Migracija Cs-137 pod naravnimi pogoji je neznatna, letna množina padavin ga praktično ne premakne.

Summary

The stability of binding of Cs-137 and Sr-85-89 in the samples of soil from Brežiško polje, of dolomite and calcite was investigated. The elution curves for the mentioned ions with water, salt-solutions and acids were determined. The migration of Cs-137 in in the humus from Brežiško polje under natural conditions is described.

Literatura

1. K.C. Knoll, USAEC Rep. HW-67830 (1960)
2. B.F. Hajek, USAEC Rep. BNWL-C1-208 (1965)
3. F.A.M. de Haan, G.H. Bolt, Proc. Soils Sci. Soc. America 27, 636 (1963).
4. M. Pirš, IJS Poročilo 106-262/72
5. L. Frederikson et al, Proc.Second Int.Conf. Peaceful Uses of Atomic Energie 18 (1958) 449.
6. D.H. Peirson, D.H. Salmon L. Nature 184 (1959) 1678.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973

M. Pirš, M. Toplišek
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Ljubljana

ŠTUDIJ RETENCIJSKIH LASTNOSTI TAL BREŽIŠKEGA POLJA

Povzetek

Raziskane so bile retencijske lastnosti tal Brežiškega polja. Določena je bila sorpcijska in prebojna kapaciteta v odvisnosti od koncentracije ravnotežne raztopine, pH in prisotnosti tujih soli.

U V O D

V letu 2000 se predvideva, da bodo nuklearne elektrarne proizvajale 85 % električne energije [1]. Vzporedno s tem razvojem nuklearne tehnike pa narašča tudi kontaminacija okolice z radioizotopi. Nuklearne elektrarne pri rednem obratovanju kontaminirajo okolico zelo malo. Elektrarna z močjo 600 MeW oddaja po današnjih izkušnjah cca 10 Ci/leto raznih izotopov v hladilno vodo.[2] V slučaju okvare hladilnega sistema ali nesreče pa je treba večje količine radioaktivnih odpadnih vod izliti v okolico. Material, po katerem se razlije kontaminirana voda humus, pesek, ilovica učinkuje 1. kot mehanični filter, 2. kot kolona z ionskimi izmenjalci.

Del radionuklidov, ki se zadrži blizu površine, vsrkajo rastline, del pa pod vplivom padavin migrira globje in lahko kontaminira talno vodo. Pri spuščanju velikih množon fisijskih produktov skozi daljši čas v ponikovalnice so bile dokazane v površinskih vodah samo manjše množine Sr-90 [3,4,5].

Stopnja, do katere se radionuklidi odstranijo iz raztopine, zavisi od sorpcijske kapacitete. V literaturi je proces sorpcije in

ionske izmenjave naravnih sorbentov precej podrobno obdelan [6,7,8]. V prvi vrsti zavisi od geološke sestave tal in vrste iona. Z ozirom na lokacijo bodoče nuklearne elektrarne na Brežiškem polju smo zbrali vzorce humusa in peska iz vrtin ter raziskali sorpcijsko in prebojno kapaciteto vzorcev.

EKSPERIMENTALNI DEL

Odvzem povprečnih vzorcev

Vzorce tal smo vzeli na Brežiškem polju, kjer je določena lokacija za bodočo nuklearno elektrarno. Zemljišče pokriva cca 60 cm debela plast humusa. Pod njo pa se do cca 10 m nahaja plast karbonatnega proda s peskom in meljem, tanke plasti peščene gline in peska z meljem. Vodonosni sloj se nahaja 6-7 m globoko [9]. Vzorce humusa smo vzeli na osmih mestih zemljišča do 60 cm globine. Posušili smo jih na zraku zdrobili z lahkim pritiskom v terilnici in odstranili večje koščke lesa, kamenje itd. S predposkusi: kemična analiza, približna določitev sorpcijske kapacitete smo ugotovili, da so vzorci tako podobni, da padajo razlike posameznih določitev v meje poskusnih napak. Zato smo vzorce zmešali in odvzeli vzorec, ki ga dalje navajamo kot zemlja.

Vzorec med 0,6 in 10 m globine smo vzeli iz vrtin V-3,6,8 [10]. Kamenje nad 3 cm velikosti smo izločili cca 15 %, ostalo pa smo posušili na zraku ter z rahlim pritiskom zdrobili tako, da delcev samih nismo drobili, ampak smo ločili samo zlepljene delce.

Za poskuse smo uporabili samo delce manjše kot 0,3 mm. V nadaljnjem delu imenujemo ta vzorec pesek.

V tabeli 1 je navedena granulometrijska analiza vzorcev, v tabeli 2 pa rezultati kemične analize.

Tabela 1

Sejalna analiza vzorcev

Velikost zrn (mm)	Pesek (%)	Zemlja (%)
30	15	
20- 30	3	

Tabela 2

Kemična analiza zemlje in peska

	Zemlja (%)	Pesek (%)
SiO_2	52,4	47,0
R_2O_3	7,8	9,1

Velikost zrn (mm)	Pesek (%)	Zemlja (%)
10-20	2	
5-10	2,5	
2-5	3,5	
1-2	4	
0,5-1	3	
0,3-0,5	5	3mm 16
0,25-0,3	4	7
0,2?0,25	3	8
0,15-0,2	4	10
0,12?0,15	6	8
0,10-0,12	8	5
0,09-0,1	7	6
0,09	29,5	40

	Zemlja (%)	Pesek (%)
CaO	9,7	9,2
MgO	4,8	1,8
netopno	8,2	8,6
vlaga 105°C	2,3	0,7
Žaroizguba(600°C)	4,0	2,5
pH	8,3	8,9

DOLOČITEV MAKSIMALNE SORPCIJSKE KAPACITETE

Določitev na statičen način

Pri kontaktu radioaktivnih izotopov z raznimi materiali se vrši adsorpcija, absorpcija, ionska izmenjava in obarjanje. Vse te procese imenujemo v nadaljnjem delu sorpcijo.

Sorpcijsko kapaciteto smo določali na statičen in dinamičen način. Zatehtane množine vzorcev smo stresali 48 ur z markiranimi raztopinami Sr in Cs znanih koncentracij in iz meritev aktivnosti pred in po poskusu izračunali množino ionov, ki se je vezala na vzorce.

Tabela 3

Sorpcijska in prebojna kapaciteta Cs in Sr v odvisnosti od koncentracije raztopine

Vzorec	Sorp. kap. mekv/g 10^{-2}	Konc. ravnot.razt. $N.10^{-3}$	Preboj.kap. mekv/g 10^{-2}	Konc.razt. $N.10^{-3}$
	Cs		Cs	
zemlja	0,35	0,03	0,2	0,1
zemlja	2,4	0,52	1,3	1
zemlja	7,0	8,6		
zemlja	7,2	100,0		

Vzorec	Sorp. kap. mekv/g 10^{-2}	Konc. ravnot.razt. $N.10^{-3}$	Preboj. kap. mekv/g 10^{-2}	Konc. razt. $N.10^{-3}$
pesek	0,25	0,05		
pesek	1,0	0,8		
pesek	3,0	9,4		
pesek	3,1	100,0		
	Sr		Sr	
zemlja	0,29	0,04	0,16	0,1
zemlja	2,5	0,5	1,0	1,0
zemlja	10	5,8		
pesek	0,28	0,04		
pesek	2,1	0,58		
pesek	4,1	9,1		

Iz tabele 3 je razvidna odvisnost sorpcijske kapacitete od koncentracije ravnotežne raztopine. Kapaciteta narašča s koncentracijo raztopine do gotove meje, nato pa ostane konstantna. Čim nižja je koncentracija, tem nižja je tudi kapaciteta. Še bolj je razvidna odvisnost sorpcijske kapacitete od koncentracije iz tabele 4.

Tabela 4

Sorpcijska kapaciteta Cs in Sr v odvisnosti koncentracij po sukcesivnem dodajanju vzorca

Vzorec pesek	Sorp. kap., mekv/g 10^{-3}	Koncentracija ravn. razt. $N.10^{-3}$
	Cs	
1. g	2,7	4,6
2. g	1,2	2,2
3. g	0,6	1,0
4. g	0,4	0,2
	Sr	
1. g	2,8	4,4
2. g	1,3	1,8
3. g	0,5	0,8
4. g	0,3	0,2

Pri teh poskusih smo 1 g vzorca stresali s 50 ml 10^{-4} markirane raztopine Cs in Sr 48 ur. Nato smo raztopino odločili s centrifugiranjem, izprali, da je znašal volumen raztopine 50 ml, znova dodali 1 g materiala in merili padec aktivnosti. Ta postopek smo ponovili 4 krat. Koncentracija ravnotežne raztopine po 4 poskusu je že cca 2.10^{-6}N, to je za Cs cca 0,25 mg Cs/l, kar pada že v območje tracerskih raztopin. Treba je namreč pripomniti, da smo uporabljali za pripravo markiranih raztopin Cs-134, ki vsebuje 500 mCi/g in Sr-85 + 89 z 1-5 mCi/g.

Vpliv pH

pH raztopina na sorpcijo Cs vpliva zelo malo. Drugačen pa je položaj pri Sr. Sr se v alkalnem mediju obarja, posebno ob prisotnosti nosilcev Sr, Ca, Ba itd. O sorpciji pri stronciju lahko govorimo samo v kislem ali nevtralnem mediju. Iz kisle raztopine se Sr veže slabo, sorpcija v nevtralnem mediju pa je zadovoljiva, vendar dosti nižja kot pri Cs, medtem ko se v alkalnem mediju obori in veže na vzorce. Rezultati so navedeni v tabeli 5.

Tabela 5

Sorpcija Cs in Sr pri različnih pH na pesku

pH razt.	2	3	5,1	7,1	9,1	9,8	10,1
Sorpcija Cs (%)	83	84	83	96	95	97	86
Sorpcija Sr (%)	15	16	25	48	84	89	91
Sorpcija Sr (%) v trdi vodi $dH^{o}12$	16	18	30	62	88	97	95

Vpliv tujih soli

Dodatek tujih soli sorpcijo znižuje. Koncentracija manjša kot 0,01 N na sorpcijo Cs skoraj ne vpliva, večje koncentracije tujih soli pa sorpcijo znižujejo. Pri Sr je situacija ista. Rezultati so navedeni v tabeli 6.

Tabela 6

Sorpcija % na pesku v zavisnosti od dodatka elektrolitov

Konc. Cs	Normaliteta NaCl raztopine				
	0	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Tracerska	97	93	88	82	78

Konc. Cs	Normaliteta NaCl raztopine				
	0	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
N 10^{-3}	56	50	52	45	32
N 10^{-2}	18	16	-	11	7
Konc. Sr					
Tracerska	77	67	65	35	-
N 10^{-3}	18		16	11	6

Vpliv pH in dodatka elektrolitov na sorpcijsko kapaciteto zemlje je identičen s peskom in rezultatov ne navajamo.

Določitev na dinamičen način

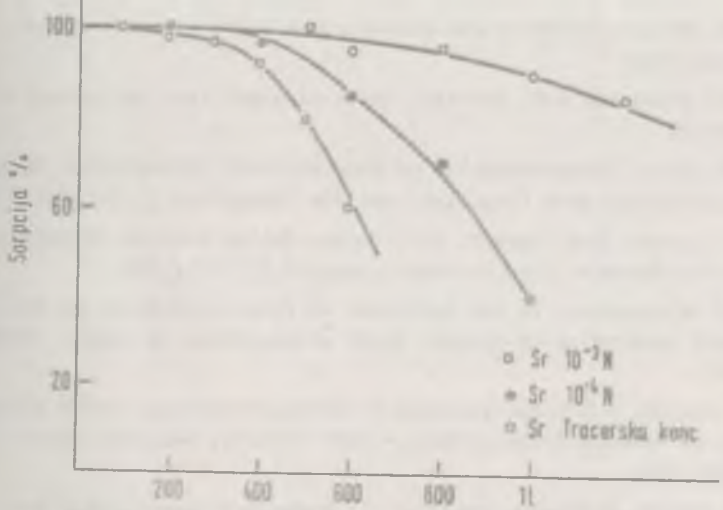
Prebojno kapaciteto smo poskusili določiti v kolonah, vendar sta se oba vzorca zemlja in pesek izkazala za neuporabna za delo v kolonah. Po zelo kratkem času se namreč kolone zamašijo, čeprav je bila plast vzorcev debela 0,5 - 1 cm. Zaradi tega smo vzorce zemlje, ki smo jih preje namakali 48 ur v vodi, nasuli na nuče in z rahlim podpritiskom filtrirali preko raztopine Cs in Sr različnih koncentracij z različno hitrostjo.

Rezultati dobljeni za Cs se dobro ujemajo, so reproducirni in prebojne točke so ostre. Pri 30-ih g zemlje prebija 10^{-4}N raztopina pri 600 ml, 10^{-3}N raztopina pri 400 ml, medtem ko pri raztopini tracerske koncentracije prebojne točke nismo dosegli, čeprav je izteklo preko kolone 10 l raztopine. Kontaktni čas smo pri tracerski raztopini varirali od 3-20 minut, vendar brez vpliva na rezultat, medtem ko je znašal pri ostalih raztopinah 10 minut.

Rezultati za Sr raztopine se ujemajo slabše, reproducirnost je slabša in prebojne točke so razvlečene. Raztopina tracerske koncentracije prebije plast zemlje pri 700-800 ml (množina zemlje 15, g, debelina plasti 1 cm), 10^{-4}N raztopina pri 250 ml, 10^{-3} raztopina pri 150 ml. Kontaktni čas smo varirali od 10-60 minut, vendar je bil preboj kolone pri počasnem pretoku za cca 10 % pozneje, kar pa sodi že v meje poskusne napake.

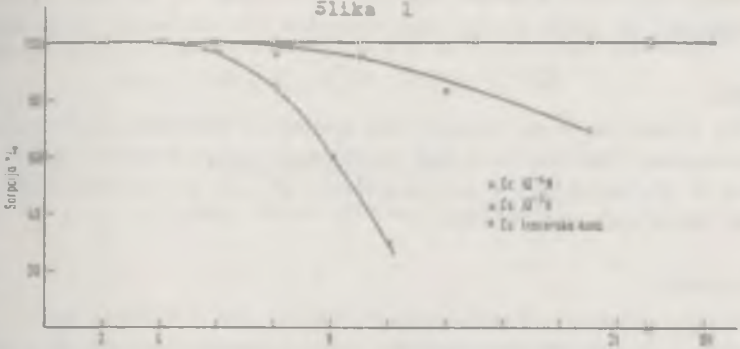
Prebojne kapacitete so navedene v tabeli 3 in slikah 1 in 2. Pesek se obnaša identično in ga ne navajamo posebej.

Poskusi v kolonah seveda ne morejo ponazoriti dogajanja v naravi, ko se kontaminirana raztopina izlije na zemljišče. Dajejo le možnost



Sorpcija Sr pri pretoku skozi 1 cm zemlje

Slika 1



Sorpcija Cs pri pretoku skozi 1 cm zemlje

Slika 2

za oceno sorpcije. Bistvena razlika leži v tem, da so naši vzorci premaknjeni in imajo zaradi tega drugačne hidrodinamske lastnosti.

Summary

The retention properties of the ground of Brežiško polje were investigated. The sorbtion and breaktrough capacities on dependence of the equilibrium concentration, pH and the presence of other salts were determined.

Literatura

1. Mandel, "Energie International", Verlag für Literatur und Zeitgeschehen, Hannover (1969), Forschungsinstitut der Friedrich Ebert Stiftung.
2. J. Kuruza, P. Strohal, Utjecaj nuklearne elektrarne Krško na okolinu, Današnje stanje tehnologije nuklearnih reaktora i razvoj brzih oplodnih reaktora, Zagreb 22.-24.11.1972.
3. W.F. Merrit and C.A. Mawson, Experiences with ground disposal at Chalk River
4. W.L. Marter, Ground waste disposal practices at the Savannah River Plant
5. S.J. Beard and W.S. Godfrey, Waste disposal into the ground at Handorf
6. W.Y. Lacy, Decontamination of Radioactively Contaminated Water by Slurrying with Clay, Ind. and Ing. Chemistry 5, Vol. 46 (1954).
7. R.E. Brown, H.M. Parker, J.M. Smith, United Nations Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energie 9 (1955) 669.
8. V.M. Klechowsky, On the behaviour of fission products in soil, their absorption by plants, their accumulation in corps, AEC-TR 2867.
9. F. Drobne, Predhodno poročilo o izvedenih hidrogeoloških raziskavah na območju Krške kotline v letu 1971/72, Geološki zavod Ljubljana.
10. F. Drobne, Predhodno poročilo o izvedenih hidrogeoloških raziskavah na območju Krške kotline v letu 1971/72. Dokumentacija zvezek 1. Geološki zavod Ljubljana.

VII simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22. - 26. listopad 1973.

Radoslav Despotović

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

ISTRAŽIVANJE MEHANIZAMA DEKONTAMINACIONIH PROCESA

KRATAK SADRŽAJ

U radu se razmatraju rezultati istraživanja temeljnih procesa dekontaminacije radioaktivnih izotopa u sistemima "vodeni medij-čvrsta faza". Procesi fiksacije radioaktivnih izotopa odvijaju se putem reakcija na granicama faza "čvrsto/tekuće" ili "nosač/kontaminirana voda" odnosno "kontaminirana čvrsta faza/voda" putem adsorpciono-desorpcionih (kontaminaciono-dekontaminacionih) procesa, sutaloženjem, heterogenom zamjenom radionuklida i kombiniranim procesima. Mjerenja su vršena na modelnim i tehničkim sistemima. Ispitivani su različiti nosački materijali (SiO_2 , TiO_2 , AgI , DURAN 50 i Polistiren) pod različitim uvjetima. U analizi rezultata pokazani su određeni mehanizmi dekontaminacionih procesa, koje je potrebno poznavati za pravilno izvođenje dekontaminacije.

ISTRAŽIVANJE MEHANIZAMA DEKONTAMINACIONIH PROCESA

R. Despotović
Institut RUĐER BOŠKOVIĆ, Zagreb

UVOD

U ovom se radu razmatraju neki temeljni procesi dekontaminacije radioaktivnih izotopa iz vodene sredine. Tehnološki i biološki značaj vode leži u činjenici da praktično nema tehnološkog procesa u čijim tokovima nema vode, kao što niti života nema bez vode. Stoga istraživanja kondicioniranja ili dekontaminacija voda predstavljaju vrijednost općeg značaja. Polazeći od osnovnih fizičko-kemijskih principa proces dekontaminacije voda može se, zbog načina primjene u praksi, razmatrati kao koloidnokemijski proces. Koloidno kemijskih procesa, kojima se uklanjaju nepoželjni sastojci iz vode, ima po mehanizmu više. Vrlo često je primijenjivano uklanjanje nepoželjnih sastojaka primjenom čvrste faze kao nosačkog materijala. Tom fizičko-kemijskom modelu odgovara proces dekontaminacije vode od radioaktivnih izotopa u sistemima "čvrsto/tekuće". Dekontaminacija vode od radioaktivnih izotopa jedan je od problema, koji sa širenjem primjene nuklearne energije zauzima sve značajnije mjesto. Proces vezivanja radioaktivnih izotopa iz vode (fiksacija, dekontaminacija, zamjena, adsorpciono-desorpcioni procesi, sutaloženje) odvija se putem reakcija na granicama faza čvrsto/tekuće ili nosač/kontaminirana voda. Nosački materijali su vrlo različiti. Za istraživanja je najpogodniji takav tip nosača, koji u svojoj

strukturi sadrži kao element konstituent ion koji kemijski odgovara izotopu čija se dekontaminacija prati. Vode nose otopljene različite soli i detergente pa su zato i ispitivani sistemi tako sastavljeni. Poznato je smanjenje sposobnosti nosačkog materijala za fiksaciju radioaktivnosti zbog procesa starenja nosača (1) pa je i tom problemu posvećena određena pažnja. Mjerenja su vršena na modelnim i tehničkim sistemima. Interpretirajući rezultate zakonomjernosti citirane u literaturi (2, 3) pokazani su neki mehanizmi dekontaminacionih procesa, koje je potrebno poznavati za racionalno vođenje dekontaminacije.

M J E R E N J A

Kao modelni nosač za radioaktivne izotope upotrebljavan je taloženi srebrni jodid (svježi i sušeni izoelektrični), a kao tehnološki stakleni prašak (DURAN 50), polistirenske granule (POLISTIREN), silicijev dioksid (SiO_2) i titanov dioksid (TiO_2). Primijenjeni su radioaktivni izotopi ^{110}Ag, ^{131}I i $^{152,154}Eu$ visoke specifične radioaktivnosti. Kao detergenti upotrebljavani su n-dodecilamin nitrat te sapuni K- i Na-kaprinati. Kao jedno- dvo- i trovalentni kationi upotrebljavani su natrij, kobalt, lantan i aluminij.

Modelni sistemi

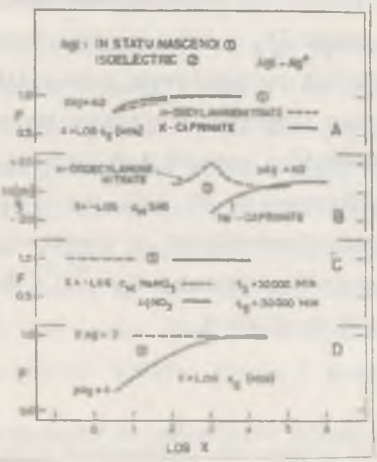
Utjecaj koncentracije kationskog i anionskog detergenta, aktiviteta potencijalno determinantnog iona, koagulacionog iona, starosti nosača i vremena zamjene na mjerene prinose

fiksacije radioaktivnog izotopa (ili frakcija zamjene F) određivan je na uobičajen način (4), a kao modelna podloga ili modelni nosač primjenjen je svježi i sušeni srebrni jodid. Utjecaj koncentracije detergenta na zeta potencijal ispitivanog modelnog nosača, shematski je prikazan prema ranijim rezultatima (5). Radi usporedbe, rezultati svih mjerenja sa ^{110}Ag prikazani su na slici 1. Istovjetnim postupkom istraživana je fiksacija ^{131}I uz različite koagulacione ione (Na^{+} , Co^{++} i La^{+++}) kod pI = 2 i 4 (pI = -log c_{I^-}). Fiksacija radioaktivnog izotopa $^{131}I^-$ vršena je na sušenom precipitatu (slika 2). Za ispitivanje utjecaja termičkog tretmana na nosačka svojstva srebrni jodid je taložen na različitim temperaturama (293, 313, 333 i 353° K), a zatim staren (t_A = 100 i 100000 minuta)u taložnoj matičnici prije fiksacije radioaktivnog joda (slika 3). Za ispitivanje utjecaja termičkog tretiranja na svojstva nosača, sušeni izoelektrični srebrni jodid zagrijan je kroz 2500 minuta na temperaturama od 20, 120, 160 i 400°C . Na ohlađenim preparatima radiometrijski je određivan adsorpcioni kapacitet mjerenjem količine vezanog Eu($^{152,154}Eu$). Rezultati su prikazani na slici 4.

Tehnički sistemi

Uspješnost dekontaminacije ispiranjem sa vodom praćena je na kontaminiranom staklenom prašku. U tu je svrhu stakleni prašak (DURAN 50 , 100-120 mesh) močen 1 dan u koncentriranoj

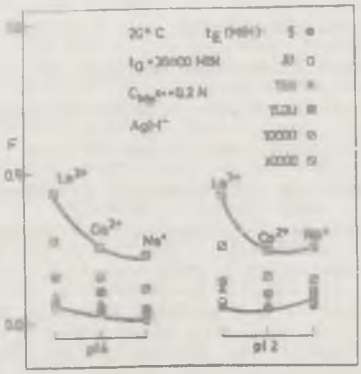
dušičnoj kiselini, opran destiliranom vodom do kiselosti od približno pH = 6 , a zatim ravnotežno kontaminiran sa radioaktivnim srebrom (^{110}Ag). Kontaminiran prašak je ispiran sa jednakim količinama vode. Radioaktivnosti voda od ispiranja (efluenti) mjerene su nakon polasatnog kontakta kontaminiranog praška sa vodom (slika 5). Na kvarcnom (SiO_2) i rutilnom prašku (TiO_2) kontaminaciona ravnoteža se uspostavlja znatno polaganije, nego na staklenom prašku i zato je prethodno određena brzina uspostavljanja kontaminacione ravnoteže. Prašci SiO_2 i TiO_2 prethodno su močeni u dušičnoj kiselini kao i DURAN 50 , a zatim su stavljeni u kontakt sa otopinom radioaktivnog europija visoke specifične radioaktivnosti.



Slika 1. Modelni sistem - srebrni jodid kao nosač (1) svježe taložen i (2) sušen izoelektrični precipitat: A - frakcija

zamjene F mjerena kao funkcija vremena zamjene t_E (log skala, minute) u sistemu AgI - ^{110}Ag mjerena kao funkcija vremena zamjene sa kationskim (n-decilamin nitrat) i anionskim (K-kaprinat) tenzidom; B - zeta potencijal na izoelektričnom AgI mjeren kao funkcija koncentracije kationskog (n-dodecilamin nitrat) i anionskog (Na-kaprinat) tenzida c_M SAS (log skala, molarne koncentracije); C - na 3 tjedna (t_A = 30000 minuta) starom precipitatu AgI , frakcija zamjene F fiksacije ^{110}Ag pokazuje neovisnost o koncentraciji c_M (log skala) $NaNO_3$ i $AgNO_3$; D - frakcija zamjene F u sistemu AgI - ^{110}Ag mjerena je kao funkcija vremena t_E (log skala, minute) zamjene kod različitih aktiviteta potencijalno determinantnog iona pAg = 2 i 4 (pAg = -log a_{Ag^+}) .

Nakon vremena t_A određivana je radioaktivnost vezana uz SiO_2 i TiO_2 prašak. Kroz 1 dan postiže se kontaminaciona ravnoteža za oba praška pod istim uvjetima, kao što je pokazano za SiO_2 na slici 6.
Dekontaminacija TiO_2 i SiO_2 (kontaminiranih sa $^{152,154}Eu$) sa izotopnim (Eu^{3+}) i neizotopnim (Al^{3+}) dekontaminantom ispitana je tako, da su uzorci kontaminirani po prethodnom postupku, a zatim stavljeni u kontakt sa otopinama europijeva odnosno aluminijeva nitrata (od 0.00001 do 0.1 N) i nakon toga im je određivana zaostala radioaktivnost. Rezultati mjerenja dekontaminacije (S je postotak od radioaktivnosti zaostale nakon dekontaminacije) SiO_2 i TiO_2 pomoću izotopnog i neizotopnog nosača prikazani su na slici 7. Na jednak način ispitana je efikasnost dekontaminacije staklenog i polistirenskog praška pomoću izotopnog i neizotopnog nosača. Ispitivanjima je analiziran i utjecaj ponovljene dekontaminacije na smanjenje početne radioaktivnosti ispitivanih uzoraka (slika 8).



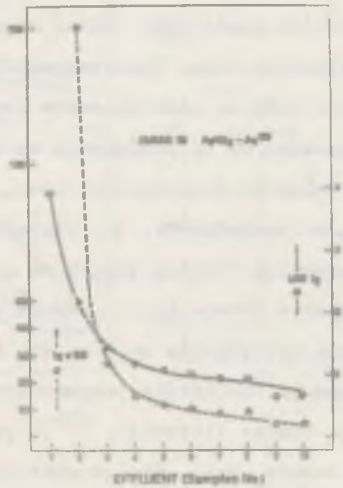
Slika 2. Frakcija zamjene F mjerena kao funkcija aktiviteta I^- iona ($pI = -\log a_{I^-}$) u AgI - $^{131}I^-$ sistemu uz Na^+, Co^{2+} i La^{3+}. Prije procesa fiksacije radionuklida $^{131}I^-$ sušeni AgI je dozrijevao 3 tjedna (t_G = 30000 minuta) u priređenim matičnicama. Frakcije zamjene su mjerene nakon t_E = 5 do 30000 minuta.

R A Z M A T R A N J E R E Z U L T A T A

Modelni sistemi

Dinamička ravnoteža konstitucionih iona u sistemu čvrsto/tekuće odvija se putem procesa heterogene zamjene. Sa stanovišta dekontaminacije proces heterogene zamjene predstavlja smanjenje koncentracije radioaktivnog iona iz tekuće faze u čvrstu fazu autodifuzijom, Ostwaldovim zrijenjem ili površinskom reakcijom. Brzina zamjene (fiksacije, dekontaminacije) radioaktivnog iona u čvrstu iz tekuće faze ovisi o vrlo mnogo različitih faktora za formalno isti sistem (1), a konačan nivo, na koji se može smanjiti početna radioaktivnost kontaminirane vode ovisi u pravilu samo o odnosu kemijske vrste promatranog radioaktivnog i neradioaktivnog izotopa u tekućoj i čvrstoj fazi. Poznato je (6), da su diskontinuiteti kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika procesa heterogene zamjene karakterizirani istim koncentracijskim uvjetima, kod kojih dolazi do kvalitativnih i kvantitativnih diskontinuiteta koloidnokemijskih svojstava promatranih sistema. Konkretno, brzina procesa heterogene zamjene bitno se ubrzava, ako je u vodenoj fazi prisutan detergent u koncentraciji kod koje se mijenja predznak zeta potencijala na česticama čvrste faze (7). Stoga poznavanje nul točke elektroforetske gibljivosti ili nul točke zeta potencijala predstavlja kritičnu točku za razmatranje utjecaja detergenata u vodi na brzinu procesa dekontaminacije. U slici 1 je za orijentaciju pokazana ovisnost zeta potencijala za AgI (5)

o koncentraciji tenzida n-dodecilamin nitrata i Na-kaprinata kod pAg 4 (=0.0001 M Ag^+). Prema pokazanim podacima, može se zaključiti, da fiksacija konstitucionog radioaktivnog izotopa, mora teći većim brzinama uz 0.0001 (i više) M Na-kaprinat. Rezultati prikazani na slici 1.A, pokazuju nešto brže uspostavljanje ravnoteže uz taj detergent. U slučaju fiksacije ^{131}I ubrzanje je mnogo veće i postiže se dodatkom n-dodecilamin nitrata. Različiti utjecaj detergenata na brzinu fiksacije konstitucionih radioaktivnih izotopa, direktno indiciraju na dva različita mehanizma (Ostwaldovo zrijenje i autodifuzija) odgovorna za tok tih procesa. Budući da koncentracija i valencija koagulacionog elektrolita pokazuju (1) izraziti utjecaj na brzinu fiksacije ^{131}I na AgI, izvršena su simetrična istraživanja i sa ^{110}Ag. Rezultati na slici 1. C i D pokazuju neovisnost brzine fiksacije o količini koagulacionog elektrolita, kada je prisutan u koncentracijama višim od kritične koagulacione. Vremenska ovisnost frakcije zamjene o aktivitetu potencijalno determinantnog iona je vezana uz promjenu količine nosačkog materijala i pokazuje da je brzina fiksacije znatno veća uz veće količine nosača, što je u skladu sa fiksacijom $^{131}I^-$. Evidentno je, da se brzina fiksacije radionuklida, pojavljuje kao veličina ovisna o koloidno kemijskim svojstvima promatranog sistema. Kod fiksacije ^{131}I (slika 2) vidljivo je, da je valencija



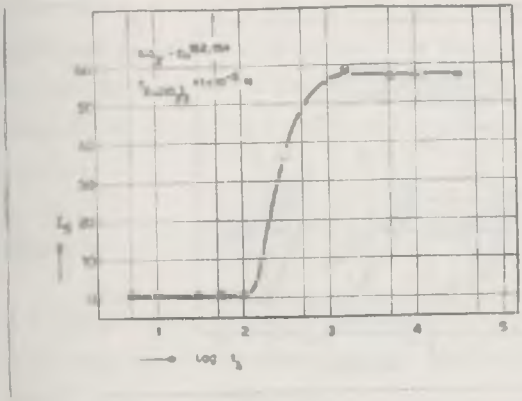
Slika 5. Dekontaminacija staklenog praška (DURAN 50) ispiranjem sa vodom. Ordinata: radioaktivnost (lin i log skale) efluenta I_E od ispiranja kontaminiranog stakla. Apscisa: redni broj efluenta.

mehanizmima koji determiniraju svojstva koloidnih sistema čvrsto-tekuće. Poznavanje tih ovisnosti omogućuje i kontrolirano i najracionalnije postavljanje zadanog procesa dekontaminacije.

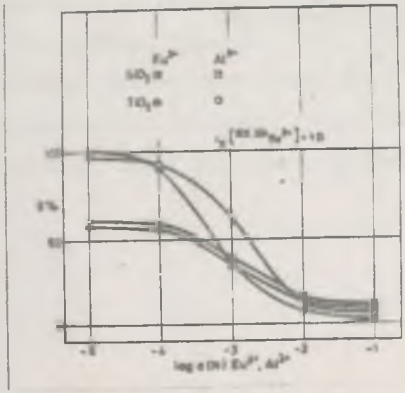
Tehnički materijali

Ispiranje vodom, na primjer stakla kontaminiranog sa ^{110}Ag, predstavlja (slika 5) do izvjesnog stupnja sasvim dostatan zahvat, jer se već sa prvih nekoliko ponovljenih ispiranja nivo radioaktivnosti snizi za više od dvije potencije. No problem je u daljnjem uklanjanju preostale radioaktivnosti, jer se sa višekratnim ispiranjima postiže vrlo mali učinak. Zbog toga se u slučajevima, kada je potrebno temeljitije dekontaminirati određenu površinu, primjenjuju različiti dekontaminanti. Dekontaminacija čvrste faze kontaminantom otopljenim u vodi predstavlja adsorpciono desorpcioni proces, u kojem se kroz dinamičku ravnotežu između iona u tekućoj i iona u čvrstoj fazi razređuje radioaktivna vrsta izotopa-kontaminanta. Prema tome kontaminacija i dekontaminacija u sistemima čvrsto-tekuće po mehanizmu su istovjetni procesi, jer se kontaminacijom jedne faze dekontaninira druga faza. Brzina uspostavljanja kontaminaciono-dekontaminacione ravnoteže na primjer u sistemu SiO_2 - radioaktivni izotop (slika 6) odgovara uspostavljanju adsorpciono-desorpcione ravnoteže između SiO_2 i europija. Rezultati pokazuju, da se ta ravnoteža postiže nakon 1 dana.

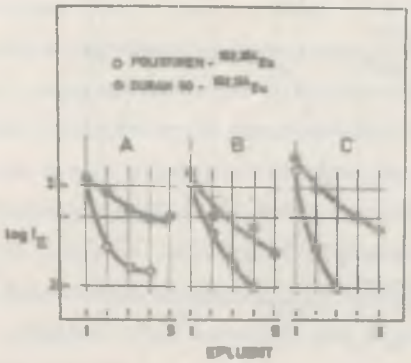
Slična je ovisnost i za sistem sa TiO_2 . S-krivulja sa dugim indukcionim periodom, sa stanovišta praktične dekontaminacije, pokazuje da se pod opisanim uvjetima SiO_2 ne može uspješno primjeniti za dekontaminaciju, ako je potrebna velika brzina fiksacije radionuklida. Međutim polazeći od činjenice da i uz relativno visoku koncentraciju nosača (0.00001 N Eu) uz jednodnevno uravnotežavanje SiO_2 veže oko 60% ukupne radioaktivnosti, za posebne slučajeve (separacija lantanida) ovaj materijal ima i dobra nosačka svojstva. Ta su svojstva posebno dobra kada se reakcijom zamjene "dekontaminira" površina kvarca, jer se adsorpciono desorpciona ravnoteža uspostavlja vrlo brzo (proces je gotov za manje od 20 minuta), što je od posebne važnosti za koncentriranje radioizotopa, bez obzira na konačnu svrhu koncentracije (dekontaminacija, separacija i drugo). Isto vrijedi i za TiO_2 (slika 7). Svakako ovdje treba istaknuti da se dekontaminacija kvarca i rutila postiže jednako efikasno i sa neizotopnim dekontaminantom aluminijem, kao i sa izotopnim dekontaminantom što je sasvim u skladu sa teorijskim temeljnim relacijama teorije ionske zamjene (3): istovalentni ioni se ekvivalentno zamjenjuju ili adsorbiraju, kada se nalaze u jednakim koncentracijama u fazi iz koje se zamjenjuju odnosno adsorbiraju. Ova sasvim teroijska zakonomjernost, provjerena na modelnim sistemima u potpunosti se može aplicirati i na dekontaminaciju stakla i polistirena kontaminiranih radioaktivnim europijem (slika 8). Rezultati pokazuju iste tokove dekontaminacija sa izotopnim kao i neizotopnim dekontaminantom (europij i aluminij).



Slika 6. Uspostavljanje kontaminaciono-dekontaminacione ravnoteže na kvarcnom prašku u vodenoj suspenziji sa 0.00001 N $Eu(NO_3)_3$ označenim sa $^{152,154}Eu$. Radioaktivnost praška I_S mjerena je kao funkcija vremena kontakta t_A (log skala, minute) sa radioaktivnom otopinom.



Slika 7. Dekontaminacija TiO_2 i SiO_2 izotopnim (Eu-nitrat) i neizotopnim (Al-nitrat) dekontaminantima mjerena 1 dan ($=t_E$) nakon pripreme sistema. Zaostala radioaktivnost S% na prašcima mjerena je kao funkcija koncentracije c (N) dekontaminanata.



Slika 8. Dekontaminacija staklenog i polistirenskog praška izotopnim (Eu-nitrat) i neizotopnim (Al-nitrat) nosačima. Radioaktivnost I_E efluenata nakon dekontaminacije mjerena ja kao funkcija broja ispiranja dekontaminantom.

A : 0.0001 N Eu^{3+}

B : 0.0001 N Al^{3+}

C : 0.01 N Al^{3+}

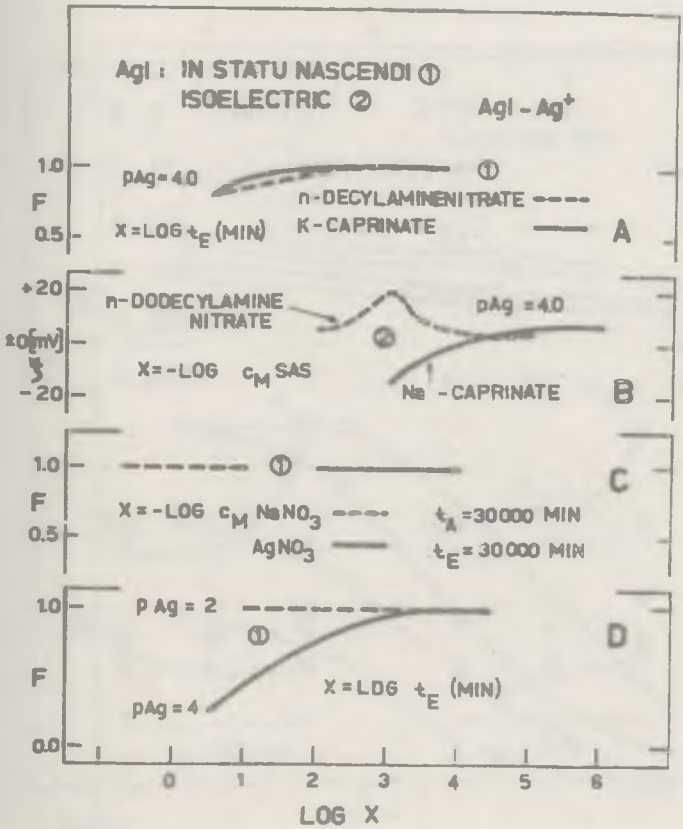
Svi navedeni rezultati ukazuju na opravdanost temeljnih istraživanja, jer se osim proširenja našeg znanja o temeljnim procesima u ovakovim sistemima obogaćujemo i za mogućnost svijesnog i optimalnog rješenja konkretnih problema.

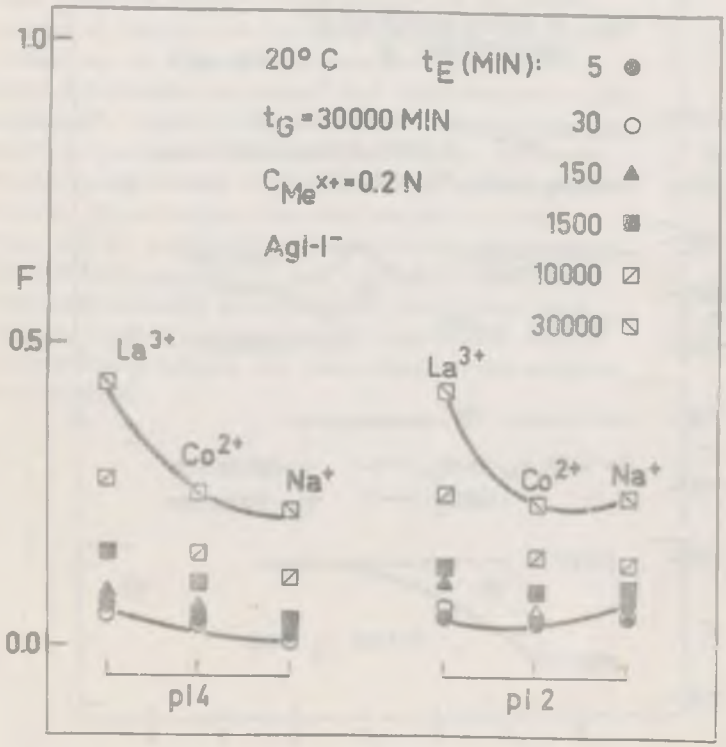
LITERATURA

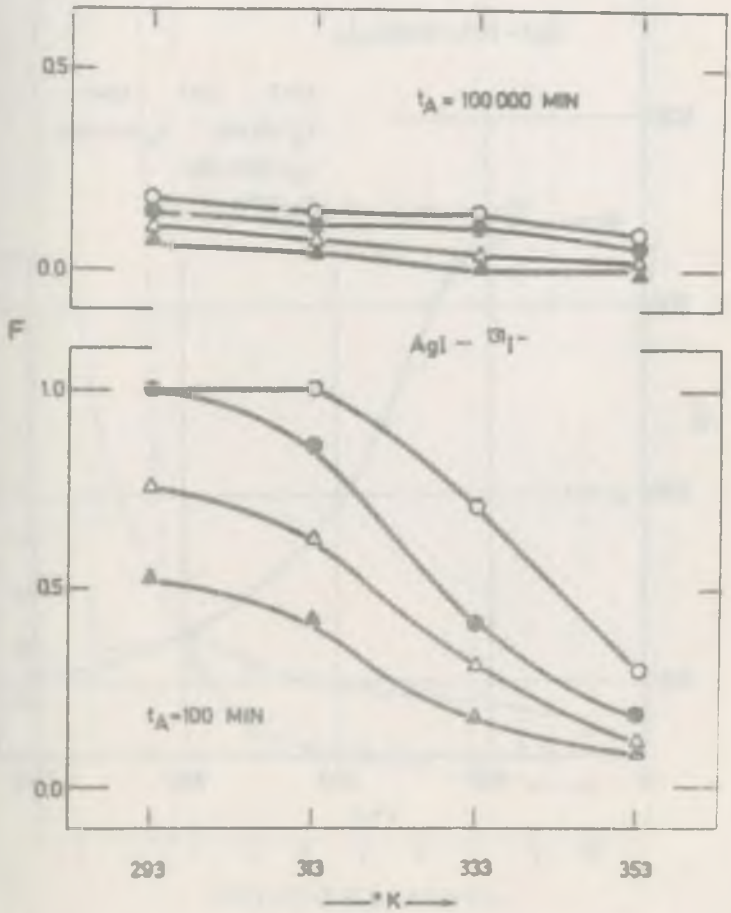
1. R. Despotović, Discuss. Faraday Soc., 42 (1966) 208.
2. R. Despotović, M. Herak and Lj. Despotović, Croat. Chem. Acta 37 (1965) 209.
3. M. Mirnik, Croat. Chem. Acta , 42 (1970) 161.
4. M. Mirnik and R. Despotović, Croat. Chem. Acta 33 (1961) 107, 37 (1965) 155, 163.
5. V. Pravdić and M. Mirnik, Croat. Chem. Acta, 32 (1960) 1.
6. R. Despotović et all., 2nd European Congress on Radiation Protection, Budapest, 1972, ERT II, II/3.
7. E. P. Honig, Nature 225 (1970) 537,
T.B.Grimley and N. F. Mott, Discuss. Faraday Soc. 1 (1947) 3,
T.B. Grimley, Proc. Roy. Soc., London, A 201, (1950) 40.

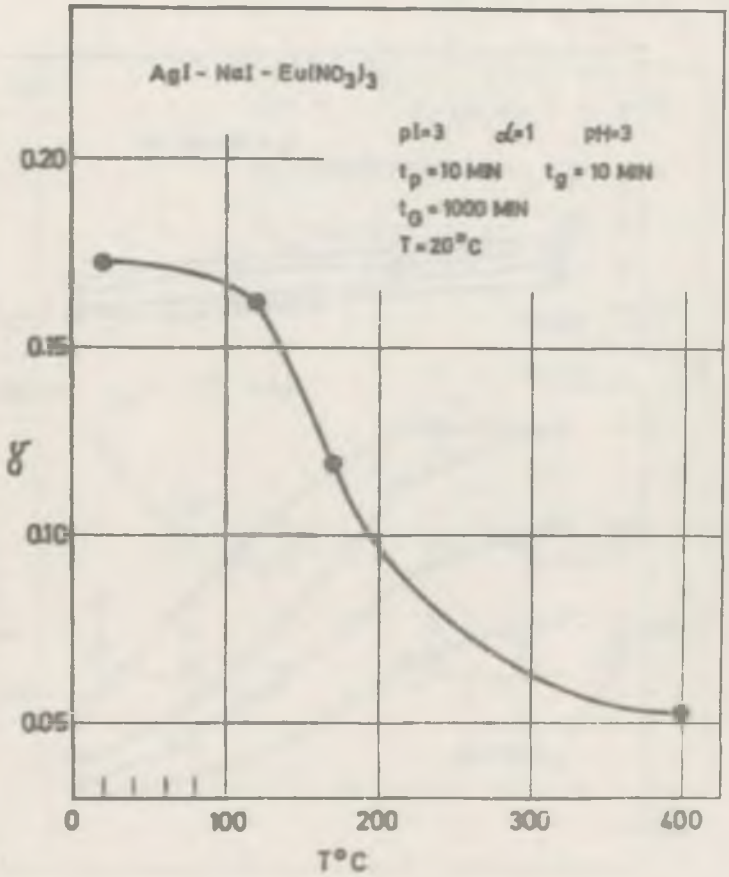
SUMMARY

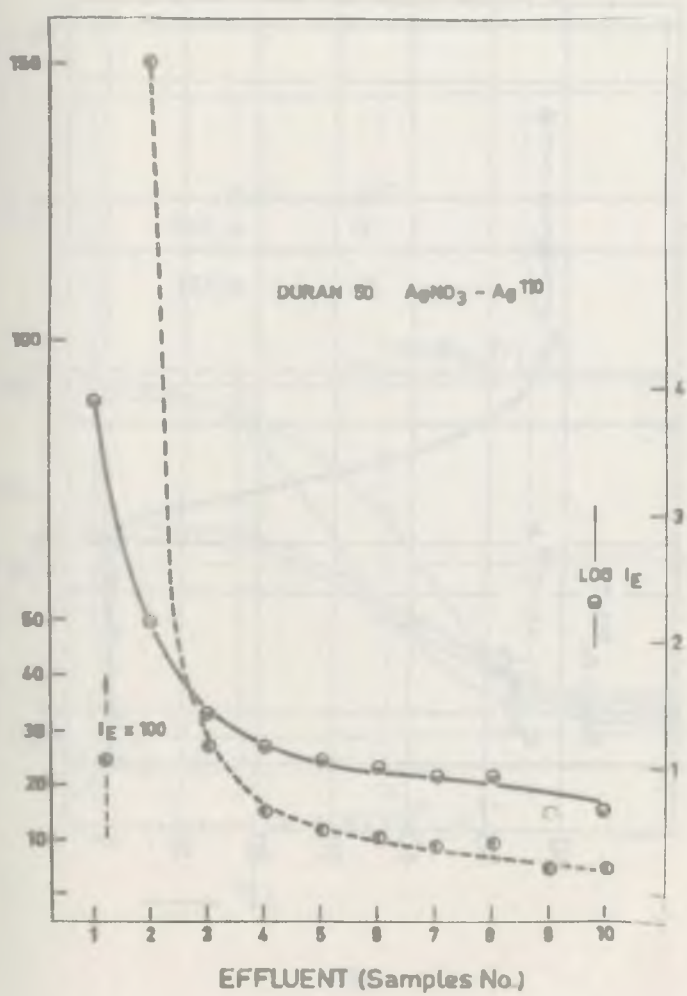
Results of the investigations on the fundamental decontamination processes of radioactive isotopes in the systems "aqueous media - solid phase" are discussed. Processes of radioactive isotopes fixation take place via reactions at the phase boundaries "solid/liquid" or "scavenger/contaminated water" and "contaminated solid phase/water", respectively, through the adsorption-desorption (contamination-decontamination) processes, heterogeneous exchange of radionuclides and by complex processes. Measurements were carried out on model systems and on practical systems. Various scavenger materials (SiO_2 , TiO_2 , AgI , DURAN 50 and Polystiren) were examined under various conditions. Some mechanisms needed for the correct realization of decontamination processes are shown through the analysis of the results.

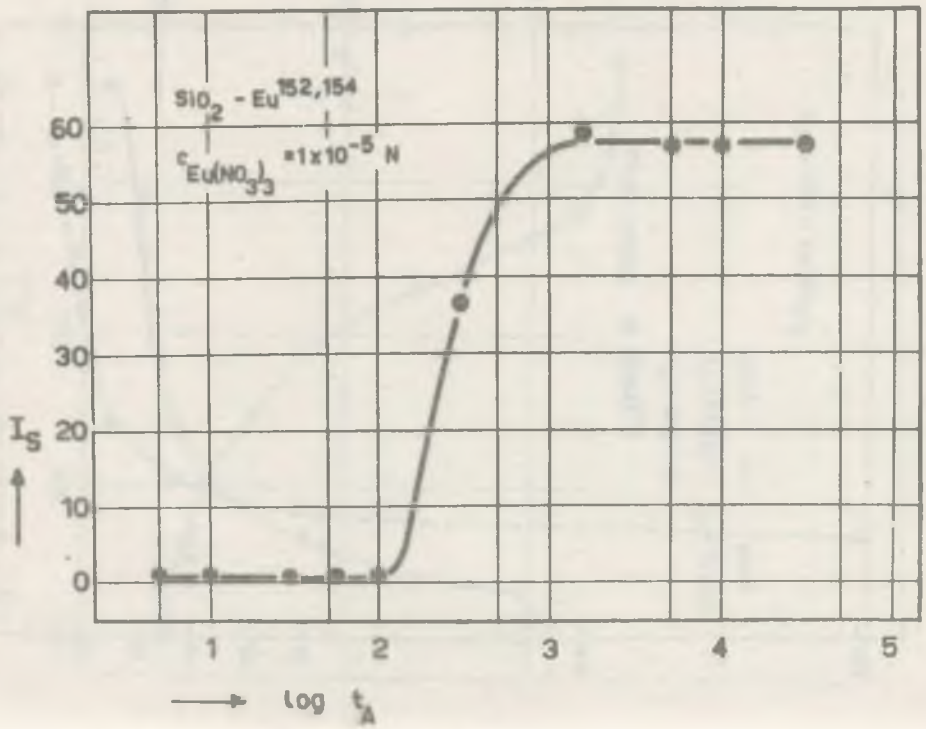

AgI : IN STATU NASCENDI ①
ISOELECTRIC ②
AgI - Ag+
1.0
F
0.5
pAg = 4.0
①
n-DECYLAMINENITRATE
X = LOG tE (MIN)
K-CAPRINATE
A
+20
±0 [mV]
-20
n-DODECYLAMINE NITRATE
②
pAg = 4.0
X = -LOG cM SAS
Na -CAPRINATE
B
1.0
F
0.5
①
C
X = -LOG cM NaNO3
tA = 30000 MIN
AgNO3
tE = 30000 MIN
1.0
F
0.0
p Ag = 2
①
D
X = LOG tE (MIN)
pAg = 4
0
1
2
3
4
5
6
LOG X

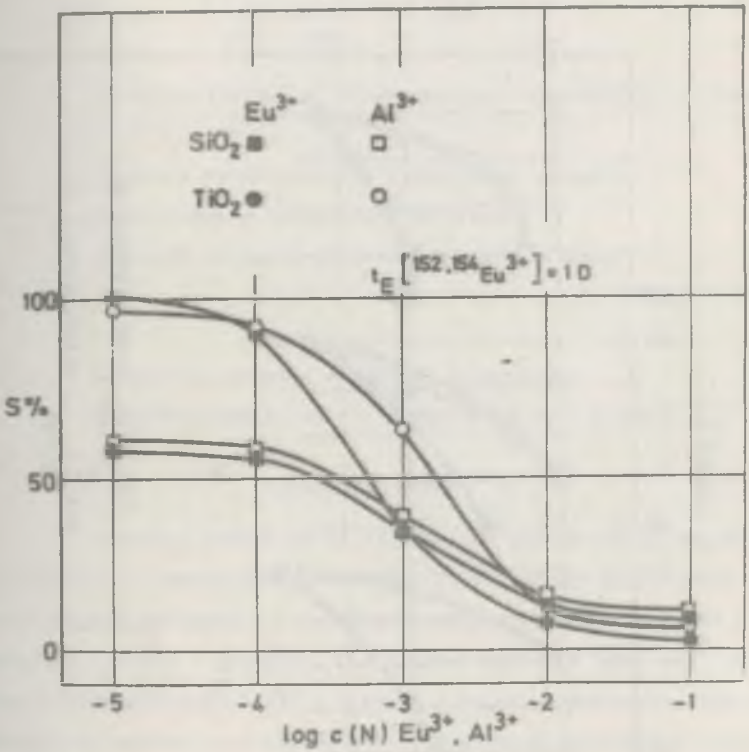

1.0
0.5
0.0
F
20° C
t_G = 30000 MIN
$C_{Me^{x+}}$ = 0.2 N
AgI-I⁻
t_E (MIN):
5
30
150
1500
10000
30000
La^{3+}
Co^{2+}
Na^+
La^{3+}
Co^{2+}
Na^+
pI4
pI 2

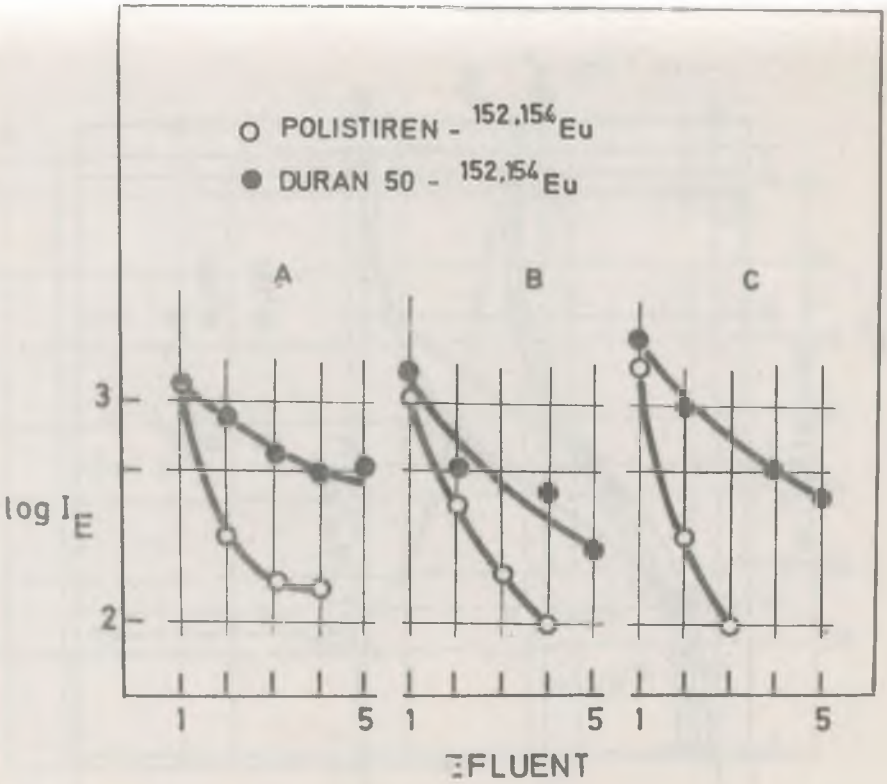

0.5
0.0
t_A = 100 000 MIN
F
AgI – $^{131}I^-$
1.0
0.5
0.0
t_A=100 MIN
293
303
333
353
°K


AgI - NaI - Eu(NO3)3
pI=3 α=1 pH=3
tp = 10 MIN tg = 10 MIN
tG = 1000 MIN
T = 20°C
0.20
0.15
0.10
0.05
γ
0
100
200
300
400
T°C


DURAN 50 $AgNO_3$ - Ag^{110}
LOG I_E
I_E = 100
150
100
60
40
30
20
10
4
3
2
1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
EFFLUENT (Samples No.)


SiO_2 - $Eu^{152,154}$
$c_{Eu(NO_3)_3}$ = 1x10^{-5} N
60
50
40
30
20
10
0
I_S
1
2
3
4
5
log t_A


Eu3+
Al3+
SiO2
TiO2
tE [152,154Eu3+] = 1 D
100
S %
50
0
-5
-4
-3
-2
-1
log c (N) Eu3+, Al3+


POLISTIREN - 152,154Eu
DURAN 50 - 152,154Eu
A
B
C
3
2
log I_E
1
5
1
5
1
5
EFLUENT

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
KAŠTEL STARI 22-26. OKTOBAR 1973.

J. Gligorijević, S. Stanković, B. Draganović i A. Zagorčić

Institut za radiologiju i fizikalnu terapiju
Veterinarskog fakulteta u Beogradu
Zavod za animalnu radiologiju INEP-a, Zemun

MOGUĆNOSTI ZAŠTITE KOKOŠI OD ALIMENTARNE KONTAMINACIJE SA Cs-137 I SMEŠOM Sr-85 I Sr-89

(Kratak sadržaj)

Zaštitni efekat BP od alimentarne kontaminacije kokoši sa cezijumom 137, odnosno $BaSO_4$ od smeše Sr-85 i Sr-89 procenjivan je prema stepenu resorpcije i procentu inkorporacije kontaminanta u kritičnim tkivima i organima, kao i prema brzini eliminacije. Resorpcija i inkorporacija Cs-137 u tkivima i organima prethodno zaštićenih kokoši najviša je u toku prvog dana nakon kontaminacije, kada počinje i eliminacija. Razlike u procentu radiacionog opterećenja pojedinih kritičnih tkiva i organa u poredjenju sa kontrolama statistički su značajne u toku celog ogleda. Efekat zaštite dostiže do 23%. Alimentarna kontaminacija smešom Sr-85 i Sr-89 pokazuje i kod

prethodno zaštićenih kokoši visok stepen resorpcije i inkorporacije sa jasno izraženim trentom povećanja u funkciji vremena. Ovaj fenomen objašnjava se prisustvom $BaSO_4$ koji usporava pasažu interstinalnog sadržaja i omogućava veću resorpciju kontaminanta.

Problem zaštite od unutrašnje radiokontaminacije domaćih životinja je vrlo aktuelan i predstavlja najsloženije područje animalne radijacione higijene. U okviru ove problematike ispitivanja mogućnosti zaštite od alimentarne kontaminacije imaju izuzetan teorijski i praktičan značaj. Obzirom na mali broj radova iz ove oblasti smatrali smo da će biti od interesa da iz kompleksa radijaciono-higijenskih istraživanja uzgoja i eksploatacije domaćih životinja i njihovih proizvoda iznesemo deo koji se odnosi na ispitivanja mogućnosti zaštite kokošiju od alimentarne kontaminacije značajnim radionukleidima, kao što su Cs-137 i smešom Sr-85 i Sr-89.

S o p s t v e n a i s t r a ž i v a n j a

Materijal i metodi rada. - Eksperimenti zaštite od alimentarne kontaminacije radiocezijumom i radiostroncijumom vršeni su na kokošima rase "White-rock", starim godinu dana i prosečne telesne težine 1.500 g. One su podeljene u ogledne i kontrolne grupe od po 4 životinje, smeštene u odvojene kaveze i držane u standardnim uslovima ishrane i nege. U ovom eksperimentu primenjen je sistem zaštite kokošiju od alimentarne kontaminacije dugoživećim fisionim produktima, na taj način što je 1 čas pre radiokontaminacije ubrizgavana kaša $BaSO_4$, odnosno Berlinsko plavo (Hp):$E_4/Fe(Cn)_6$/rastvor od 42 g/l, svaki u dozi od 25 cc da sasvim ispuni voljku životinje. Jedan sat docnije administrirani su radioizotopi sodom u voljku i to: $^{85,89}Sr(NO_3)_2$, odnosno 137-CaCl u dozi 50 μCi/kg telesne teži-

ne, dok su kontrolne grupe primile samo radioizotope bez zaštitnih sredstava. Životinje su nakon kontaminacije žrtvovane u sledećem vremenskom intervalu: 3 h, 6 h, 1, 3 i 7 dana i uzimani uzorci karakterističnih organa i tkiva za radiometrijska merenja i biohemijske probe.

$BaSO_4$ je pripreman kao smeša u vodi (od uobičajenih uzoraka za radiološku primenu pozitivnog kontrasta, fabrički citriranog) izgleda mleka. On je nerastvorljiv, netoksičan po organizam i vidljiv u fecesu po karakterističnoj beloj boji. Njegova nerastvorljivost nije apsolutna u hemijskom smislu, on se ipak slabo rastvara u kiseloj sredini na čemu se i zasnivala pretpostavka da će protekcioni efekat doći do izražaja u interakciji sa radiostroncijumom: mehanička blokada radionuklida u digestivnom traktu kokoši i eventualnoj izmeni jona Ba - Sr u korist Ba.

Ferofericijanid ili berlinsko plavo (BP) je pripremljeno po recepturi Nigrović-Müller (0.15 M $K_4/Fe(CN)_6/$ i 0.05 M $FeCl_3$ tj. 42 g/l + 13 g/l) i to neposredno pre ubrizgavanja životinjama. BP je isprobani komplekson za interakciju sa cezijum jonom, takodje je netoksičan, stabilan rastvor i u našem Zavodu upotrebljava se niz godina u izučavanju zaštite od radiokontaminacije cezijumom-137. Zbog ovakvih osobina BP se upotrebljava od 1966. godine u zaštiti ljudi.

Rezultati radiometrijskih merenja su izražavani kao jedinice radioaktivnosti po gramu ili u procentu administrirane doze radionuklida. Merenja su vršena na brojačkom komplezu "Philips" PW 4220 čija je efikasnost 30%. Biohemijske probe za izračunavanje ukupnog kalcijuma u kostima vršene su metodom okslatne titracije. Statistička obrada rezultata i matematička analiza linetičkih parametara vršena je na elektronskom računaru "Varian" 620/i m.

Grupa oglednih životinja testirana je na randman pojedinih organa i sistema organa radi ukupnog obračuna procenta inkorporacije, distribucije i eliminacije radionuklida.

Količine ukupnog kalcijuma u cevastim kostima obračunate su kao srednje vrednosti uzoraka pepela proksimalne, distalne epifize i dijafize kod cevastih kostiju i sternuma i kranijuma kod pljosnatih kostiju po vremenskim intervalima uslovljenim eksperimentom.

Rezultati istraživanja. - Kod inkorporacije radiocezijuma 137 u organima zaštićenih kokoši u odnosu na kontrolnu grupu vide se razlike u procentima radijacionog opterećenja pojedinih kritičnih tkiva i organa u posmatranom vremenskom intervalu od 7 dana. Tako muskulatura kontaminiranih kokoši radiocezijumom u toku 1. dana inkorporira 5,40% od unete doze a maksimum ugradjivanja se nalazi u drugoj polovini dana, dok se u eksperimentalnoj grupi (zaštićena i kontaminirana) ta vrednost kreće oko 2,84%. Posle 3. dana vrednosti inkorporacionog radicezijuma opadaju na vrednost ispod 1% unete doze. Unutrašnji organi zadržavaju relativno malu količinu radiocezijuma i to opet najviše u toku prvog dana kod ogledne grupe 0,16% a kod kontrolne 1,14% unete doze. Trend eliminacije ima isti karakter kao kod muskulature. Sadržaj radiocezijuma u digestivnom traktu oglednih životinja iznosi najviše u toku prvog dana 10,90% a kod kontrolnih 9,49% unete doze. Počev od prvog dana eliminacija je veoma intenzivna i to naročito kod ogledne grupe, pa u daljem vremenskom periodu od 7 dana iznosi samo 0,1 - 0,06%.

Tabelarne vrednosti procenta inkorporacije radicezijuma kod oglednih i kontrolnih životinja po vremenima radiometrijskih merenja prikazane su u tabeli br. 1.

Tabela br. 1.

Procenat inkorporacije Cs-137

Sistem organa	3 h		6 h		1. dan		3. dan		7. dan	
	o	k	o	k	o	k	o	k	o	k
Dig.trakt	1,54	0,90	10,90	9,49	0,01	0,88	0,06	0,02	0,015	0,01
Unutr.organi	0,09	0,16	1,14	0,003	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05
Muskulatura	0,03	0,08	2,84	5,40	0,08	0,72	0,003	0,82	0,05	0,12
Krv	0,06	0,08	0,02	0,02	0,021	0,001	0,002	0,08	0,01	0,01
Total S	1,67	2,14	13,78	16,05	0,05	0,81	0,09	0,93	0,08	0,19
Feces	80,5 ± 21,3									

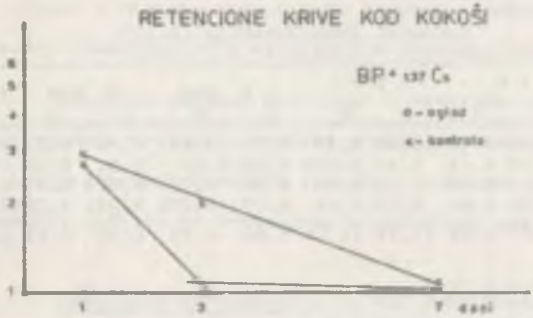
0 - ogledna grupa, k - kontrolna grupa

Iz ovih vrednosti mogli smo da izračunamo dvofaznu retencionu krivu za grupu oglednih i kontrolnih životinja u posmatranom periodu od 7 dana iz koje se vidi obim i karakter zaštitnog efekta BP.

Period eliminacije radiocezijuma biološkim poluživotom mnogo je kraći kod grupe životinja zaštićenih od oralne radiokontaminacije radiocezijumom 137. Sem toga, eliminacija radiocezijuma oglednih životinja se odigra u vrlo kratkom periodu od prva tri dana nakon kontaminacije iako se efekat zaštite kreće u korist ogledne grupe sa 23%. Inkorporacija radiocezijuma za ceo posmatrani period je kod kontrolne grupe 18,07 ± 1,3% a kod ogledne 14,00 ± 2,0% od ukupno unete doze. Dinamika eliminacije radiocezijuma kod obeju grupa u posmatranom periodu od 7 dana prikazana je na grafikonu br. 1.

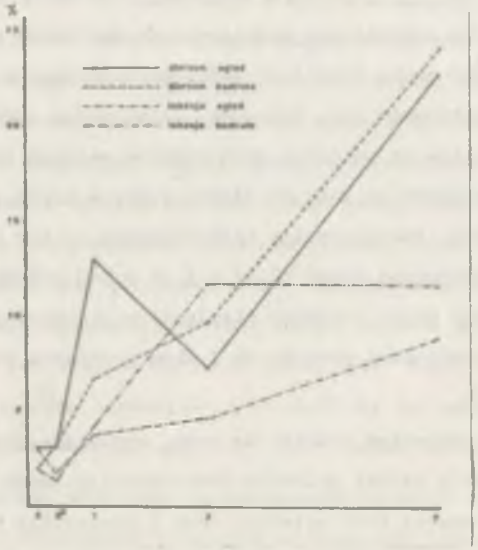
Kod peroralne zaštite sa $BaSO_4$ rezultati radiometrijskih merenja pokazuju veliki procenat inkorporacije smeše radiostroncijuma-85,89 u skelet kako oglednih tako i kontrolnih životinja. Naročito visok procenat inkorporacije pokazuju grudna kost (sternum) 24,43% i humerus 21,6% unete doze. Sem toga, u posmatranom periodu se primećuje jasan trend povećanja ugradjivanja radiostroncijuma.

Grafikon br. 1



Ukupna inkorporirana količina za nedelju dana iznosi kod 0 - ogledne grupe 63,10±11,2%, a kod kontrolne - k grupe 61,86±8,3% unete doze.

Grafikon br. 2.



Grafički predstavljene ove vrednosti pokazuju da $BaSO_4$ unet pre radiokontaminanta deluje tako što produžava vreme intesti-

nalne ekspozicije a time povećava resorpciju radiostroncijuma. Stepen resorpcije $^{85,89}Sr$ u zajednici sa $BaSO_4$ raste sa faktorom vremena, a intenzitet ima oblik rastuće stepenaste funkcije kako kod kontrolnih tako i kod oglednih životinja. Pritom se vrednosti (tačke) ove funkcije i njihova brzina ne razlikuju značajno. Karakteristike ovih funkcija predstavljene su na grafikonu br. 2.

Zaključna razmatranja.-Zaštitni efekat BP od alimentarne kontaminacije kokoši sa Cs-137, odnosno $BaSO_4$ od smeše Sr-85,89 procenjivan je prema stepenu resorpcije i procentu inkorporacije radionuklida u kritičnim tkivima i organima, kao i prema brzini eliminacije kontaminanta iz organizma.

Rezultati izvršenih ispitivanja pokazuju da je respršcija i inkorporacija Cs-137 u tkiva i organe prethodno zaštićenih kokoši najviša u toku prvog dana posle kontaminac ije, kada počinje i eliminacija. Razlike u procentima radijacionog opterećenja pojedinih kritičnih tkiva i organa u poredjenju sa kontrolama statički su značajne u toku celog ogleda. Unutrašnji organi ogledne grupe kokoši zadržavaju samo neznatne količine Cs-137 (0,16%). Obim i karakter zaštitnog efekta BP najbolje pokazuje retenciona kriva ogledne i kontrolne grupe kokoši. Eliminacija Cs-137 kod ogledne grupe odigrava se u toku prva tri dana a efekat zaštite dostiže do 23%.

Posle alimentarne kontaminacije smešom Sr-85,89 nastaje visok procenat inkorporacije radionuklida kako kod oglednih tako i kontrolnih kokošiju, naročito u grudnoj kosti, sa jasno izraženim trendom stalnog povećanja u funkciji vremena. Ovo povećanje stepena resorpcije i procenta inkorporacije posledica je prisustva $BaSO_4$ koji usporava pasažu intestinalnog sadržaja a time omogućuje veću resorpciju kontaminanta.

S u m m a r y

The protective effect of PB in cases of alimentary contamination of fowl with Cesium 137, i.e. $BaSO_4$ in cases of contamination with 85St and 89St solution has been estimated on the basis of the degree of resorption and percentage of incorporation of contaminants in critical organs and tissues as well as on the basis of the eiimination ratio. Resorption and incorporation of C 137 in tissues and organs of the preliminarily protected fowl is highest in the course of the first day after contamination at about which time elimination begins. The difference in the percentage of the radiation damage of individual critical tissues and organs in comparison with the control groups is significant throughout the entire experiment. The protection effect goes up to 23%. Alimentary contamination with 85St and 89St solution produces also in the preliminarily protected fowl a high degree of resorption and incorporation with a definitely expressed trend of increase in the set time interval. This phenomenon is explained by the presence of $BaSO_4$ which slows down the passage of intestinal contents and brings about a higher resorption ratio of contaminants.

L i t e r a t u r a

1. BRAGG D.B. et al.: Poultry Science, Vol 50, 167, 1971.
2. COLVIN L.B. and GREGER C.R.: Poultry Science, Vol 51, 576, 1972.
3. COX A.C. et al.: Poultry Science, Vol 50, 186, 1971.
4. GLIGORIJEVIĆ J. et al.: Acta veterinaria Vol 20, 111, 1970.
5. GUTNECHT J. et al.: Chem. Abstract Vol 65, 7598, 1966.
6. MRAZ F.R.: Poultry Sci. Vol 51, 320, 1972.
7. MRAZ F.R.: Poultry Sci. Vol 51, 586, 1972.
8. ROLLAND D.A. et al.: Poultry Sci. Vol 51, 1388, 1972.
9. INEP: Godišnji izveštaj po projektu "Uticaj faktora okoline na ljudsko zdravlje" za 1971.
10. RICHMOND C.R.: Proc.Soc.Exp.Biol.Med. Vol 2, 664, 1966.

VII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973.

Kralj J., Milošević Z., Horšić Emilija

Zavod za radiologiju i fizikalnu terapiju Veterinarskog fakulteta i Odjeljenje za radiologiju Istraživačkog instituta Veterinarskog fakulteta u Sarajevu

ISPITIVANJE EKSTERNE RADIOKONTAMINACIJE SVJEŽEG OVČJEG LOJA SA 137-Cs

Sadržaj: Autori su u ovom radu izvršili ispitivanje eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs. Svrha ovih ispitivanja bila je utvrditi: kakvu ulogu kod eksterne kontaminacije svježeg mesa ima loj, koji je uvijek prisutan u odredjenoj količini u mesu pripremljenom za tržište, odnosno za konzumaciju. - Na osnovu dobivenih rezultata autori zaključuju: Kontaminant 137-Cs kod eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja u sve tri faze zrenja /5, 24 i 48 sati/ ne ostaje samo na površini, već prodire i u dublje slojeve. Upada, medjutim, u oči činjenica, da kontaminant za prva 3 sata ekspozicije kod sve tri faze zrenja vrlo sporo penetrira i u malom obimu u dubinu, dok iza toga prodire brzo, duboko i u velikom obimu. Ovome je razlog vrlo vjerojatno specifična gradja masnog tkiva, čemu su se u prilog izjasnili i konzultirani histolozi.

Da bismo u okviru teme pod naslovom "Ispitivanje eksterne kontaminacije svježeg i sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs" kompletirali bar donekle naša istraživanja, izvršili smo na kraju i jedan eksperiment eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs. Osnovni razlog za ovaj eksperiment bio je taj, što smo u ranijim našim pokusima koristili u eksperimentu isključivo čisto mišično tkivo, oslobodjeno svih fascija, aponeuroza i masnog tkiva, kakvo se u prometu za konzumnu upotrebu nikad ne nalazi. Stoga smo željeli vidjeti, kako se kontaminant 137-Cs ponaša kod eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja kojeg uvijek ima u odredjenoj količini u mesu pripremljenom za tržište, odnosno za ishranu stanovništva, i kakvu ulogu može igrati loj kod eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg mesa. Pri ovim našim istraživanjima uzimali smo u obzir podatke i posebno metodiku i tehniku rada iz naših ranijih istraživanja eksterne kontaminacije svježeg i sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs.

U literaturi koja nam je bila na raspolaganju nismo mogli pron-

aći ni najmanji podatak o istraživanju eksterne kontaminacije bilo svježeg, bilo sušenog ovčjeg mesa i posebno svježeg ovčjeg loja. Stoga u ovom našem radu nismo imali nikakav oslonac u literaturi, pa smo morali koristiti isključivo naša ranija iskustva i rezultate prethodnih naših istraživanja. Zbog toga smo u ovom našem radu primijenili sasvim identičnu metodiku i tehniku kao i u ranijim eksperimentima i to - radi lakšeg uporedjivanja dobivenih rezultata.

Na kraju, ovim našim istraživanjima željeli smo, kao što smo to činili i u prethodnim, utvrditi: 1. Da li kontaminant 137-Cs kod eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja ostaje samo na površini loja, ili prodire i u njegove dublje slojeve, 2. Da li postoje, i ako postoje, kakve su razlike u pogledu ponašanja kontaminanta 137-Cs kod eksterne kontaminacije svježeg i sušenog ovčjeg mesa i svježeg ovčjeg loja, 3. Da li obim i brzina penetracije kod eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs ovise o vremenu ekspozicije kontaminanta, kao što je to slučaj i kod eksterne kontaminacije svježeg i sušenog mesa, i 4. Da li bi dobiveni rezultati mogli poslužiti radijaciono-higijenskoj procjeni konzumne vrijednosti svježeg ovčjeg mesa i svježeg ovčjeg loja kontaminiranih sa 137-Cs.

M a t e r i j a l i t e h n i k a r a d a

U istraživanjima radiokontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs uzeli smo loj od 2 ovce u toku njegovog zrenja od 5,24 i 48 sati nakon klanja, koji smo podvrgli kontaminaciji, u vremenu ekspozicije kontaminanta od 1, 3 i 6 sati.

Istraživanja smo vršili na identičan način kako smo to radili i u prethodnim našim eksperimentima. Imali smo tri grupe - loj u toku zrenja od 5, 24 i 48 sati nakon klanja i tri podgrupe - loj izložen kontaminaciji u vremenu od 1, 3 i 6 sati. U svakoj podgrupi imali smo 5 uzoraka, a svaki smo uzorak rezali na 5 dijelova. U pogledu tehnike i metodike rada nismo isto tako ništa mijenjali prema onome, kako smo to radili u našim prethodnim radovima. Pripremljeni loj smo držali u hladnjaku na temperaturi 3 - 4° C sve dok nismo pristupili eksperimentu, tj. do starosti zrenja od 5,24 i 48 sati nakon klanja. Potom smo loj izrezali u valjčiće promjera 18 mm i duljine oko 2o mm. Iza toga smo valjkaste uzorke loja stavili u okrugle plastične cjevčice unutarnjeg promjera 18 mm i duljine oko 2o mm, a nakon toga izvršili kontaminaciju na vanjskoj površini s 2 kapi - oko 0,o2 ml vodene otopine 137-CsCl, ukup-

ne aktivnosti 1o uCi/ml, odnosno o,16 uCi/cm^2 vanjske površine. Kontaminirane uzorke smo poslije toga stavili u digestor radi fiksacije kontaminanta spontanim sušenjem na sobnoj temperaturi u vremenu od 1, 3 i 6 sati. Ovako pripremljene i kontaminirane uzorke loja stavili smo nakon toga u hladnjak na nisku temperaturu od - 27 do -32° C, na kojoj smo ih držali 1 sat. Tada smo stvrdnute valjčiće izrezali u kolutiće debljine 3 mm i izvršili radiometrijsko mjerenje. Rezanje valjkastih uzoraka počimali smo uvijek s protivne strane od one na kojoj je izvršena radiokontaminacija. Radiometrijsko mjerenje vršili smo na scintilacionom brojaču SKT-5, proizvodnje IBK-Vinča - Beograd sa "Well-type" kristalom NaJ, efikasnosti 30%.

R e z u l t a t i r a d a i d i s k u s i j a

Rezultate ovih naših ispitivanja izračunali smo kao specifičnu aktivnost na osnovu srednje vrijednosti ukupnog broja imp/min/gr. Penetraciju radiokontaminanta po dubini, kao i stepen radiokontaminacije prikazali smo na tabeli u 5 slojeva /od 1-5/. odnosno od 3-15 mm i izrazili u procentima na izmjerenju aktivnost 1. sloja koju smo obilježili sa 1oo /Tabela I, Grafikon I i II/.

Rezultati, koje smo u ovim istraživanjima dobili i koje smo na tabeli prikazali, ukazuju da kontaminant 137-Cs, ne ostaje samo na površini kontaminiranog loja, nego da prodire i u njegove dublje slojeve. Time smo još jednom opovrgli mišljenje Karavaeva, koji navodi da svaku eksternu radiokontaminaciju treba smatrati samo površinskom. Ako uporedimo rezultate dobivene kod svježeg i sušenog mesa ovce, te loja, onda vidimo odredjene, iako ne toliko bitne , razlike. Dok na pr. kod svježeg mesa kontaminant brže i u većem obimu prodire u dublje slojeve, dotle kod loja, kao i kod sušenog mesa, penetrira sporije i u manjem obimu. Ipak se može donijeti i ovdje nedvosmisleni zaključak da penetracija kontaminanta u dublje slojeve ovisi gotovo isključivo o ekspozicije kontaminanta, što nam nedvojbeno ilustrira tabela I. Moramo, medjutim ovdje napomenuti, da u pogledu brzine i obima penetracije kontaminanta u dublje slojeve kod eksterne kontaminacije svježeg mesa i svježeg loja ovce postoji odredjena zakonomjernost, ali - u odredjenom smislu - i nslogičnost. Dok je obim penetracije u dublje slojeve kod 1- i 3-satne ekspozicije kontaminanta kod sve tri faze zrenja svježeg loja /5, 24 i 48 sati/ manji, a brzina sporija nego kod svježeg mesa dotle je kod 6-satne ekspozicije stvar obrnuta. Kod 6-satne ekspozicije kontaminanta obim i brzina penetracije u dublje slojeve su

TAB. I

Stepen radiokontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs po dubini penetracije kontaminanta ovisno o fazi zrenja mesa i vremena ekspozicije kontaminanta

Slojevi	5-satno zrenje			24-satno zrenje			48-satno zrenje		
	Ekspozicija			Ekspozicija			Ekspozicija		
	1 sat	3sata	6 sati	1 sat	3 sata	6 sati	1 sat	3 sata	6 sati
1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2	0,34	0,20	29,55	0,18	10,20	26,26	1,08	20,14	37,56
3	0	0	8,25	0	0,23	2,10	0	2,29	2,30
4	0	0	1,76	0	0	0,12	0	0,10	0,19
5	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0,08

kod eksterne kontaminacije svježeg loja veći, nego kod svježeg mesa. Smatramo da je za ovo razlog specifična histološka gradja loja

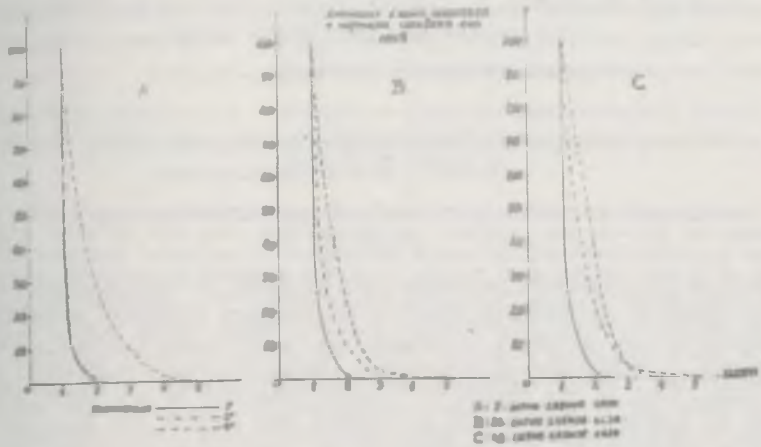
U sve tri faze zrenja loj pokazuje uvijek najveću specifičnu aktivnost /SpA/ u prvom sloju. Na stepen kontaminacije u dubini osim ekspozicije kontaminanta vrši odredjenu ulogu i zrenje mesa,što je vidljivo iz kolone 3-satne i 6-satne ekspozicije kontaminanta kod 24-satnog i 48-satnog zrenja svježeg loja. Brzina penetracije u dublje slojeve loja isto tako je eksponencijalno obrnuta ekspoziciji kontaminanta. Kontaminant najbrže penetrira u dublje slojeve poslije 1-satne, nešto sporije poslije 3-satne, a najsporije poslije 6-satne ekspozicije.

Z a k l j u č a k

Dobiveni podaci omogućuju nam da zaključimo: 1. Kontaminant 137-Cs kod eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg loja ne ostaje samo na površini loja već prodire i u njegove dublje slojeve, 2. Obim i brzina penetracije kontaminanta 137-Cs u obliku vodene otopine 137-CsCl kod 1-satne i 3-satne ekspozicije kontaminanta pokazuju znatno manje vrijednosti od vrijednosti kod svježeg ovčjeg mesa, dok su kod 6-satne ekspozicije kontaminanta one sasvim obrnuto, znatno veće, 3. Masnoća u prvim satima poslije eksterne kontaminacije pruža odredjeni otpor penetraciji kontaminanta u dublje slojeve,d-

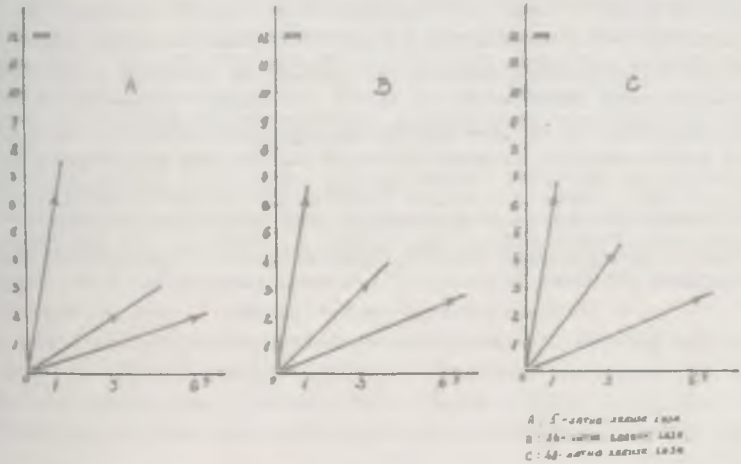
GRAFIKON I

[illegible] U DVIJE SLOŽENE OVISNOST OD FUNKCIJE VREMENA
TEMPERATURE /4,5 i 5 SATI/ I OD FUNKCIJE ZREMENA LOŽA /8 24 i 48 SATI PRIJE ISTAKANJA/



GRAFIKON II

STRMINE PRAVCA NORMALNOG SASTAVLJANJA U RAZLIČITE [illegible] OVISNO OD [illegible] LOŽA
U FUNKCIJI VREMENA ZREMENA



A : 5-satna zrelost lože
B : 24-satna zrelost lože
C : 48-satna zrelost lože

ok kasnije kontaminant, kada dodje do brze jonske izmjene izmedju površinski nakapanog kontaminanta i sokova loja, isti u znakno većem obimu i znatno većoj brzimi penetrira i u dublje slojeve, 4. Ispitivanja apsolutno koriste radijaciono-higijenskoj procjeni konzumne vrijednosti ovčjeg mesa, u kojem ovčji loj ima takodjer svoju ulogu, te u uslovima prekoračenja MDD ovčje meso treba smatrati neupotrebljivim za ljudsku ishranu.

A STUDY OF EXTERNAL RADIO-CONTAMINATION OF FRESH SHEEP TALLOW BY MEANS OF 137-Cs

Examination of external contamination of fresh sheep tallow by means of 137-Cs was perfomed in this study. The aim of this study was to establish: significanco of tallow in external contamination of fresh mutton meat which is always present in certain amount in meat prepared for marketing and consumation, respectively. On the basis of the obtained results the authors conclude: contaminant 137-Cs in external contamination of fresh sheep tallow over all three phases of ripening /5,24 and 48 hours/ does not stay on the surface only but penetrates into deeper layers. However,it is evident that in the course of 3 hours' exposure in all three phases of ripening contaminant penetrates very slowly and at small rate in deepness, whereas after that penetrates rapidly,deeply and at significant rate. The reason is probably specific composition of fat tissue what was supported by the others histologists.

L i t e r a t u r a

1. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ EMILIJA: Prilog ispitivanju eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa 137-CS, IV Simpozijum Poljsko-Jugoslavenskog društva za radiološku zaštitu, Krakov /Poljska - 1971/. 2. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ EMILIJA, PETROVIĆ B. PETROVIĆ V.: Komparativni aspekti eksterne radiokontaminacije svježeg govedjeg, svinjskog i ovčjeg mesa sa 137-Cs.VI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja,Ohrid 1972 Predano u štampu Veterinarii, 3. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z.,HORŠIĆ EMILIJA: Komparativna istraživanja eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa Cs-137 ukupne radioaktivnosti 1o,2o i 5o uCi /ml. I naučno stručni sastanak koordinacionog odbora za fiziku na fakultetima za medicinu, stomatologiju, veterinu i farmaciju SFRJ Ljubljana 1972. Predano u štampu Veterinarii, 4. KRALJ J., PETROVIĆ B.: Prilog ispitivanju spoljašnje radiokontaminacije svinjskog mesa, Acta Veterinaria, 2 99 /197o/, 5. PETROVIĆ V.: Prilog ispitivanju kontaminacije govedjeg mesa sa 137-Cs, Specijalistički rad, Beograd /1968/.

VII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973.

Kralj J., Milošević Z., Horšić Emilija

Zavod za radiologiju i fizikalnu terapiju Veterinarskog fakulteta i Odjeljenje za radiologiju Istraživačkog instituta Veterinarskog fakulteta u Sarajevu

ISPITIVANJE EKSTERNE RADIOKONTAMINACIJE SUŠENOG OVČJEG MESA SA 137-Cs

Sadržaj: U ranijim ispitivanjima eksterne kontaminacije svježeg govedjeg, svinjskog i ovčjeg mesa autori su utvrdili da kontaminant 137-Cs u obliku vodene otopine 137-CsCl ne ostaje samo na površini kontaminiranog mesa nego prodire i u njegove dublje slojeve, što je protivno mišljenju Karavaev-a i nekih drugih autora koji smatraju da svaku eksternu kontaminaciju treba isključivo smatrati površinskom. - U ovom radu autori su ispitivali ponašanje kontaminanta 137-Cs kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa. Pri tome su utvrdili: Kontaminant 137-Cs kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa ne ostaje samo na površini kontaminiranog mesa, već prodire i u njegove dublje slojeve. Razlika se prema kontaminaciji svježeg mesa očituje u znatno sporijoj penetraciji kontaminanta u dublje slojeve, kao i u tome, što nikad ne dostiže dubinu kao kod svježeg mesa.Ovako kontaminirano meso, prema mišljenju autora, nije upotrebljivo za ljudsku ishranu, ukoliko mu radioaktivnost prelazi MDD, jer dekontaminacija nije nikad apsolutno sigurna.

U biološkom ciklusu radiokontaminacije ljudi veoma značajnu ulogu ima radiokontaminacija hrane i posebno namirnica animalnog porijekla. Pri tome značajnu ulogu zauzima eksterna radiokontaminacija spomenutih namirnica. Stoga smo se u našem radu orijentirali na ispitivanje eksterne radiokontaminacije prehrambenih proizvoda animalnog porijekla - konkretno mesa -, prvenstveno s biološki važnim radionuklidom - Cs-137.

S obzirom da su odredjena ispitivanja eksterne radiokontaminacije svježeg govedjeg i svinjskog mesa izvršena ranije u INEP-u,to smo u ovom našem planu odabrali ispitivanje eksterne radiokontaminacije svježeg i sušenog ovčjeg mesa sa Cs-137.

Pošto smo ispitivanja eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa Cs-137 već ranije završili i rezultate referirali na radiološkim simpozijima /Krakov - 1971, Ohrid - 1972, Ljubljana - 1972 /8,9,10/, to smo ovim našim ispitivanjima željeli utvrditi ponaš-

anje kontaminanta 137-Cs u obliku otopine 137-CsCl kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa. Pri tom smo obratili naročitu pažnju na momenat, da li ima, i ako ima. kakvu i koliku ulogu suha, tvrda i glatka površina sušenog mesa na penetraciju kontaminanta u dublje slojeve. Ovo je važno poznavati,zbog radiaciono-higijenske ocjene upotrebljivosti eksterno kontaminiranog sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs.

U nama pristupačnoj literaturi nismo našli nikakvih podataka o eksternoj radiokontaminaciji sušenog mesa uopće,pa ni ovčjeg. Svi podaci koji su nam u literaturi bili dostupni o radiokontaminaciji mesa govore o radiokontaminaciji svježeg mesa i to više o internoj, a manje o eksternoj.

Krajni cilj naših ispitivanja bio je, kao i ranije: 1. Da li kontaminant u obliku otopine 137-CsCl ostaje samo na površini kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa, ili prodire i u dublje njegove slojeve; 2. Da li i koliko suha i zadimljena površina kod sušenog mesa sprečava penetraciju kontaminanta u dublje slojeve; 3. Da li vrijeme ekspozicije utječe na obim i brzinu penetracije kontaminanta u dubinu kod eksterne kontaminacije sušenog mesa, i 4. Da li dobiveni rezultati mogu poslužiti kod radijacionohigijenske procjene konzumne upotrebljivosti eksterne kontaminiranog sušenog ovčjeg mesa.

M a t e r i j a l i t e h n i k a r a d a

Za ova naša istraživanja upotrijebili smo sušeno meso od 2 ovce iz 3 regije: ledjne, lopatične i bedrene. Meso korišteno u eksperimentu sušeno je na običan industrijsko-klaonički način i nabavljeno od klaonice - Sarajevo. Istraživanja smo vršili na nešto modificiran način prema ranijim, jer je u ovom našem pokusu izostao momenat - zrenja mesa. Sušeno ovčje meso smo izložili iz sve tri spomenute regije ekspoziciji kontaminanta u vremenu od 1, 3 i 6 sati. Iz svake regije i svake grupe sušenog ovčjeg mesa uzeli smo po 5 uzoraka, a svaki smo uzorak nakon završene kontaminacije rezali na 5 dijelova.Ukupno smo pregledali 225 odrezaka /3x3x5x5/ kontaminiranog mesa.

Tehniku samog rada u eksperimentu smo izmjerili u toliko, što nismo vršili nikakvu obradu ni hladjenje sušenog mesa prije kontaminacije, već smo suho meso, kako smo ga dobili iz klaonice, izrezali u valjčiće promjera 18 mm i duljine oko 15 - 18 mm. Takve valjkaste uzorke suhog mesa stavili smo u okrugle plastične cjevčice promjera 18 mm i duljine 18-2o mm i zatim izvršili kontamin-

ciju na vanjskoj površini s 2 kapi - oko 0,o2 ml vodene otopine 137-CsCl, aktivnosti o,2 uCi/ml, odnosno ukupne aktivnosti lo uCi /ml ili o,15 uCi/cm^2 vanjske površine. Ovako kontaminirane uzorke suhog mesa stavili smo u digestor i držali ih na sobnoj temperaturi u trajanju ekspozicije kontaminanta od 1, 3 i 6 sati. Po izvršenoj kontaminaciji uzorke smo stavili u hladnjak na nisku temperaturu od -27 do -32° C, na kojoj smo ih držali u vremenu od 1 sat. Polusmrznute kontaminirane valjkaste uzorke sušenog mesa izrezali smo u kolutiće debljine 3 mm, počimajući rezanje uvijek suprotno od površine na kojoj je izvršena kontaminacija. Zatim smo od svakog kolutića odrezali mali komadić za radiometrijska mjerenja, koja smo vršili na scintilacionom brojaču SKT-5, proizvodnje IBK-Vinča sa "Well-type" kristalom NaJ, efikasnosti 3o%.

R e z u l t a t i r a d a i d i s k u s i j a

Rezultate naših ispitivanja eksterne radiokontaminacije sušenog ovčjeg mesa sa Cs-137, ukupne aktivnosti lo uCi/ml, izračunali smo kao i u ranijem našem radu, kao specifičnu aktivnost na osnovu srednje vrijednosti ukupnog broja imp/min/gr mesa. Stepen radiokontaminacije po dubini penetracije prikazan je na tabeli u 5 slojeva debljine 3 mm, i izražen u procentima na izmjerenu aktivnost prvog sloja, koju smo obilježili sa loo /Tabela I, Grafikon I i II.

Dobiveni rezultati u ovim našim istraživanjima pokazuju da kontaminant Cs-137 u obliku vodene otopine 137-CsCl kod eksterne radiokontaminacije sušenog ovčjeg mesa ne ostaje samo na površini mesa već penetrira i u dublje slojeve, kao što smo to utvrdili i kod eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa Cs-137. U ranijim našim istraživanjima eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg mesa diskutirali smo sa stavom Karavajeva, koji navodi da kontaminant kod eksterne radiokontaminacije ostaje samo na površini, i nismo se s njegovim stavom složili, jer smo sasvim sigurno utvrdili suprotno, i ranije i sada.

Osim toga iz ovog našeg eksperimenta jasno proizlazi da penetracija kontaminanta u dublje slojeve ovisi isključivo o vremenu ekspozicije /1, 3 i 6 sati/ kontaminanta, kao što smo to utvrdili i u ranijim našim ispitivanjima kod eksterne radiokontaminacije s vježeg ovčjeg mesa sa Cs-137, s razlikom, da kontaminant 137-CsCl kod eksterne radiokontaminacije sušenog ovčjeg mesa penetrira u dublje slojeve mnogo sporije nego kod svježeg i ne dostiže ni za 6 sati ekspozicije dubinu kao kod svježeg mesa-15 mm. /Tabela I/.

To znači, da osušena, glatka i tvrda površina sušenog mesa pru-

TAB. I

Stepen radiokontaminacije sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs po dubini penetracije kontaminanta ovisno o funkciji vremena ekspozicije kontaminanta

Slojevi	Ekspozicija		
	1-satna	3-satna	6-satna
1	100,00	100,00	100,00
2	4,80	5,40	12,80
3	0	0,10	2,80
4	0	0	0,60
5	0	0	0

ža izvjesnu zaštitu penetraciji kontaminanta dospjelog na površinu mesa u dublje njegove slojeve, ali ta zaštita nije dovoljna. Stoga, kod radijaciono-higijenske ocjene konsumne vrijednosti kontaminiranog sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs, moramo biti jednako oprezni kao i kod radiokontaminacije sa 137-Cs svježeg ovčjeg mesa.

Kod sušenog ovčjeg mesa brzina penetracije u dubinu obrnuta je vremenu ekspozicije kontaminanta kao i kod svježeg mesa. Najveća srednja vrijednost brzine penetracije u dublje slojeve nadjena je i u ovom eksperimentu poslije 1-satne, niža - poslije 3-satne, a najniža - poslije 6-satne ekspozicije.

Z a k l j u č a k

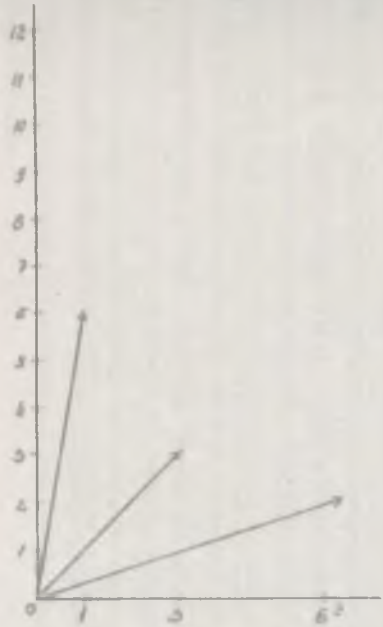
Na osnovu iznesenih podataka možemo zaključiti:

1. Kontaminant Cs-137 kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa ne ostaje samo na površini mesa, već prodire i u njegove dublje slojeve,

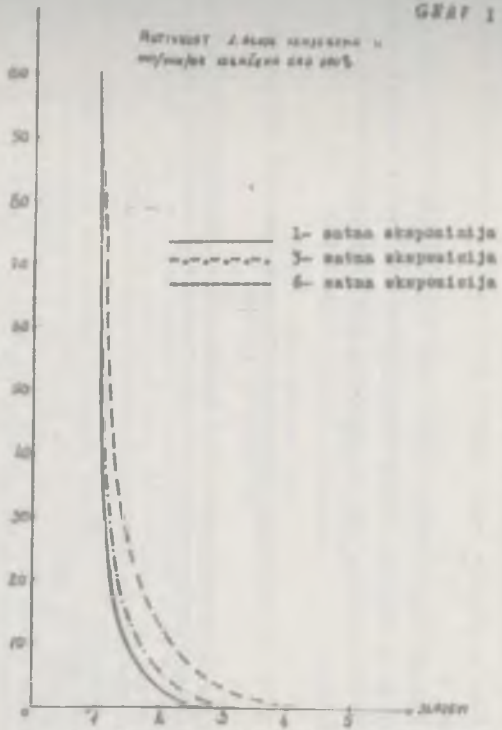
2. Kontaminant 137-CsCl u vodenoj otopini kod eksterne kontaminacije sušenog ovčjeg mesa znatno sporije penetrira u dublje slojeve i nikad ne dostiže onu dubinu kao kod svježeg ovčjeg mesa/15 -18 mm/,

3. Suhi, glatki i tvrdi površinski sloj kod sušenog mesa pruža odredjenu zaštitu penetraciji kontaminanta u dublje slojeve, ali nedovoljnu da bi meso moglo zadržati svoju konsumnu vrijednost za

GRAF II



Srednja brzina penetracije kontaminanta u dubinu sušenog ovčjeg mesa izražena u funkciji vremena



Dinamika penetracije kontaminanta u dublje slojeve sušenog ovčjeg mesa ovisno od funkcije vremena ekspozicije /1, 3 i 6 sati/

ljudsku ishranu,

4. I u ovom eksperimentu se pokazalo da penetracija kontaminanta u dublje slojeve ovisi gotovo isključivo o ekspoziciji kontaminanta, i

5. Sušeno, kao i svježe ovčje meso kontaminirano sa 137-Cs moralo bi se u uslovima našeg eksperimenta proglasiti neupotrebivim za ljudsku ishranu, jer je postupak dekontaminacije vrlo složen i nesiguran.

A STUDY OF EXTERNAL RADIO-CONTAMINATION OF DRIED MUTTON MEAT BY MEANS OF 137-Cs

In previous examinations of external contamination of fresh beef, pig and mutton meat the author has established that contaminant 137-Cs as a water solution 137-CsCl has not only stayed on the surface of contaminated meat but also penetrates to deeper layers, contraty to Karavaev's opinion and some others authors too. They consider each external contamination as surface exclusively. In this study the authors observed behaviours of contaminant 137-Cs in external contamination of dried mutton meat. They established the following: contaminant 137-Cs in external contamination of dried mutton meat does not only stay on the surface of contaminated meat but penetrates into its deeper layers. The difference with respect to contamination of fresh meat appears in considerably slower penetration of contaminant into deeper layers, as well as it never reaches the deepness as in fresh meat. In authors' opinion thus contaminated meat is not suitable to human nutrition unless radioactivity exceeds MDD, by reason that decontamination is never absolutely sure.

L i t e r a t u r a

1. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ EMILIJA: Prilog ispitivanju eksterne kontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa 137-Cs,IV Simpozijum Poljsko-Jugoslavenskog društva za radiološku zaštitu, Krakov - /Poljska - 1971/, 2. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ EMILIJA, PETROVIĆ B. PETROVIĆ V.: Komparativni aspekti eksterne radiokontaminacije svježeg govedjeg, svinjskog i ovčjeg mesa sa 137-Cs.VI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja,Ohrid 1972 Predana u štampu Veterinarii, 3. KRALJ J., MILOŠEVIĆ Z.,HORŠIĆ EMILIJA: Komparativna istraživanja eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg mesa sa Cs-137 ukupne radioaktivnosti 1o,2o i 5o uCi /ml. X naučno stručni sastanak koordinacionog odbora za fiziku na fakultetima za medicinu, stomatologiju, veterinu i farmaciju SFRJ Ljubljana 1972. Predano u štampu Veterinarii, 4. KRALJ J., PETROVIĆ B.: Prilog ispitivanju spoljašnje radiokontaminacije svinjskog mesa, Acta Veterinaria, 2, 99 /197o/, 5. PETROVIĆ V.: Prilog ispitivanju kontaminacije govedjeg mesa sa 137-Cs, Specijalistički rad, Beograd /1963/.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Katarina Milivojević, Dragoslav Stojanović,
Zoran Djukić i Aleksandar Živanović

Institut "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

KINETIKA PRODIRANJA RADIOCEZIJUMA U ORGANIZAM PREKO TERMIČKE OPEKOTINE KOŽE I MOGUĆNOSTI DEKONTAMINACIONOG TRETMANA

Rad obuhvata posmatranje kinetike prodiranja radiocezijuma u organizam preko termičke opekotine kože pacova, ispitivanje efekta terapeutskih kremova Dianabol-a i Solcoseryl-a na stepen resorpcije i ispitivanje uticaja dekontaminacionog tretmana na obim interne kontaminacije radiocezijumom. Dobijeni rezultati pokazuju da pri kontaminaciji radiocezijumom termičke opekotine kože II B i III stepena za prvih 30 minuta u organizam prodre oko 20% od nanete količine. Resorpcija je oko 3000 puta veća nego preko normalne kože. Tretman opekotine pre kontaminacije kremovima smanjuje prodiranje radiocezijuma u organizam. Efikasnost dekontaminacije opekotine izvedene 30 minuta nakon kontaminacije radiocezijumom ne prelazi 40% od inicijalne aktivnosti, zbog visokih vrednosti ukupnog telesnog sadržaja i visokih rezidualnih aktivnosti u opečenoj i kontaminiranoj regiji.

Nastanak raznih tipova opekotina sa radioaktivnom kontaminacijom može se očekivati u akcidentalnim situacijama. Opekotina kontaminirana radioaktivnim materijama predstavlja poseban i značajan problem radiokontaminirane povrede, zbog mogućnosti brze i obimne resorpcije radiokontaminanta preko opečene površine (1, 2). Stepen resorpcije radionuklida preko termičke opekotine kože zavisi od veličine i stepena opekotine, vrste i hemijskog oblika kontaminanta, dužine trajanja kontaminacije, izvedene dekontaminacije i niza drugih faktora koji mogu da uslove varijacije u resorpciji (3). U ovom eksperimentalnom radu praćena je kinetika prodiranja radiocezijuma preko termičke lezije kože i utvrdjivan obim nastale interne kontaminacije. Posmatran je efekat tretmana opekotine terapeutskim kremovima na brzinu i obim resorpcije radiocezijuma. Ispitivan je i uticaj dekontaminacionih sredstava na obim interne kontaminacije i na rezidualne aktivnosti u dekontaminiranoj opekotini, na osnovu čega je vršena i procena efikasnosti dekontaminacionog tretmana.

Autori zahvaljuju Radosavu Sapundžiću za tehničku saradnju.

Materijal i metode rada

Ogledi su izvedeni na belim pacovima, mužjacima, telesne težine 190 ± 10 g. U toku ogleda životinje su bile pod narkozom izvedenom uretanom.

Uslovi ranjavanja: Opekotina je načinjena na koži interskapularne regije, sa koje je uklonjena dlaka, pomoću Deshery-evog termokautera, pri temperaturi od 600°C. Opekotine su bile kružnog oblika, površine oko 2 cm^2. Opečena površina sa neposrednom okolinom ne prelazi 1% telesne površine pacova. U proceni dubine opekotine primenjen je tzv. prošireni američki sistem po kome se načinjene opekotine mogu klasifikovati u II B i III stepen. U centralnom delu opekotine prečnika oko 1 cm^2 dominirali su znaci nekroze, a periferni deo bio je ishemičnog izgleda.

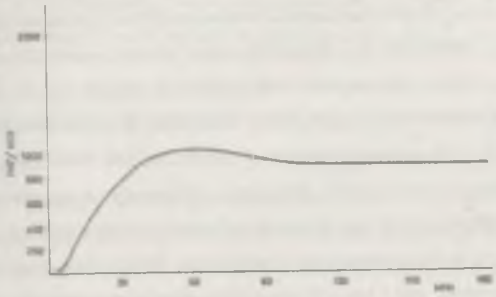
Uslovi kontaminacije: Kontaminacija je izvodjena nanošenjem na opečenu površinu kože 0,05 ml rastvora $^{137}CsCl$, aktivnosti 40 μCi, sa pH 1.0. Radiocezijum je bio u kontaktu sa opečenom površinom od pola časa do tri časa u zavisnosti od ogledne grupe. Kod ogledni grupa u kojima je ispitivan efekat terapeutskih kremova na stepen resorpcije radiocezijuma kontaminacija je izvodjena posle aplikacije krema na opekotinu.

Tehnika dekontaminacije: Dekontaminacioni tretman se zasnivao na akciji ispiranja opečene površine izabranim sredstvom za dekontaminaciju, uz korišćenje vakuum sistema. Za dekontaminaciju su upotrebljeni rastvori koji ne ispoljavaju agresivne efekte, a koriste se u klasičnoj toaleti rane. Opekotina je ispirana sa 20 ml dekontaminacionog rastvora, a tretman je trajao 5 minuta.

Tehnike merenja: Kinetika resorpcije preko termičke opekotine kože praćena je u toku tri časa kontinuiranim merenjem radioaktivnosti krvi metodom ekstrakorporalne cirkulacije (4). Na kraju svih ogleda životinje su žrtvovane, a ukupni telesni sadržaj radiocezijuma i rezidualne aktivnosti u kontaminiranoj lokaciji odredjivane su pola i jedan čas nakon kontaminacije pomoću uredjaja za direktno merenje ukupne telesne radioaktivnosti kod malih eksperimentalnih životinja.

Rezultati i diskusija

Radioaktivnost krvi u cirkulaciji pri kontaminaciji opekotine sa $^{137}CsCl$ prikazana je na slici 1. Kriva predstavlja krivu srednjih vrednosti i izvedena je iz pojedinačnih kontinuiranih merenja na pet ogledni životinja. Inicijalni deo krive pokazuje blag porast aktivnosti u krvi. Maksimalna aktivnost se zapaža izmedju 50. i 70. minuta, nakon čega sledi izvesno umanjenje i posle 90. minuta aktivnost krvi ispoljava samo neznatne



Slika 1
Radioaktivnost u krvi kod kontaminacije termičke opekotine sa $^{137}CsCl$

oscilacije oko jednog uspostavljenog nivoa.

Na tabeli br.1 prikazan je telesni sadržaj radiocezijuma u zavisnosti od stanja resorptivne površine kože i vremena trajanja kontaminacije. Na osnovu dobijenih vrednosti može se konstatovati da je resorpcija preko termičke opekotine II B i III stepena oko 3000 puta veća u odnosu na resorpciju preko normalne kože. U uporednom posmatranju resorbovanih količina radiocezijuma za 30 minuta i 1 čas, vidi se da je najveća količina prodrla u toku prvih 30 minuta.

TAB. br.1

Telesni sadržaj radiocezijuma kod kontaminacije termičke opekotine sa $^{137}CsCl$, u procentu nanete aktivnosti

Resorptivna površina	K o n t a m i n a c i j a 30 minuta	1 čas
A	0,007 ± 0,003	0,008 ± 0,004
B	21,12 ± 4,61	24,82 ± 7,84
C	16,37 ± 4,17	19,32 ± 4,48
D	2,76 ± 1,89	15,01 ± 10,19

A - normalna koža, B - termička opekotina, C - termička opekotina tretirana Dianabol-om i D - termička opekotina tretirana Solcoseryl-om. Broj životinja u svakoj oglednoj grupi iznosio je 12.

Pri tretiranju termičke opekotine kože pre kontaminacije kremovima Dianabol-om i Solcoseryl-om može se konstatovati da su resorbovane količine manje u odnosu na netretirane životinje. Zapaža se izrazita zavisnost efekta ispitivanih kremova od vrste krema i trajanja kontaminacije. Krem Solcoseryl je u toku prvih 30 minuta u velikoj meri smanjio penetraciju radiocezijuma preko opekotine (telesni sadržaj je oko osam puta manji u odnosu na netretiranu opekotinu). Medjutim, u dužem kontaktu ovaj zaštitni efekat se smanjuje. Pri primeni Dianabol-a zapaža se, isto tako, izvesno smanjenje resorbovanih vrednosti radiocezijuma. Korišćen je Solcoseryl sa masnom podlogom, jer su ispitivanja obuhvatala preventivni efekat na penetraciju radiocezijuma, iako se preparat koristi u prvom redu kao terapeutsko sredstvo (5). Uzimajući u obzir uticaj preparata na oksidativne procese, kao i neposedovanje vazodilatatornog dejstva, koje se navodi u literaturi, preparat se može koristiti i kod kontaminacija normalne i ledirane kože za prevenciju radiodermatita (6) i obimnije interne kontaminacije organizma radionuklidima.

TAB. br.2

Efekat dekontaminacije termičke opekotine kože kontaminirane sa $^{137}CsCl$, u procentu nanete aktivnosti

Sredstvo za dekontaminaciju	Aktivnost u telu	Aktivnost u opečenoj regiji	Efikasnost dekontaminacije
Nedekontaminirane kontrole	21,12 ± 4,61	78,88 ± 4,61	-
Voda	28,31 ± 5,03	32,78 ± 6,30	38,91 ± 6,30
1‰ rastvor sapuna	27,57 ± 6,78	35,83 ± 8,99	36,60 ± 8,99

Broj životinja u svakoj oglednoj grupi iznosio je 12.
Dekontaminacija je izvedena 30 minuta nakon kontaminacije.

Na tabeli br.2 prikazan je efekat dekontaminacije opekotine kontaminirane radiocezijumom. Dekontaminacioni postupak u izvesnoj meri uvećava telesni sadržaj cezijuma (nadjen je porast vrednosti od 6-7%). Primenjena sredstva nisu uslovila izrazitije razlike ni u telesnom sadržaju ni u lokalnim rezidualnim aktivnostima, usled čega se i efikasnosti dekontaminacije neznatno razlikuju. Efikasnost dekontaminacije opekotine ne prelazi 40% od inicijalne aktivnosti. Efekat primenjenih sredstava za dekontaminaciju zasniva se uglavnom na mehaničkoj akciji ispiranja.

Zaključak

1. Pri kontaminaciji radiocezijumom termičke opekotine kože II B i III stepena u organizam prodire za 30 minuta kontakta oko 20%, a za 1 čas oko 25% od aplicirane količine.

2. Resorpcija radiocezijuma preko toplotne lezije kože je oko 3000 puta veća, nego preko normalne kože.

3. Tretman opekotine pre kontaminacije kremovima koji se koriste u lokalnom lečenju opekotine (Dianabol, Solcoseryl) smanjuje prodiranje radiocezijuma u organizam. Ovaj efekat naročito je izražen kod primene Solcoseryl-a u toku prvih 30 minuta nakon kontaminacije.

4. Primenjena sredstva u dekontaminacionom tretmanu ne uslovljavaju izrazite razlike u efektu dekontaminacije.

5. Efikasnost dekontaminacije kontaminirane termičke opekotine kože ne prelazi 40% od inicijalne kontaminacije, zbog visokih vrednosti ukupnog telesnog sadržaja i visokih rezidualnih aktivnosti u opečenoj i kontaminiranoj regiji.

Summary

KINETICS OF RADIOCESIUM PENETRATION IN THE ORGANISM THROUGH THERMAL BURNS OF THE SKIN AND POSSIBILITIES OF THE DECONTAMINATION TREATMENT

The kinetics of radiocesium absorption and the rate of internal contamination through thermal burns of the skin on the back of rats have been investigated. The radiocontamination was carried out with 40 µCi solution $^{137}CsCl$ with pH 1.0.

The kinetics of absorption was observed by the method of extracorporal circulation, while the body burden of radiocesium was measured with a whole body counter for experimental animals. The results have shown that the 20 percent of applied activity is observed 30 minutes in the conditions of contamination of thermal burns II B and III degree. The absorption is approximately 3000 time greater than through unburned skin. Treatment of thermal injury with creams before contamination descreases the penetration of the radiocesium in the organism. Efficiency of the decontamination treatment of burns contaminated with radiocesium is not greater than 40 percent of applied activity.

Reference

1. Hromov B.M.: Kombinirovanije radijacionije poraženija, Medgiz, Moskva, 1959.

2. Radotić M.: Radijaciona povreda čoveka, IVMD, Beograd, 1966.

3. Malkinson T.D.: J.Soc. Cosm. Chem., 109-122, 1956.

4. Michon G., Maillard M.J.: Proc. of a Conference held in Mexico City, Ac. Press, London - New York, 3-19, 1962.

5. Agrotis E.N., Med. Proc. 14, 34-35, 1968.

6. Le Rudulier J.L.: Praxis 52, 1586-1587, 1963.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

D. Petrović, D. Djurić
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

SORPCIJA GASOVA I ČESTICA U VISOKO - EKSPANZIVNOJ PENI

Rezime

Ispitivana je kinetika sorpcije radona-222 i čestica joda pomoću visoko-ekspanzivne pene.
Teorijski je razradjen mehanizam sorpcije.

Detaljno je diskutovano o mogućnostima dekontaminacije pomoću pene na bazi grafičke analize dobijenih rezultata i teoriskih razmatranja. Ispitivani su načini pravljenja pene koji doprinose bržoj dekontaminaciji.

Odredjivani su teoriski koeficijenti difuzije gasova i čestica joda u mehur pene i uporedjivani sa praktično nadjenim. Dobijena su odlična slaganja.

Dobijeni su faktori dekontaminacije za radon-222 od 5.10^{-1} i za čestice joda 3.10^{-1}. Kada je peni dodat natrijum tiosulfat, dekontaminacioni faktor za čestice joda je iznosio $1,3.10^{-1}$ u toku prvih 12o min.

Ispitivana je kinetika kvašenja čestica uglja rastvorom pene od 1 do 5 % i nadjeno je da je konstentna i 5 puta veća od sposobnosti kvašenja destilovanom vodom.

Pojava prašine, odnosno aerosola, pretstavlja veoma značajan problem u savremenom industriskom društvu. Radioaktivnost može da se širi i putem radioaktivnih gasova i aerosola. Sva industriska zagadjivanja atmosfere šire se na isti način. Pojava aerosola i štetnih gasova na pojedinim radnim mestima pretstavlja poseban problem.

Konkretan zadatak koji smo postavili u našim istraživanjima je prikupiti podatke i teorijski objasniti karakter i način vezivanja kontaminanta u visoko-ekspanzivnoj peni. Osim toga treba ispitati tehniku sakupljanja i uklanjanja kontaminanta iz prostora i razraditi put i pravac daljih istraživanja na ovom polju.

Kao poseban zadatak smo postavili iznalaženje onih parametara koji će nam omogućiti uspostavljanje relacija izmedju teorijskih razmatranja i laboratorijskih istraživanja.

Pra izvesnog vremena u literaturi se pojavio predlog da se prateći kontaminanti pri nuklearnom incidentu u prostoru uklanjaju ispunjavanjem tog prostora sa visoko-ekspanzivnom penom, koja ih difuzijom može sakupiti. Efikasnost ovakve jednostavne operacije zavisi u prvom redu od povratnog (parcijalnog) pritiska kontaminanta(1).

Matematička analiza ovog procesa je izvršena na osnovu izračunavanja difuzije radioaktivnih čestica i gasova u sferu - mehur pene (2). Ovako izračunati stepeni efikasnosti dekontaminacije su veoma visoki. Medjutim, slaganje izmedju teorijskih proračuna i eksperimentalno dobijenih vrednosti je veoma slabo (1).

Po našem shvatanju proces dekontaminacije sa visokoekspanzivnom penom predstavlja višefazni sistem za eliminisanje kontaminanta iz vazduha. U ovom višefaznom sistemu moguće faze su:

- difuzija kontaminanta u mehur pene (gasna faza),
- difuzija kontaminanta u sloj pene-oblogu mehura (tečna faza),
- fizičko hemijske reakcije kontaminanta u gasnoj i tečnoj fazi sistema,
- eluiranje kontaminanta iz tečne faze.

Svaka od ovih navedenih faza (fizičko-hemijskih reakcija) poseduje odredjenu brzinu reakcije. U narednom izlaganju ćemo obratiti pojedine mehanizme ovih faza i njihovih brzina.

<u>Difuzija kontaminanta u mehur pene</u>. gasnu fazu sistema, može se pretstaviti pomoću Ajnštajnove relacije:

$$D = \frac{R\,T\,C}{6\pi r N \mu}$$

Jury (3) je razradio kinetički mehanizam transporta mase u mehur pene. Rešavajući dobijene jednačine on je našao relaciju za faktor dekontaminacije koja se odnosi na mehur pene:

$$Q/Q_0 = \frac{6}{\pi^2} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Ovde je faktor dekontaminacije zbog matematičke pogodnosti prikazan kao repipročna vrednost uobičajenog faktora dekontaminacije (Q/Q_0).
Eksponent τ (tau) u prethodnoj jednačini pretstavlja:

$$\tau = \frac{R^2}{\pi^2 D.3.600.24} \quad \text{(dani)}$$

Ako gornju jednačinu logaritmujemo,dobijamo oblike ovih relacija primenljive u našim proračunavanjima:

$$2,303 \log Q/Q_0 = 2,303 \log \frac{6}{\pi^2} - \frac{t}{\tau}$$

Ovaj izraz pretstavlja jednačinu prave, čiji je koeficijenat pravca = $-\frac{1}{\tau}$.

<u>Difuzija kontaminanta u oblogu mehura, tečnu fazu sistema</u>: Ova faza pretstavlja ispitivanje pod kojim uslovima će čestice prašine prelaziti u sloj pene- oblogu mehura, tj. pod kojim uslovima će doći do kvašenja čestica prašine.

Rastvori za kvašenje aerosola pretstavljaju agense koji poseduju aktivan površinski napon. Njihovim dodavanjem u malim količinama smanjuje se površinski napon rastvora i povećava sposobnost kvašenja. Sposobnost smanjenja površinskog napona predstavlja važan detalj, medjutim ne garantuje visoke efekte kvašenja u stvarnosti. Drugu važnu osobinu pretstavlja da se adsorbuje na površini čestice, što je sposobnost heteropolarnih rastvora(4).

<u>Fizičko hemijske reakcije kontaminanta u gasnoj i tečnoj fazi mehura</u>: Brzina hemijske reakcije srazmerna je koncentraciji hemijskih supstancija koje reaguju. Hemijske reakcije delimo prema redu reakcije, tj. prema broju atoma i molekula čije koncentracije odredjuju brzinu reakcije. Ako je jedan od reaktanata u višku, onda brzina zavisi samo od njegove koncentracije.

Poznat je priličan broj reakcija, čije su brzine slične kako u gasnoj, tako i u tečnoj fazi. Ovo važi za supstance koje se ponašaju skoro idealno, tj. slučajevi gde su koeficijenti aktivnosti bliski jedinici. Kod većine reakcija, koje se odigravaju u gasnoj fazi pri umerenim pritiscima i reakcije koje se odigravaju u razblaženim rastvorima, faktor koeficijenta aktivnosti ima vrednost blisku jedinici.

Pa ipak ako bi postojala bilo kakva interakcija izmedju supstancija koje reaguju i tečnog rastvarača, može doći do ubrzanja reakcije u rastvoru. Ovo je slučaj:

1. Polarni rastvarač će ubrzati onaj proces u kojem je proizvod neka polarna supstanca,

2. Ako je proizvod hemijske reakcije, aktivirani kompleks solvatizovan u rastvoru dolazi do povećanja brzine reakcije.

Izučavanjem kinetike reakcije izmedju gasova otkriveno je da u nekim reakcijama proizvodi mogu da uspore reakciju. Do ovog efekta dolazi ako se proizvodi zadržavaju na površini čvrstog tela, u našem slučaju su to čestice aerosola. Isti efekat imamo ako se jedan od gasova adsorbuje na površini čestice (5).

Kod proučavanja mehanizma vezivanja aerosola, para i gasova u mehuru pene prihvatili smo pretpostavku da se molekuli gasa adsorbuju na čestice aerosola. Prilikom dosadašnjih razmatranja podrazumevali smo da je proces sorpcije i desorpcije gasa i proizvoda brži od brzine interakcije sorbovanih molekula. Ipak postoji mogućnost da desorpcija reaktanata ili sorpcija proizvoda pretstavlja onaj spori proces, koji odredjuje brzinu reakcije.

<u>Eluiranje kontaminanta iz tečne faze</u>: Posle izvesnog vremena pod uticajem gravitacije dolazi do cedjenja, izdvajanja, eluiranja tečne faze iz pene. Pena i dalje zadržava ekspanzioni odnos, ali dolazi do izdvajanja tečnosti-rastvora. Ovaj efekat je korišćen za razmatranje izdvajanja kontaminanta iz pene sa tečnom fazom i njegovo svodjenje na manju zapreminu. Ako povratna difuzija

ne pretstavlja problem, onda je odabran idealan način čišćenja i obaranja pene (3).

Ako povratna difuzija pretstavlja problem, tada se mora započeti sa operacijom cedjenja kontaminanta iz pene, imajući u vidu potrebno vreme za odabrane faktore dekontaminacije i vreme kada povratna difuzija postaje problem.

U praksi se cedjenje postiže recirkulacijom pene kroz uredjaj za pravljenje pene uz dodavanje svežeg rastvora pene.

Osobine visoko-ekspanzivne pene: U našim istraživanjima mi smo koristili penu firme ANGUS FIRE ARMOUR (6), koja se koristi kao laka pena za gašenje požara u većem delu S.R. Srbije. Ekspanzioni odnos ove pene iznosi od 15o-1.ooo. Ekspanzioni odnos pretstavlja odnos zapremine pene prema zapremini rastvora. Prema uputstvu proizvodjača pena je bezopasna po ljudsko zdravlje u uslovima rada koji vladaju pri gašenju požara, postojana je pri visokim i niskim temperaturama izmedju 2 i 24 časa.

Po svom hemijskom sastavu pena se sastoji od prirodnih i veštačkih proteina-polipeptida. Prema ispitivanjima (1) dodatak natrijum tiosulfata visoko ekspanzivnoj peni neznatno utiče na smanjenje ekspanzionog odnosa. Ispitivanja su pokazala da je pena otporna na dejstvo pregrejane vodene pare, a da se veoma lako obara sa vodenim mlazom, tušem.

Danas se za gašenje požara već upotrebljavaju pene sa ekspanzionim odnosom od 1.8oo i više. U opremi pojedinih hemijskih fabrika i vatrogasnih brigada postoje uredjaji za proizvodnju pene koji proizvode kubni kilometar pene u minuti i više.

Na osnovu ovih podataka i razmatranja, možemo zaključiti da uklanjanje kontaminanta iz prostora sa visoko-ekspanzivnom penom predstavlja složen ali u praksi moguć postupak. Proces difuzije, kao najsporiji proces, verovatno odredjuje brzinu dekontaminacije pomoću visoko-ekspanzivne pene.

Pravljenje pene pomoću kontaminiranog vazduha i pri tome preskačući proces difuzije kontaminanta u gasnu fazu, može se verovatno ubrzati procesi dekontaminacije.

EKSPERIMENTALNI RAD

- način rada -

Komora za ispitivanje difuzije čestica i gasova u mehur pene. je prikazana na skici 1. Komora je napravljena od PVC materijala zapremine oko 600 l. Komora je proverena na ispuštanje do 15 cm vodenog stuba nadpritiska sa amonijakom i fenolf taleinom. Do ovog pritiska komora je u potpunosti nepropusna i nije dolazilo do deformacije zidova.

Komora se puni sa kontaminantom preko otvora na zidu komore. Pena je obarsna sa mlazom vode -7. Uredjaj za proizvodnju pene je montiran na prozoru komore -8. i prikazan šematski na skici 2. Sastoji se iz cevovoda -1, kojim vazduh iz komore dospeva u usisivač-2, a zatim odlazi u PVC balon od lo l. u kome se nalazi 6 l.2 % rastvora pene.

Barbotiranjem vazduh, koji dolazi iz komore, proizvodi penu, koja cevima prolazi kroz otvor na komori - 4, do konusnog dela, sa finom mrežom -5. U našim uslovima sa 2 % rastvorom pene, brzinom protoka 5oo - 1.ooo l/h, i veličinom okna na mreži od 1 mm dobili smo homogeni sastav pene sa najvećim brojem mehura oko 1 cm.

Na slici 1 imamo sliku kompletne komore u radu. Ispitivanje brzine kvašenja je vršeno komorom na slici 2 koju je preporučila komisija za borbu protiv silikoze pri ANSSSR za odredjivanje kinetike kvašenja čestica prašine. Aparatura se sastoji iz cilindrične komore visine llo cm i prečnika 3o cm, na čijem gornjem poklopcu se nalaze posude sa ispitivanim rastvorima pene. Posle postizanja željene koncentracije prašine, puštaju se različite koncentracije rastvora pene da prolaze u kapima, kroz zaprašenu atmosferu brzinom od 5 ml/min. Kapi ispitivanih rastvora, zajedno sa kapima destilisane vode, zahvataju čestice prašine na koje nailaze na svome putu i padaju u odvojene epruvete na dnu komore. Posle 2 minuta slavine se zatvaraju i pomoću nefelometra ili tečnog GM brojača odredjuje se koncentracija dobijenih suspenzija. Dobijeni rezultati se prikazuju grafički u odnosu na čistu vodu.

Kontaminiranje vazduha u komori je vršeno:

- sa radonom-222 iz otvorenog izvora radijuma-226 od 48 mCi akumulacijom radona u toku 24 časa (7).
- isti postupak je korišćen i za kratkoživeće potomke radona (7).
- Kontaminacija pomoću joda je vršena metodom koju je opisala R.Brnović i saradnici (8). Zagrevanjem reakcione smese na 45°C u toku 25 minuta oslobadjaju se pare joda, koje hladjenjem prelaze u čvrst oblik-čestice joda.

Pri našim uslovima rada u komori je temperatura vazduha iznosila 12 - 14°C, te se jod većim delom nalazio u obliku čestica.

Metode merenja:

- radona-222 pomoću balona scintilatora, metodom koju su opisali Pradel i saradnici (9),
- kratkoživeći potomci radona, metodom po Tsivoglou-u (10) prosisavanjem 1 l. vazduha kroz filter roze, proizvodnje Polman-Schneider, čiju efikasnost je izmerio Hajduković (11).
- joda - 131 takodje pomoću filtera roze, čiju efikasnost su izmerili Brnović i saradnici (12).

Način uzimanja uzoraka: Uzorci kontaminiranog vazduha su uzimani iz slobodnog dela (od pene) komore i iz same pene. Uzorci iz pene su uzimani pomoću cevi u kojoj se nalazio spiralni grejač od 30 W staklene perle. Zagrevanjem spirale vazduh u mehurima se zagrevao i dovodio do pucanja mehura (1).

REZULTATI

- Ispitivanje kinetike adsorpcije kontaminanta na zidove komore: Ova ispitivanja se odnose na praćenje koncentracije kontaminanta u komori posle punjenja komore. Na grafiku 1 prikazane su krive uspostavljanja ravnoteže izmedju zidova komore i njene atmosfere. Vidimo iz grafika da se već posle 30 minuta uspostavlja ravnoteža i da se koncentracija bitno ne menja tokom vremena.

Na graviku 2 je prikazana teorijska kriva i izmerene vrednosti koncentracija kratkoživećih potomaka radona. U ovom slučaju ravnoteža je postignuta posle 3 časa. Vidimo da se teorijska kriva, obeležena tačkama, poklapa sa izmerenim vrednostima, obeleženi krstovima.

- Ispitivanje difuzije kontaminanta u mehur pene kada je prisutna povratna difuzija: Sledeća ispitivanja su obavljena sa penom koja je prethodno napravljena (oko 5o % zapremine komore) a zatim je unošen kontaminant u slobodni deo komore. Grafik 3 prikazuje kretanje koncentracije kontaminanta za radon-222. Kriva 1 prikazuje brzinu difuzije radona-222 u mehur pene, dok kriva 2 prikazuje povećanje koncentracije u samom mehuru pene. Pošto je radon plemeniti gas, pa je bilo kakva reakcija sa penom malo verovatna, to je razumljivo da difuzija radona u mehur ide do izjednačenja koncentracija izmedju gasne faze mehura i slobodnog dela komore. Dalja ispitivanja su vršena na sledeći način: Posle uspostavljanja ravnoteže u komori napravljena je pena sa kontaminiranim vazduhom. Na grafiku 4 kriva 1 imamo prikazano opadanje koncentracije usled načina pravljenja pene. Naime posle postizanja ravnoteže u komori, simulirano je pravljenje pene provlačenjem kontaminiranog vazduha kroz uredjaj za proizvodnju pene u kome se nalazila čista voda, adekvatna po zapremini rastvoru pene. Kriva 1 prikazuje kretanje koncentracija radona u ovom slučaju.

Kriva 2 prikazuje kretanje koncentracija radona, kada je pena napravljena sa kontaminiranim vazduhom. Po isključenju uredjaja za proizvodnju pene kriva 2 ima neobičajeni tok, pošto usled povratne difuzije počinje obrnuti proces - vraćanje radona iz gasne faze mehura u slobodni deo komore.

Ovi rezultati nam ukazuju da u trenutku nastajanja pene, ona može u relativno kratkom vremenu da veže u gasnoj fazi mehura veće količine kontaminanta, medjutim dalja sudbina je povezana za proces difuzije, odnosno povratne difuzije.

Ova i prethodna ispitivanja su vršena sa kratkoživećim potomcima radona. Kretanje njihovih koncentracija u svemu je identično sa tokom krivih za radon. Medjutim zbog rasturanja rezultata i brzog uzpostavljanja ravnoteže potomaka sa radonom,

nismo mogli da zaključimo da li oni poseduju isti koeficijenat difuzije ili identično ponašanje je rezultat brzog uspostavljanja ravnoteže.

- Ispitivanje difuzije kontaminanta u mehur pene bez prisustva povratne difuzije: Na grafiku 5 imamo 3 krive koje pokazuju kretanje koncentracije joda u slobodnom delu komore:

kriva 1.- pokazuje gubitke kontaminanta usled simuliranja pravljenja pene, koje sam ranije izneo,

kriva 2.- prikazuje kretanje koncentracija joda prilikom pravljenja pene sa kontaminiranim vazduhom, zaobilazeći proces difuzije. Po isključenju uredjaja za proizvodnju pene k kriva dobija linearan tok. Tokom vremena kriva postaje blago zakrivljena, tako da posle 19 časova faktor dekontaminacije iznosi $1,1.10^{-1}$. Ova zakrivljenost verovatno dolazi usled prisustva povratne difuzije ili zbog cedjenja tečne komponente iz pene,

kriva 3.- pokazuje kretanje koncentracije joda prilikom pravljenja pene, kojoj je dodat natrijum tiosulfat sa kontaminiranim vazduhom. U svome prvom delu kriva brža opada, iako su ostali uslovi eksperimenta isti. Po isključenju uredjaja za proizvodnju pene kriva dobija takodje linearan tok, gde je dalji proces dekontaminacije vezan za difuziju čestica joda u mehur pene. Dodavanje hemijskog agensa radi suzbijanja povratne difuzije joda iz mehura doprinelo je i povećanju efikasnosti dekontaminacije joda pomoću pene u periodu njenog nastojanja, a to je strmiji deo krive, tako da je faktor dekontaminacije:

- posle 2 časa F.D. = 3.10^{-1} kriva 2.
- posle 2 časa F.D. = $1,3.10^{-1}$ kriva 3.

Sprečavanje povratne difuzije nije uticalo na povećanje brzine difuzije.

Na grafiku 6 imamo grafičku analizu krive 3 sa prethodnog grafika koja nam ukazuje da se naša kriva sastoji iz dve prave:

- strmija prava koja predstavlja brze procese i
- druga prava koja predstavlja sporije procese

Na grafiku 7 je ista grafička analiza izvršena za rezultate YODER-a i SILVERMAN-a, (1) koja nam daje identične 2 prave.

Možemo sada reći da smo grafičkom analizom dobili 2 prave koje pretstavljaju brze i spore procese.

- brzi procesi su pretstavljeni prvom, strmijom pravom koja se sastoji iz dva istovremena procesa, koje je ovom grafičkom analizom nemoguće razdvojiti. Ovo smo postigli načinom ispitivanja. Adsorpcija kontaminanta na zidove komore i gubitak usled načina pravljenja pene je prvi proces i dekontaminacija pomoću pene u trenutku njenog postajanja je drugi proces.

- sporiji proces, difuzija kontaminanta u mehur je predstavljen drugom pravom, koja se dobija ekstrapolacijom krive za duže vreme.

Ispitivanje sposobnosti kvašenja čestica rastvorom pene:

S obzirom da se jod lako adsorbuje na čestice prašine, a pri akcidentalnim uslovima su to uglavnom čestice dima-ugljenika, mi smo ranije opisanom metodom ispitivali sposobnost kvašenja čestica uglja rastvorom pene. Komoru, prethodno opisanu, smo zaprašili česticama uglja i posle izvesnog vremena propustili tokom 2 minuta rastvor pene od 0,5 do 5 %, zajedno sa destilisanom vodom. Dobijeni rezultati su prikazani na grafiku 8, gde primećujemo da koncentracije od 1 do 5 % imaju konstantnu sposobnost kvašenja koja je 5 puta veća od sposobnosti kvašenja sa destilisanom vodom.

DISKUSIJA

Jury (3) je u svom matematičkom modelu za faktor dekontaminacije dao sledeću jednačinu u logaritamskom obliku:

$$F.D. = 2{,}303 \log Q/Q_0 = 2{,}303 \log \frac{6}{\pi^2} - \frac{t}{\tau}$$

gde vrednost τ (tau) dobijamo iz jednačine:

$$\tau = \frac{\ell^2}{\pi^2 D.3.600.24} \text{ (dana)} = 0{,}28$$

a odatle dobijamo teorijski koeficijenat pravca za difuziju da je $-\frac{1}{\tau} = 0{,}002455 \text{ min}^{-1}$.

Praktičnu vrednost koeficijenta pravca dobijamo iz jednačine:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{2,303 \log Q_1 / Q_2}{t_2 - t_1}$$

gde zamenjujemo vrednosti iz grafika za Q_1 i Q_2 i odgovarajuće vrednosti za t_1 i t_2.

U našem slučaju smo ispitivali sledeće kontaminante, čiji prečnici su navedeni:

- prečnik molekula joda, $r=4,6 \cdot 10^{-8}$cm.
- prečnik molekula jodovodonika, $r = 3,5 \cdot 10^{-8}$cm.
- prečnik molekula radona, $r = 3,7 \cdot 10^{-8}$cm.

Možemo smatrati da nema većih odstupanja za molekule joda i molekule radona s obzirom na prečnike njihovih molekula (računajući i mogućnost prisustva joda u obliku jodovodonika). Za čestice prečnika $5 \cdot 10^{-8}$ cm brzina difuzije iznosi $D = 4,2 \cdot 10^{-6} cm^2/sec$ (3).

Na tabeli 1. imamo prikazane praktično izračunate vrednosti koeficijenta pravca difuzije kontaminanta u mehur pene prečnika 1 cm. Vidimo odmah iz tabele da su dobijena izvanredna slaganja koeficijenta pravca sa teorijski izračunatim. Na faktor dekontaminacije utiče adsorpcija kontaminanta na zidove suda i način pravljenja pene, pri čemu se linearni deo tj. prava brzine difuzije u mehur pene pomera paralelno teorijskoj pravi. Koeficijenat pravca ovih pravi je pri tome uvek isti. Matematička analiza i jednačine za faktor dekontaminacije u potpunosti zadovoljavaju dobijene vrednosti.

Praćenje i upoređivanje koeficijenta pravca prave za difuziju gasova i čestica u mehur pene pretstavlja daleko bolji i verodostojniji način nalaženja odnosa između teorijskih i praktičnih vrednosti. S obzirom da se koeficijenti pravca pravih za difuziju radona-222 (plemeniti gas), čestica joda i njegovih para (tabela 1) vrlo dobro slažu, to možemo tvrditi da nema razlike u brzini difuzije između para, gasova i čestica i da brzina difuzije submikronskih čestica zavisi od dimenzije častica, odnosno molekula, a ne od njenog agregatnog stanja.

ZAKLJUČAK

1. Visoko-ekspanzivna pena može se uspehom izvršiti dekontaminaciju prostora i površina od gasova, para i čestica prašine, kako radioaktivnih, tako i toksičnih.

2. Praktičan postupak je pravljenje pene sa kontaminiranim vazduhom, čime se zaobilazi proces difuzije i ubrzava proces dekontaminacije. Dekontaminacija se može postići i procesom difuzije ali nešto sporije.

3. Čestice i pare joda je moguće sa uspehom dekontaminirati iz prostora pomoću visoko-ekspanzivne pene. Pri tome, u toku jednostruke primene se dobija faktor dekontaminacije od:
   - 3.10^{-1} sa penom i
   - $1,3.10^{-1}$ sa penom i natrijum tiosulfatom

4. Povratni, parcijalni pritisak para i gasova u velikoj meri sprečava i onemogućuje dekontaminaciju pomoću pene. Dodavanjem hemijskog agensa može se u potpunosti sprečiti povratni pritisak odnosno difuzija. U slučaju radona - plemenitih gasova ovaj postupak je teško izvodljiv.

5. Nalaženje relacije izmedjuteorijskih izračunavanja i laboratorijskih istraživanja se najbolje postiže upoređjivanjem koeficijenta pravca.

6. Kinetički model razradjen za difuziju čestica u mehur pene slaže se sa našim rezultatima. Ovaj model se sa uspehom može primeniti u tumačenju difuzije i para i gasova. Difuzije para, gasova i čestica ne zavisi od agregatnog stanja submikronskih čestica, već samo od njihovih dimenzija.

7. Rastvor pene može se veoma dobro koristiti i kao rastvor za kvašenje čestica uglja, što ukazuje da se rezultati ovih istraživanja mogu primeniti u realnim uslovima na radnom mestu, naročito u rudnicima uglja kod mokrog bušenja. Primena ovih rezultata zavisi od toga da li pena deluje toksično na čoveka.

SORPTION OF GASES AND PARTICULATES IN
HIGH-EXPANSION FOAM

Abstract

The kynetics of sorption of Radon-222 and iodine particles in high-expansion foam has been studied. The mechanism of sorption is theoretically elaborated.

The possibilities of decontamination system using high-expansion foam are discussed in details based on graphical analysis of obtained results and theoretical considerations. The processes of foam generation, increasing the rate of decontamination, has been examined.

The coefficient of diffusion of gases and iodine particles into the foam bubble are determined theoretically and related to the practical measurements.
Very good aggreement was obtained.

The decontamination factor for Radon-222 is determined as 5.10^{-1} and for iodine particles 3.10^{-1}. When sodium thiosulfate was abbed to the foam decontamination factor for iodine particles was $1,3.10^{-1}$ for first 12c minutes.

The wetting kynetics of carbon particles performed by foam solution 1 to 5 % was also stidied and established that it is constant and 5 times higher than wetting by distilled water.

LITERATURA

1. Yoder, R.E. and Silverman, L.: Foam suppresion of radioactive iodine and particulates. VIII AEC AIR Cleaning Conference, Oak Ridge National laboratory Oct.22-25.1963,p.297

2. Fuch, N.A.: The mehanics of Aerosols (1955). Technical Information Division, U.S.Army Chemical Warfare Laboratories,Army Chemical Center, Maryland.

3. Jury, S.H.: Foam decontamination of air containing radioactive iodine and particulates following a nuklear incident. ORNL-TM-1589, October 1966.

4. Torskij, P.N., Rabičjov, A.I., Čebotarev, K.A.: Obespilivanie ugoljnih šaht, Ugletehizdat, Moskva-1956, str.76

5. Glastone, S.: Udžbenik fizicke hemije, Izdanje Naučne knjige, Beograd, str. 8o3-87o.

6. Angus fire armour-a division of George Angus &Co.Ltd. Angus hous 15o/158 Westgate road, Newcastle upon Tyne,England

7. Petrović, D., Panov, D.: Korišćenje priručnih sredstava u akcidentalnim slučajevima radioaktivne kontaminacije. V Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, oktobar 197o, Bled Nr/4o

8. Brnović, R., Radovanović, R., Ranković, M.: Mogućnost proizvodnje para radioaktivnog joda-131. IV Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, Baško Polje, 1969.

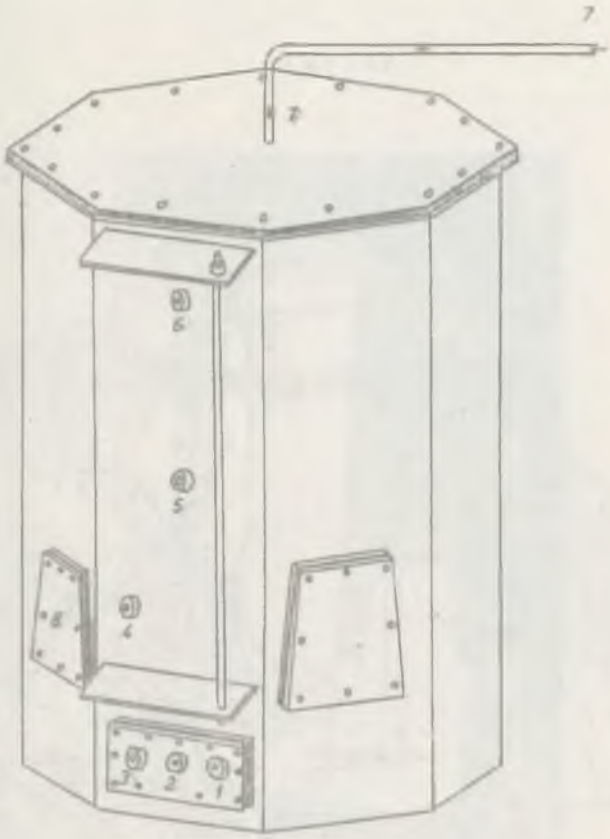
9. Pradel, J., Fuhnen-Beniex, E.: Bull. d'Inform.Scient.et Techn. Fr. No 2, p. 12 (1956)

1o.Tsivoglou, E.C., Ayer, H.E., Holiday, D.H.: Occurence of nonequilibrium Atmospheric Mixtures of Radon and its Daughters. Nucleonic 11 (1953) No 9. p.4o

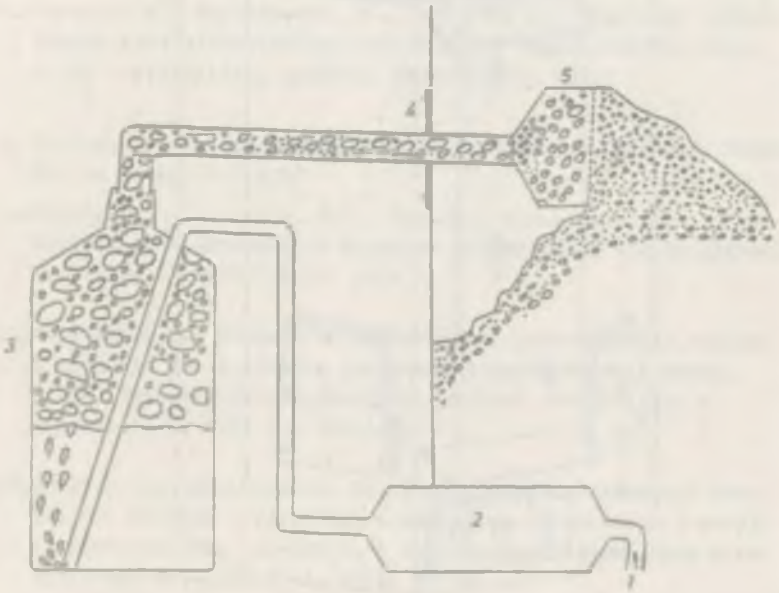
11.Hajduković,D.: Studija o radioaktivnoj kontaminaciji radonom i njegovim kratkoživećim potomcima radnika rudnika urana. (teza) Farmaceutsko-Biokemijski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, juli 1971 g., str.143.

12.Brnović, R., Radovanović, R., Ranković, M.: Efikasnost različitih filtera i adsorbera u odnosu na zadržavanje joda-131 iz kontaminirane atmosfere, V Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, Bled, 197o, Nr/36.

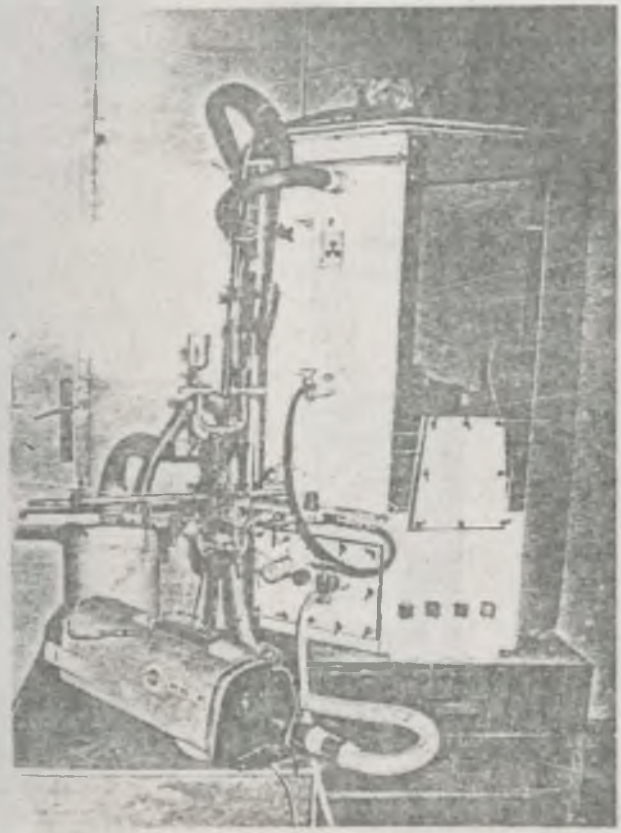
SKICA 1



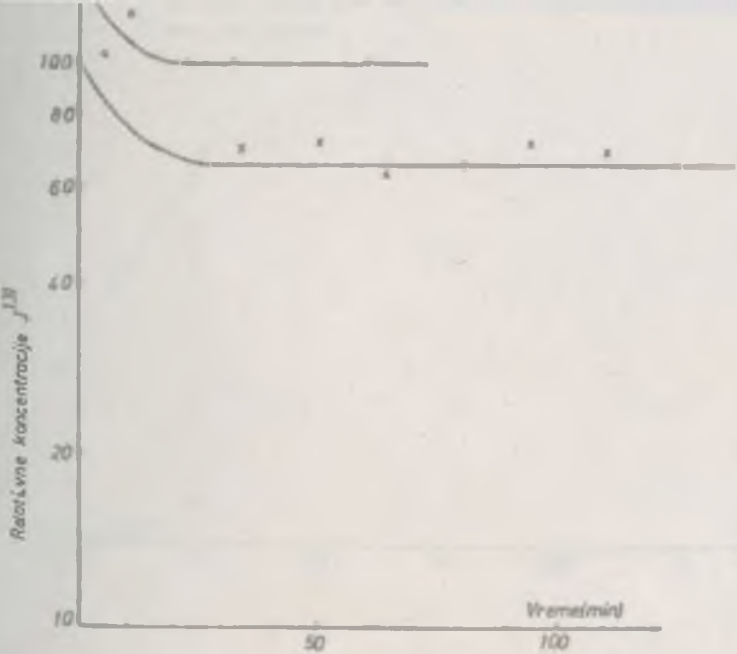
SKICA 2



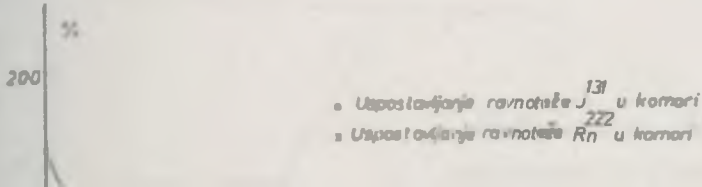
SLIKA 1



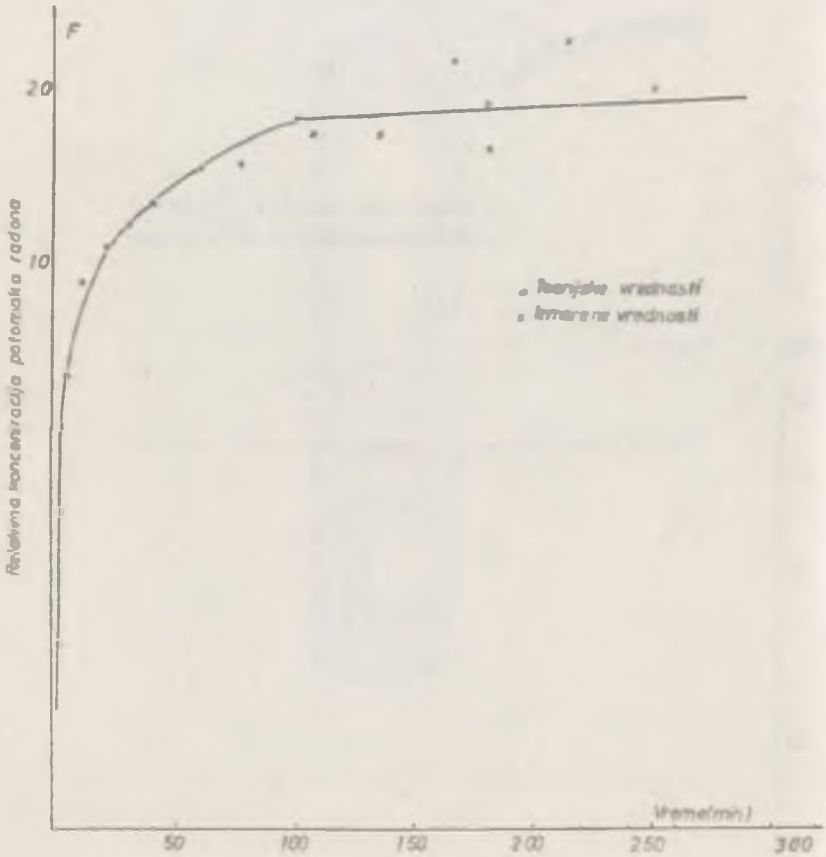
SLIKA 2


100
80
60
40
20
10
Relativne koncentracije
Vreme(min)
50
100

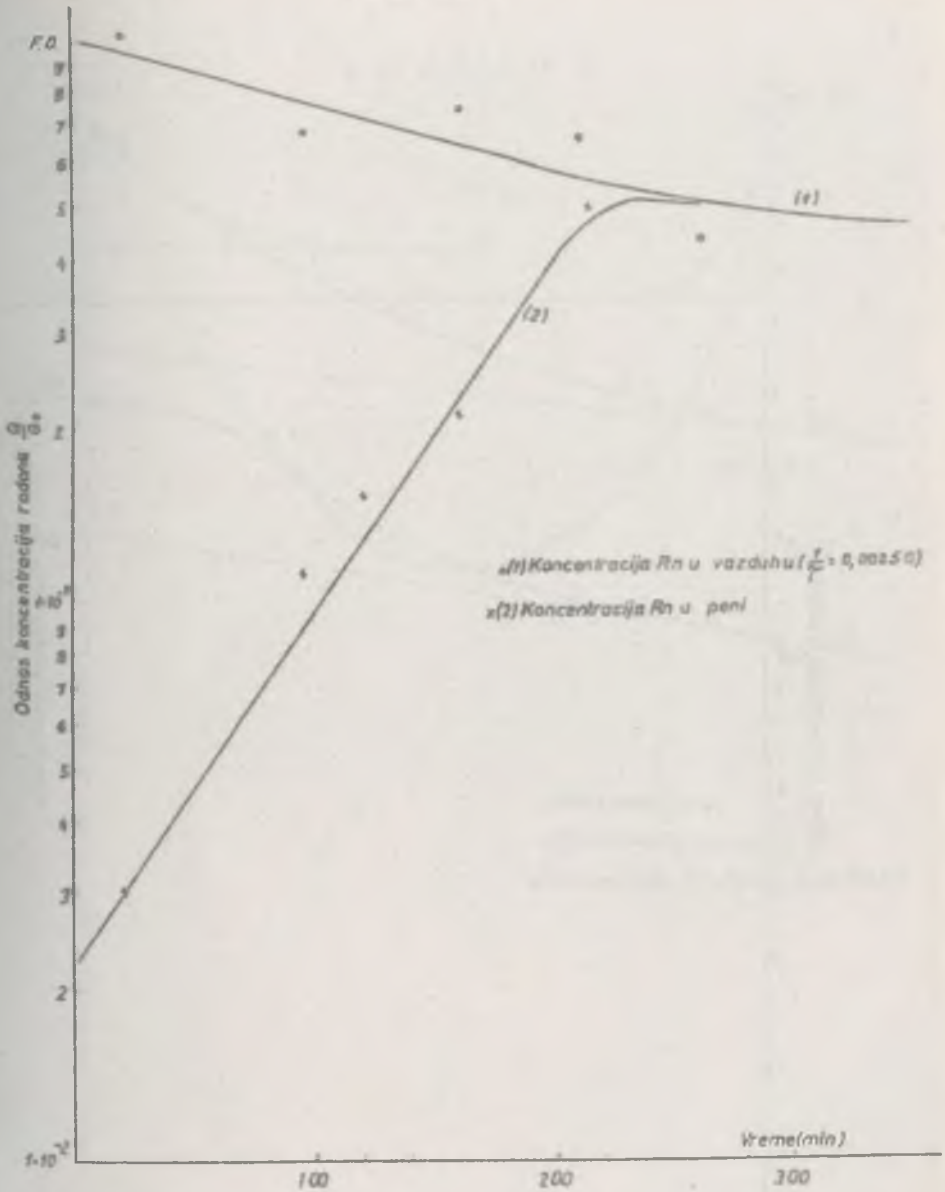
G R A F I K I


%
200
• Uspostavljanje ravnoteže J^{131} u komori
x Uspostavljanje ravnoteže Rn^{222} u komori

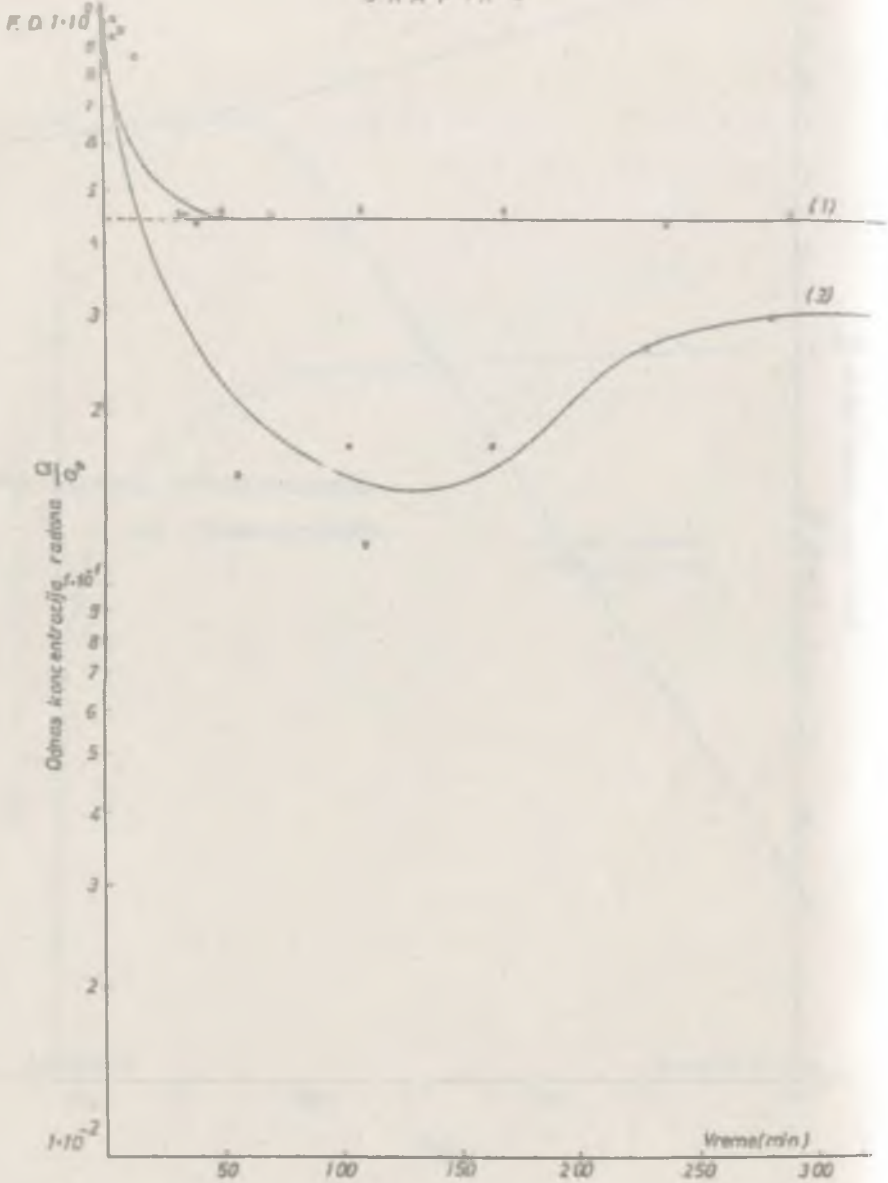
G R A F I K 2


F
20
10
Relativna koncentracija potomaka radona
Izmerjene vrednosti
Izmerene vrednosti
Vremenin)
50
100
150
200
250
300

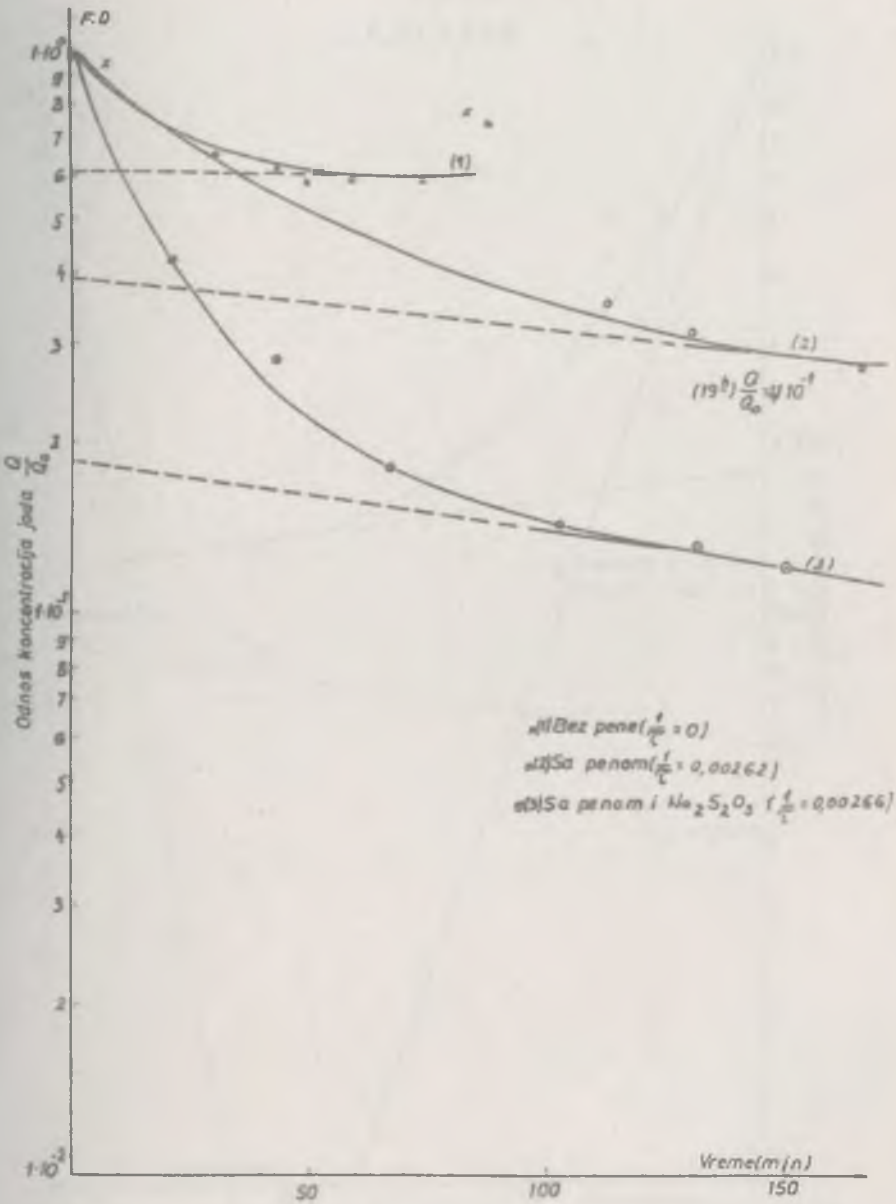
GRAFIK 3


F.O.
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1·10⁻³
9
8
7
6
5
4
3
2
1·10⁻²
Odnos koncentracija radona
(1)
(2)
(1) Koncentracija Rn u vazduhu
(2) Koncentracija Rn u peni
Vreme(min)
100
200
300

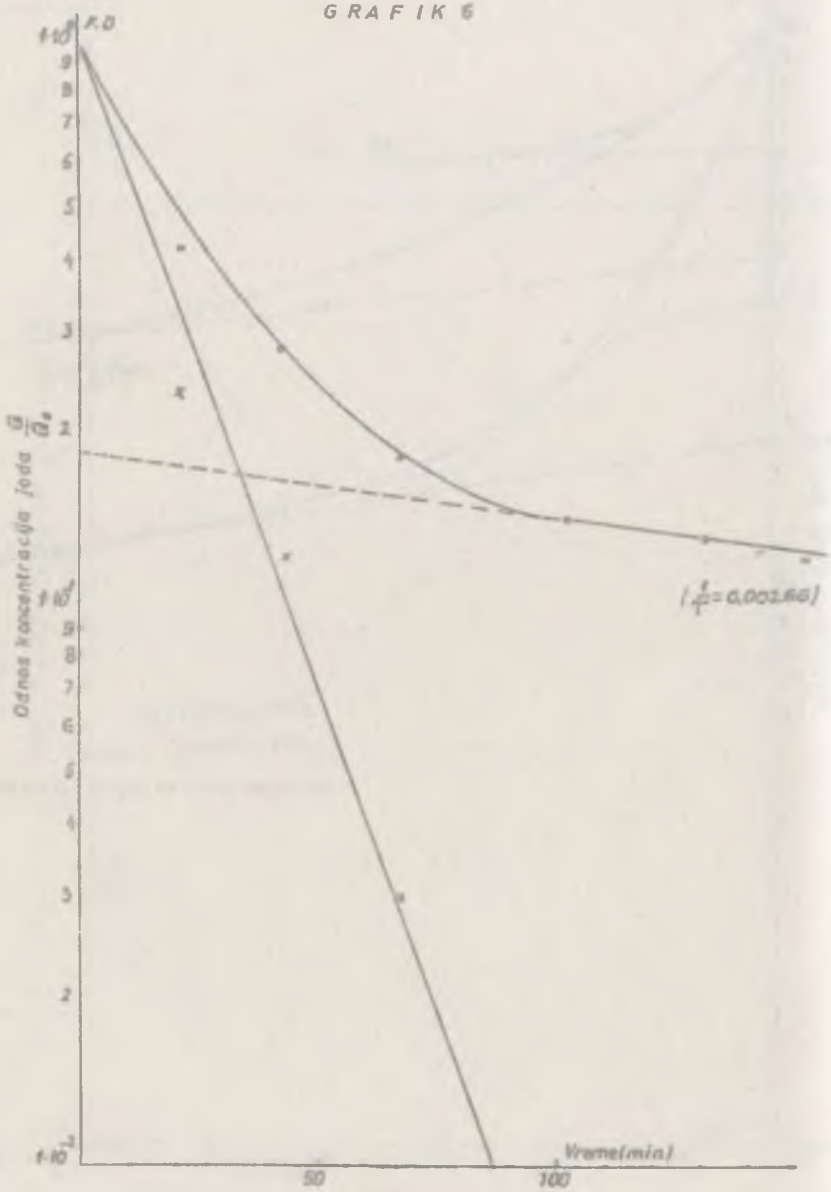
GRAFIK 4


F.D 1·10
(1)
(2)
Odnos koncentracija radona
1·10^-2
Vreme(min)
50
100
150
200
250
300

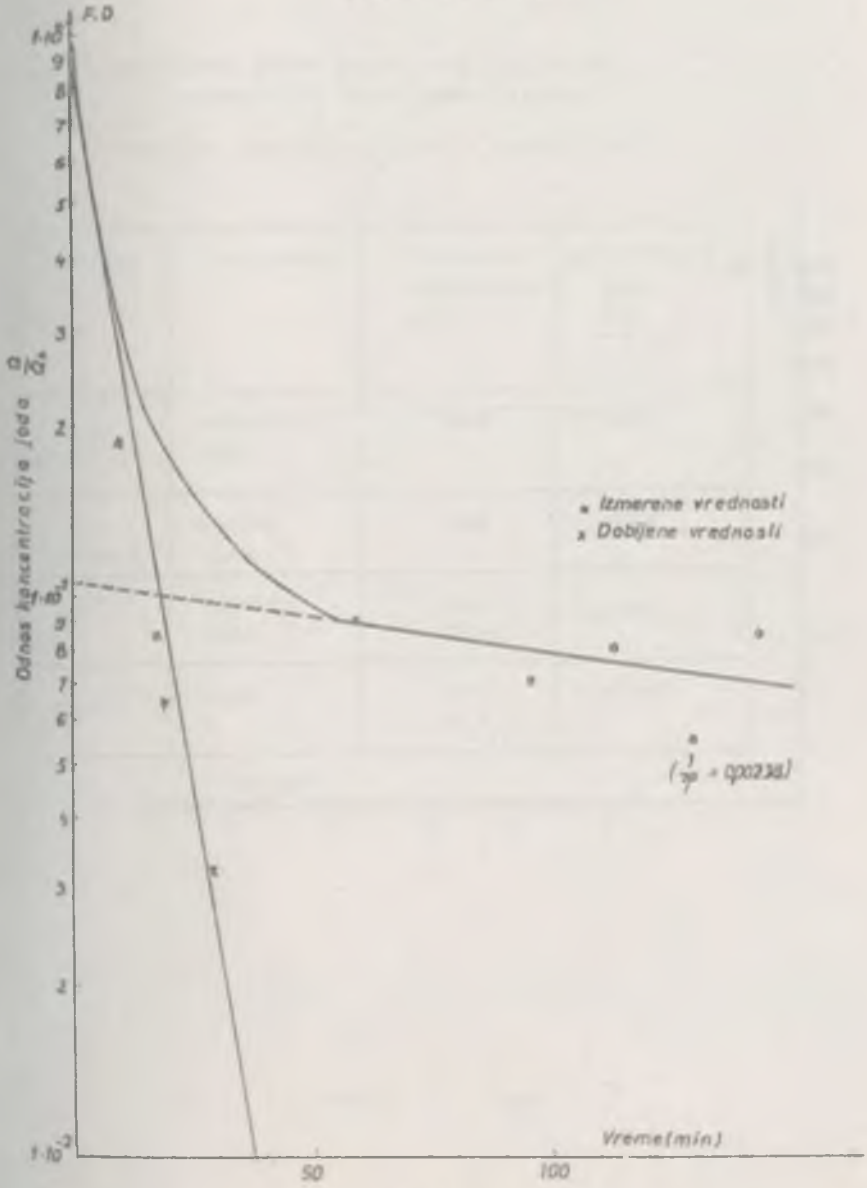
G R A F I K 5


F.O
1·10⁰
9
8
7
6
5
4
3
2
1·10⁻¹
9
8
7
6
5
4
3
2
1·10⁻²
Odnos koncentracija joda $\frac{C}{C_0}$
(1)
(2)
(3)
$(19^h)\frac{C}{C_0}\cdot 10^{-1}$
(1) Bez pene ($\frac{f}{C}=0$)
(2) Sa penom ($\frac{f}{C}=0,00262$)
(3) Sa penom i $Na_2S_2O_3$ ($\frac{f}{C}=0,00266$)
Vreme (min)
50
100
150

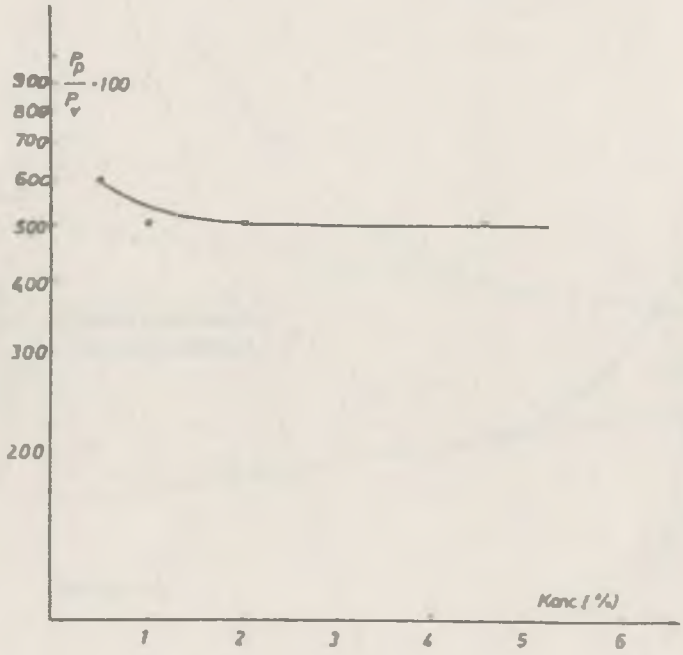
GRAFIK 6



GRAFIK 7 (8)


F.D
1·10⁻¹
9
8
7
6
5
4
3
2
1·10⁻²
9
8
7
6
5
4
3
2
1·10⁻³
Odnos koncentracije joda $\frac{a}{a_0}$
• Izmerene vrednosti
x Dobljene vrednosti
$(\frac{1}{70} = 0{,}0238)$
Vreme (min)
50
100

GRAFIK 8



TAB. 1

Koeficijenat pravca pravih za difuziju joda
i radona 222 u mehur pena

- Teoriska vrednost $\frac{1}{\tau}$ = 0,002455 min^{-1}

Grafik	Kontaminant	Sistem za dekontaminaciju	Koeficijenat pravca $1/\tau$ (min^{-1})
No 3 (prava 1)	radon-222 (gas)	pena	0,00256
No 5 (prava 2)	čestice joda	pena	0,00262
No 6	čestice joda	pena + $Na_2S_2O_3$	0,00266
No 7*	pare	pena + $Na_2S_2O_3$	0,00238

* - Rezultat E. Yoder-a i L. Silverman-a (1).

VII Simpozijum Jugoslovenskog društva
za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari, 22-26. oktobar 1973.

Dr Branislav Petrović
Dr Borislav Draganović
Dr Borislav Žeškov
Mr Mirko Gačević

Institut za primenu nuklearne energije
u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu
11080 Zemun, P.O. Box 46

- Zavod za animalnu radiobiologiju -

ALIMENTARNA KONTAMINACIJA RADIOCEZIJUMOM - 137 DOMAĆE I VODENE PERADI OZRAČENE X - ZRACIMA

Kratak sadržaj

U ovom radu saopštena su ispitivanja dinamike retencije i eliminacije ^{137}Cs kod nekih vrsta domaće (kokoš) i vodene peradi (guska), koje su prethodno bile ozračene X-zracima jednokratno i totalno, dozama od 2.200 R (dva puta po 1.100 Ru razmaku od 30 minuta). Radiocezijum je aplikovan p/o (direktno u voljku) u količini od 1 μCi/kg telesne težine, a dinamika resorpcije, distribucije i eliminacije radionuklida praćena je u odredjenim vremenskim intervalima u toku 15 dana od aplikacije radioizotopa. Specifična aktivnost odredjivana je u krvi, organima digestivnog trakta, parenhimatoznim organima i fecesu.

Rezultati izvršenih ispitivanja pokazuju da se kod ozračenih i kontaminiranih životinja eliminacija radionuklida vrši brže iz digestivnog trakta, a samim tim inkorporira se manji deo unetog

radioizotopa u svim ispitivanim organima i sistemima u poredjenju sa životinjama koje su samo kontaminirane radiocezijumom-137.

Izučavanje metabolizma biološki značajnih radionuklida (^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{131}J i drugih) još uvek predstavljaju predmet velikog interesovanja istraživača u oblasti radioekologije, radiobiologije i radijacione higijene. To je uslovljeno time što je visok prinos ovih radionuklida kod fisije teških jezgara, a time dolazi do izražaja i mogućnost propagacije ovih radionuklida u pojedine delove biosfere, kao i njihova migracija iz jedne biološke sredine u drugu, odnosno njihovo uključivanje u lanac ishrane domaćih, divljih životinja i ljudi.

Alimentarna radiokontaminacija predstavlja jedan od najznačajnijih puteva unošenja biološki aktivnih radionuklida u organizam životinja, naročito kada se ima u vidu način ishrane ovih životinja, a posebno ptica, pri čemu dolazi do izražaja i pojava kumulacije većine radionuklida u organizmu kontaminiranih životinja.

Naš interes u poslednje vreme bio je usmeren na izučavanje alimentarne radiokontaminacije nekih vrsta domaće i vodene peradi, koja je prethodno bila ozračena X zracima i to dozom LD 50/30.

METOD I TEHNIKA RADA

Eksperimenti su izvodjeni na odraslim kokošima rase "White - rock" (starosti 1 godina i prosečne TT 2.100 ± 360 g) kao i na odraslim guskama oba pola (prosečna TT 4.000 ± 350 g).

Životinje su bile jednokratno i totalno ozračene dozom od 2.200 R (2 x 1.100 R u razmaku od 30 minuta). Ozračivanje je vršeno terapijskim rendgen aparatom marke "Philips", a uslovi ozračavanja su bili: 200 kV, 15 mA, filter Al = 1 mm, fokusno-kožno odstojanje od 50 cm (kokoš), odnosno 100 cm (guske), pri čemu

je brzina doze iznosila 60 R/min za kokoši i 44 R/min za guske. Životinje su ozračivane u posebnim drvenim kavezima i to u dorzoventralnoj projekciji. Kontrolnim, a neposredno posle ozračavanja i oglednim životinjama aplikovan je peroralno pomoću brizgalice i gumene sonde direktno u voljku radioaktivni izotop ($^{137}CsCl$) u količini od 1 μCi/kg TT, odnosno 2 - 4 μCi po životinji.

Dinamika resorpcije, distribucije i eliminacije radiocezijuma 137 praćena je u odredjenim vremenskim intervalima u toku 15 dana od aplikacije radionuklida. Radioaktivnost je merena u perifernoj krvi posle 15 i 30 minuta, zatim posle 1, 2, 3, 6 h i nadalje posle 1., 2., 3., 7. i 15. dana od administracije izotopa. Feces je skupljan i u njemu je praćena radioaktivnost posle 6 h, kao i posle 1., 2., 3. i nadalje svakog dana do 15. koliko je trajao ogled. Za odredjivanje radioaktivnosti u pojedinim organima digestivnog trakta i različitim tkivima i parenhimatoznim organima vršeno je žrtvovanje oglednih životinja u naznačenim vremenskim intervalima do 15 dana. Specifična radioaktivnost je odredjivana u krvi, tkivima, organima, sistemima i fecesu i obračunavana je kao procenat inkorporiranog izotopa u odnosu na apliciran radiocezijum - 137.

RAZMATRANJE REZULTATA

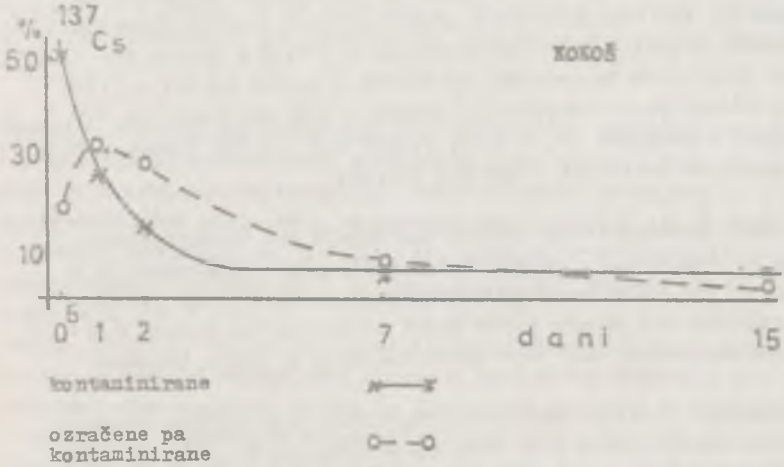
Rezultati radiometrijskih merenja pokazuju da digestivni trakt u prednjim partijama inkorporira prvog dana 8,5 ± 2,3% radiocezijuma i nakon 2 dana opada na vrednost od 1%, kod životinja koje su samo kontaminirane i do kraja posmatranog perioda zadržava manje više tu količinu radionuklida. Prednje partije digestivnog trakta obuhvataju: jednjak, voljku, predželudac i želudac - uglavnom partije sa sluzokožom bez žlezda. Zadnje partije digestivnog trakta: tanko, debelo, slepo i zadnje crevo kod kontaminiranih životinja - kokoši - inkorporira daleko manje količine izotopa oko 6,5% dok u daljem periodu posmatranja opada procenat zadržanog radiocezijuma na 1,2%. Kod ozračenih

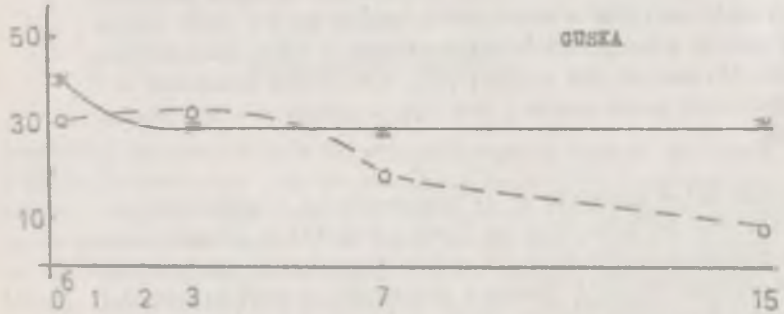
pa kontaminiranih kokoši dinamikainkorporacije je slična kontrolnoj grupi životinja u oba dela digestivnog trakta, samo se prva faza produžava do 7. dana nakon kontaminacije pr čemu je inkorporirani deo 2,5 - 4% a dalje se održava oko 1% unetog radioizotopa. Kod kontaminiranih gusaka prednje partije digestivnog trakta u prva 3 dana inkorporiraju 4 - 4,9% a zadnje oko 3, 9%a od 3.-15.dana taj sadržaj se nalazi u opsegu od o,3 - 1,9%. Kod ozračenih pa kontaminiranih gusaka 1.dana radiocezijum 137 se nalazi u količjni 15, - 4,5%, 3.dana 0,4 - 1,7%, 7.dana 1,3% i 15.dana kao kontrolna grupa 0,3 - o,4%.

Unutrašnji parenhimatozni organi zadržavaju kod kontaminiranih kokoši od 3.dana 0,3 - 0,9% i imaju tendenciju izlučivanja koja se zapaža i kod ozračenih pa konžaminiranih životinja. Sadržaj radiocezijuma kod gusaka u obe grupe iznosi već od 3.dana 0,2 - o,4% unetog izotopa ali nema trend opadanja do kraja 15.dana.

Najznačajnije količine radiocezijuma sadrži muskulatura oglednih i kontrolnih životinja i to tako da ga crna sadrži više od bele. U pravilu ozračene pa kontaminirane životinje ga sadrže manje od samo kontaminiranih ali kod obe vrste njegova se količina povećava u periodu od 15.dana - ima trend porasta. Dok se kod kokoši u obe grupe bez statistički značajnih razlika povećava ugradjivanje cezijuma u muskulaturu lagano od 1 - 1,5% dotle se kod gusaka inkorporacija radiocezijuma u crnoj muskulaturi povećava 15.dana do 22% u beloj 10%, dok je kod ozračenih pa kontaminiranih grupa sadržaj cezijuma u opsegu 5 - 10% unetog izotopa.

Retencione krive pokazuju da je inkorporacija i eliminacije radiocezijuma dvofazna i da je 3.dan od unošenja granični vremenski interval u odnosu na 15.dnevno posmatranje alimentarno kontaminiranih kokoši i gusaka i ozračenih pa kontaminiranih životinja. Kod kokoši eliminacija se u prva 3 dana vrši od 50%, odnosno 30% kod ozračenih do 1o% kod kontaminiranih i 5% ozračenih pa kontaminiranih 15.dana posmatranja. Kod kontaminiranih gusaka u prva tri dana se inkorporira 30-40% unetog radiocezijuma i to se zadržava do kraja ogleda a kod ozračenih od 30% sadržaj radionuklida se smanjuje do 10% 15.dana





Grafikon 1.- Retencija ^{137}Cs u organima kontaminiranih i ozračenih pa kontaminiranih kokoši i gusaka

SUMMARY

This work examines the retention and elimination dynamics of ^{137}Cs in some breeds of domestic (game) and water fowl (geese) which have been irradiated by X-rays preceding contamination bomth in single action and totally by doses of 2.000 R (in two fractions at 1.100 R in 3o minute time intervals). Radiocezium 137 has been administered perorally (directly into gizzard) in the amount of 1 μCi/kg bodyweith while the dinamics of resorption, distribution and elimination of radionuclides has been examined in set time intervals within a span of 15 days begining with the application of izototpes. The specific activity has been determined in blood, in the digestive tract, internal organs and feces. The results of the carried out experiments point to the fact that in the case of the irradiated and contaminated animals the elimination of radionuclides takes place at a faster rate from the digestive tract and by the very fact incorporate less of the initial radioizotopes in all the examined organs and systems in comparison with animals which have been contaminated only with radiocezium 137.

BIBLIOGRAFIJA

1. DRAGANOVIĆ B. et al.: Proc. of the IXIX Veterinary Congress, Vol. 2, 658, 1971.
2. PETROVIĆ B. et al.: Proc. of the XIX Vet. Congress, Vol 2, 652, 1971.
3. PETROVIĆ B. et al.: Radijaciono-higijenska istraživanja životinja i namirnica animalnog porekla, I N E P Godišnji izveštaji 1970., 1971.
4. GAČEVIĆ M. et al.: Acta veterinaria, Vol. XXX, 81, 1973.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Dragoslav Stojanović, Katarina Milivojević,
Zoran Djukić i Aleksandar Živanović

Institut "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

EFIKASNOST SPOLJNE DEKONTAMINACIJE U USLOVIMA POSTRADIJACIONE TRAUME I KONTAMINACIJE RADIOCEZIJUMOM

Ispitivana je zavisnost kinetike i obima resorpcije radiocezijuma preko kožne rane od vremena koje protekne izmedju spoljašnjeg gama ozračivanja celog tela i ranjavanja sa kontaminacijom. Posmatran je i uticaj sredstava za dekontaminaciju rane na obim interne kontaminacije i rezidualne aktivnosti u ranjenoj regiji. Dobijeni rezultati pokazuju da je resorpcija veoma intenzivna i u toku prvih 10 minuta nakon kontaminacije u telo prodire oko 50% kontaminanta iz rane. Kinetika i obim penetracije radiocezijuma preko rane pokazuju izvesnu zavisnost od vremena koje protekne izmedju eksternog ozračivanja celog tela i ranjavanja sa kontaminacijom. Efikasnost dekontaminacije ne prelazi 40% od nanete aktivnosti, a primenjena sredstva za dekontaminaciju (0,9% NaCl, 1‰ rastvor sapuna) ne uslovljavaju izrazite razlike u telesnom sadržaju radiocezijuma, kao i u rezidualnim aktivnostima kontaminirane rane.

U akcidentima postoji mogućnost nastanka udruženog delovanja spoljašnjeg ozračivanja, traumatizma mekih tkiva i kontaminacije radioaktivnim materijama, te je za izvodjenje adekvatne spoljne dekontaminacije potrebno razmatranje posebnog i udruženog delovanja štetnih faktora. U izučavanju uticaja dekontaminacionog tretmana na internu kontaminaciju organizma, prodiranje radiocezijuma preko kožne rane posmatrano je kao jedna promenljiva veličina koja zavisi, pored ostalog, i od delovanja različitih fizičkih i hemijskih faktora (1,2,3). U ovoj eksperimentalnoj studiji ispitivana je zavisnost kinetike i obima resorpcije radiocezijuma preko kožne rane od vremena koje protekne izmedju spoljašnjeg gama ozračivanja celog tela i ranjavanja sa kontaminacijom, kao i uticaj sredstava za dekontaminaciju rane na obim interne kontaminacije organizma i na rezidualne aktivnosti u ranjenoj kontaminiranoj regiji.

Rad je jednim delom finansiran iz sredstava Zajednice medicinskih naučnih ustanova SR Srbije.

Metodologija i tehnike rada

Za oglede su korišćeni beli pacovi, mužjaci, telesne težine 190 - 10 g. U toku ogleda životinje su bile narkotisane uretanom. Životinje su bile podeljene u tri ogledne grupe kod kojih su ranjavanje i kontaminacija izvedeni 1., 3. i 7. dana posle ozračivanja celog tela.

Uslovi ozračivanja: Izvor gama zračenja bio je ^{60}Co, jačine 2 kCi, pri brzini doze od 3130 rad/h, na distanci od 70 cm. Integralna ekspoziciona doza za celo telo iznosila je 600 r, što predstavlja dozu subletalnog reda veličine u datim eksperimentalnim uslovima.

Uslovi ranjavanja: Na koži leđja je specijalnim perforatorom načinjena eksciziona kožna rana sa defektom tkiva, kružnog oblika, prečnika 5 mm. Pri eksciziji je zahvaćena cela debljina kože do rastresitog podkožnog vezivnog tkiva. U toku ogleda rana nije hirurški tretirana.

Uslovi kontaminacije: Kontaminacija je izvodjena nanošenjem na ranu 0,05 ml rastvora $^{137}CsCl$ sa pH 6.0 i aktivnosti 40 μCi. Kod ispitivanja dinamike resorpcije kontaminacija je trajala do 3 časa, a u ogledima dekontaminacije kontaminacija je trajala 10 minuta.

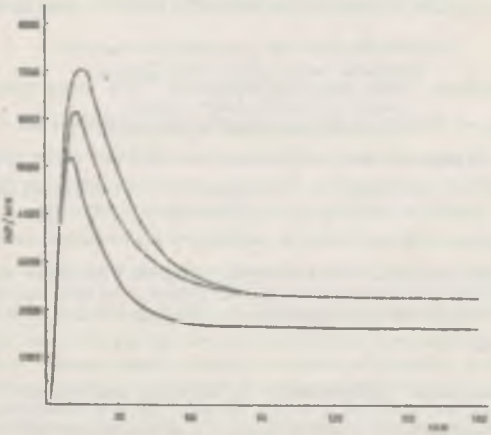
Tehnika dekontaminacije: Dekontaminacija rane bazirala se na ispiranju izabranim sredstvom. Na ranu je nakapavan rastvor za dekontaminaciju, koji je potom aspiriran. Akcija ispiranja trajala je 5 minuta, nakon čega je rana posušena suvim tupferom i ekscidirana sa okolnim tkivom. Korišćena su sredstva koja ne deluju agresivno na oštećena tkiva.

Na kraju svih obleda životinje su žrtvovane i stavljene pojedinačno u plastične kutije kao i ekscidirana tkiva. Na ovaj način je omogućeno merenje pod standardnim geometrijskim uslovima.

Tehnike merenja: Evolucija radioaktivnosti krvi praćena je kontinuiranim merenjem u toku tri časa primenom metode Michon-a i Maillard-ove (4). Količine radiocezijuma prodrle u organizam i rezidualne aktivnosti u kontaminiranim lokacijama odredjivane su direktnim merenjem pomoću brojačkog uredjaja za merenje ukupne telesne aktivnosti kod malih eksperimentalnih životinja.

Rezultati

Uporedni prikaz evolucije radioaktivnosti krvi kod udruženog ozračivanja, ranjavanja i kontaminacije radiocezijumom dat je grafički na slici 1. Krive predstavljaju srednje vrednosti i izvedene su iz pojedinačnih merenja. Iz nagiba inicijalnog dela



Slika 1.

Radioaktivnost u krvi kod postradijacionog ranjavanja i kontaminacije sa $^{137}CsCl$ (-·- rana 1. dana posle ozračivanja, — rana 3. dana posle ozračivanja, — rana 7. dana posle ozračivanja)

krivih, vremena dostizanja maksimuma i daljeg toka, očigledno je da se proces resorpcije odvija veoma brzo i da je maksimum dostignut kod svih ispitivanih grupa izmedju 10. i 15. minuta. Izvesno smanjenje resorpcije registrovano je kod životinja ranjenih i kontaminiranih 3. dana posle ozračivanja celog tela.

TAB. br.1

Telesni sadržaj radiocezijuma kod postradijaciono ranjenih i neposredno kontaminiranih životinja, u % nanete aktivnosti

Resorptivna površina	Kontaminacija 10 minuta	3 časa
A	54,70 ± 6,90	94,19 ± 1,67
B	58,63 ± 8,18	94,38 ± 2,03
C	42,15 ± 14,28	91,34 ± 3,58
D	-	93,75 ± 1,67

A - kontaminirana rana, B - rana kontaminirana 1. dana posle ozračivanja, C - rana kontaminrana 3. dana posle ozračivanja, D - rana kontaminirana 7. dana posle ozračivanja. Broj životinja u svakoj ogledoj grupi iznosio je 15.

Dobijeni podaci o stepenu prodrlih količina u telo, prikazani na tabeli br.1, kao i krive evolucije radioaktivnosti u krvi, ukazuju da je resorpcija veoma brza i visoka u prvim minutima nakon kontaminacije, jer se nadjene količine u telu 10. minuta nakon kontaminacije rane kreću oko 50% od nanete količine. Uočava se izvesna zavisnost od vremena koje protekne izmedju ozračivanja i ranjavanja sa kontaminacijom. Telesni sadržaj prodrlog cezijuma preko rane nanete prvog dana nakon ozračivanja u toku 10 minuta iznosi oko 58%, dok su trećeg dana nakon ozračivanja nadjene manje vrednosti, naime oko 42% od nanete količine na ranu. Vidi se da telesni sadržaj prodrlog radiocezijuma u toku tri časa preko rane prelazi 90% od aplicirane aktivnosti. Najmanje vrednosti resorbovanog cezijuma nadjene su kod grupe u kojoj je ranjavanje sa kontaminacijom izvedeno trećeg dana posle ozračivanja celog tela. Zapaženo smanjenje je statistički značajno u odnosu na grupu koja nije bila izložena spoljašnjem ozračivanju ($p > 0,002$).

TAB. br.2

Efekat dekontaminacije postradijaciono nanete rane kontaminirane sa $^{137}CsCl$, u procentu nanete aktivnosti

Resorptivna površina	Sredstvo za dekontaminaciju	Aktivnost u telu	Aktivnost u rani	Efikasnost dekontaminacije
A	0,9% NaCl	55,91 ± 7,17	5,49 ± 1,19	38,60 ± 7,17
	1‰ rastvor sapuna	62,15 ± 11,88	4,40 ± 1,49	33,45 ± 11,88
B	0,9% NaCl	62,56 ± 8,58	4,83 ± 1,58	32,61 ± 8,58
	1‰ rastvor sapuna	66,82 ± 6,23	5,12 ± 1,49	28,16 ± 6,23
C	0,9% NaCl	63,43 ± 7,94	6,10 ± 1,42	30,47 ± 7,94
	1‰ rastvor sapuna	58,44 ± 6,73	5,25 ± 1,17	36,31 ± 6,73

A - kontaminirana rana, B - rana kontaminirana 1. dana posle ozračivanja, C - rana kontaminirana 3. dana posle ozračivanja. Dekontaminacija je izvedena 10 minuta nakon kontaminacije. Broj životinja u svakoj oglednoj grupi iznosio je 12.

Na tabeli br.2 prikazan je efekat dekontaminacije rane nanete u raznim vremenskim intervalima posle eksternog ozračivanja i kontaminacije radiocezijumom. Efikasnost dekontaminacije je izračunavana na osnovu ukupnog telesnog sadržaja cezijuma i rezidualne aktivnosti u dekontaminiranoj rani. Primena različitih sredstava ne uslovljava markantne razlike u nadjenom telesnom sadržaju kao i rezidualnim aktivnostima u kontaminiranoj regiji. Ali, s obzirom na brzu resorpciju i znatne količine cezijuma u telu, efikasnost dekontaminacije ne prelazi 40% od inicijalne aktivnosti.

Diskusija

Pri delovanju jonizujućih zračenja na organizam dolazi do promena u vaskularnom sistemu i metaboličkih poremećaja koji mogu da utiču na mehanizme resorpcije. Isto tako, pod dejstvom jonizujućih zračenja kako neoštećena koža, tako i kožna rana može da ispolji povećanu osetljivost prema delovanju nekih spoljnih agenasa, što se u posmatranju efekata dekontaminacionog tretmana mora uzeti u obzir. U tom smislu je načinjen i izbor dekontaminacionih sredstava. Izabrana su sredstva koja ne ispoljavaju agresivna svojstva i primenjuju se u klasičnoj tcaleti rane.

Neki rezultati dobijeni u ovom radu u saglasnosti su sa konstatacijama iz naših ranijih radova (1,2), a odnose se na sporiju i po obimu manju resorpciju kod životinja koje se ranjene i kontaminirane 3. dana posle ozračivanja (u fazi izraženih laboratorijsko-kliničkih promena pod dejstvom gama zračenja). U ovoj fazi radijacionog sindroma dominiraju izvesne promene u brzini cirkulacije (hiperemija, staza) koje mogu da uslove smanjenje resorpcije.

Zaključak

1. Resorpcija radiocezijuma preko rane, u uslovima udruženog eksternog ozračivanja, ranjavanja i kontaminacije, je veoma intenzivna. U toku prvih 10 minuta nakon kontaminacije u telo prodire oko 50% nanetog kontaminanta na ranu. Za tri časa resorbuje se preko 90% kontaminanta prisutnog u rani.

2. Kinetika i obim penetracije radiocezijuma preko kožne rane pokazuje izvesnu zavisnost od vremena koje protekne izmedju ozračivanja celog tela i ranjavanja sa kontaminacijom. Najmanja resorpcija nadjena je u oglednoj grupi kod koje je ranjavanje sa kontaminacijom izvedeno 3. dana posle ozračivanja.

3. Efikasnost dekontaminacije kod udruženog eksternog ozračivanja ranjavanja i kontaminacije je mala, zbog brze i obimne resorpcije cezijuma i ne prelazi 40% od nanete aktivnosti na ranu.

4. Primenjena sredstva za dekontaminaciju sa različitim načinom delovanja ne uslovljavaju izrazite razlike u telesnom sadržaju radiocezijuma kao ni u rezidualnim aktivnostima kontaminirane rane.

*

* *

Autori zahvaljuju Radosavu Sapundžiću za tehničku saradnju.

Summary

EFFICIENCY OF EXTERNAL DECONTAMINATION UNDER CONDITIONS POSTIRRADIATION WOUNDING AND CONTAMINATION WITH RADIOCESIUM

The kinetics of radiocesium absorption through excised skin wound on the back of rats have been investigated as a function of time elapsed between the gamma irradiation and the wounding with contamination. The radiocontamination was carried out with 40 μCi solution $^{137}CsCl$ with pH 6.0.

The kinetics of absorption was observed by the method of extracorporal circulation, while the body burden of radiocesium was measured with a whole body counter for experimental animals. The results have shown that the absorption rate is the highest during the first 10 minutes after contamination. During the first 10 minutes in the organism 50 percent of radiocesium applied on the wound is penetrated. The absorption is most slightly in the conditions of wounding and contamination three days following irradiation. Using various decontamination agents in the case of postirradiationally wounding with contamination significant differences were not obtained for decontamination efficiences.

Reference

1. Stojanović D., Milivojević K.: Strahlentherapie, 141, 1, 93-95, 1971.
2. Milivojević K., Stojanović D.: Zbornik materijala VI Jug. simp. zaštite od jonizujućih zračenja, Ohrid, 415-420, 1972.
3. Milivojević K.: Prilog izučavanju dekontaminacije kožne rane kontaminirane radiocezijumom, Magistarski rad, Beograd, 1972.
4. Michon G., Maillard M.J.: Proc. of a Conference held in Mexico City, Ac. Press, London - New York, 3-19, 1962.

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26.oktobar 1973.

Danilo Hajduković ,Institut za medicinu rada i radiolcšku zaštitu SR Srbije "Dr.Dragomir Karajović " - Beograd

KONCENTRACIJE RADONA U ZAVISNOSTI OD RAZLIČITIH RADNIH OPERACIJA KOD EKSPLOATACIJE URANSKOG RUDNIKA

Rezime

U uranskom rudniku praćene su koncentracije Rn 222 (pCi/l) na 16 radilišta za 4 radne operacije : I posle miniranja , II kod utovara , III prilikom transporta i IV kod bušenja . Ukupan broj merenja 431.

Statistički značajno se ne razlikuju koncentracije Rn 222 kod radnih operacija I,II i IV dok se statistički značajno razlikuju ove navedene tri operacije u odnosu na III - transport : ($t = 3,77$; $p \leq 0,001$) , ($t = 2,55$; $p < 0,02$) i ($t = 2,88$; $p < 0,005$) respektivno .

Uvod

U rudnicima urana postoji veliki broj parametara koji utiču na koncentracije radona i njegovih potomaka a preko ovih na doze inhaliranjem.Veoma je teško izdvojiti pojedinačno faktore i posebno ih posmatrati jer oni prestavljaju uzajamnu zavisnost i jako utiču jedan na drugog .Stepen zaprašenosti,efikasnost ventilacije ,temperatura,vlažnost ,pritisak i vrste radnih operacija su faktori koji radnu atmosferu u rudniku menjaju veoma brzo. Ako posmatramo radne operacije same za sebe smatrajući ostale parametre konstantnim u toku jedne smene i merimo koncentracije Rn zapazićemo znatne razlike. Na njih ukazuju brojni istraživači bilo da se radi o bušenju ,miniranju ,transportu sa dizel ili lokomotivama na akumulatorski pogon ,utovaru ručnom ili mehaničkom ,poprav.janju zidova "pikiranjem" ,istovaru materijala u sipke ili "točenju" rude iz sipki u vagone itd.

U ovom radu statistički su obradjeni rezultati merenja koncentracije Rn 222 u dužem vremenskom intervalu na 16 radili-

-šta za 4 radne operacije u rudniku Kalna .

Izbor posmatranih radnih operacija

Izabrane su 4 radne operacije . Sva merenja za posmatrane operacije vršena su u prvoj smeni a u toku 9 do 49 rad - nih dana .

I radna operacija odnosi se na stanje posle miniranja . Radon je meren na početku I smene kada rudari dolaze na radilište.Od miniranja pa do dolaska rudara na radilište pro - teklo je dovoljno vremena da miniranjem narasle koncentracije radona budu jednom efikasnom ventilacijom dovedene na "normalni" nivo koji vlada na radilištu ili da u slučaju slabe ventilacije ostanu na znatno povećanom nivou .Otuda postoji i poseban interes službe zaštite za kontrolisanje koncentracija prilikom dolaska rudara na radilište. Prema radu Jamet i Pradel (1)1955 i u slučaju dobre ventilacije od 4 do 8 m^3/sek vazduha ,koncentracije radona 222 na jednom radilištu reda 10^{-10} Ci/l.vazd. posle otpucavanja naraetu i do 5 x 10^{-8} Ci/l.vazd.

II radna operacija odnosi se na utovar materijala .Po izvršenom miniranju obavlja se utovar ručni u vagone. Tom prilikom se povremeno vrši usitnjavanje krupnijih stena što doprinosi povećanju koncentracije radona koji se oslobadja iz šupljina stena.

III radna operacija odnosi se na transport materijala sa radilišta.Materijal utovaren u vagone odvozi se lokomotiv - skom vučom (akumulatorska) iz jame. Rudni materijal je još delimično prisutan na radilištu ,mogu se očekivati manje koncentracije radona . Na kraju radilište je sasvim očišćeno od materijala i počinje novo bušenje.

IV radna operacija odnosi se na bušenje koje se obavlja mokro - sa vodom. Ovo je radna operacija koja traje dosta dugo ,sve do kraja smene ,da bi se na kraju izvršilo miniranje. Prilikom bušenja dolazi se do šupljina i pukotina u steni u rudnom materijalu što omogućava radonu da dodje u radnu atmosferu.

Merenje radona vršeno je scintilacionom tehnikom ,alfa sondom sa fotomultiplikatorom i skalerom a uzorci su uzimani u staklene scintilacione balone premazane sa ZnS sa unutrašnje strane kao scintilatorom prema poznatoj metodi Pradel i Fuhrmann (2) 1956.

Izmerene koncentracije Rn 222(pCi/l) za jedno radilište daju se kao primer .

Radilište red.br. 12

Dani merenja	Radne operacije I	II	III	IV
1	440	280	30	240
2	330	364	80	116
3	320	220	40	220
4	620	360	190	350
5	520	120	54	120
6	180	180	32	280
7	100	144	132	480
8	260	520	40	500
9	340	540	86	260
10	420	380	142	460
11	420	306	66	358
12	380	254	16	532
13	516	600	98	470
14	500	834	108	416
15	578	544	58	252
16	1150	910	64	876
17	346	176	184	360
18	250	324	102	750
19	150	312	60	96
20	1000	690	372	1072
21	500	536	76	536
n =21	X = 444±252	409±221	97±79	416±248

Na ovaj način izvršena su merenja koncentracija Rn 222 i na ostalih 15 radilišta i izvršena obrada .

Na sledećj strani u TAB. 1 daju se srednje vrednosti standardne devijacije i t- test signifikantnosti razlika koncentracija izmedju radnih operacija za sva posmatrana radilišta.

Iz napred prikazanog radilišta no 12 uočljive su varijacije koncentracija i po danima i po radnim operacijama.

TAB. I Srednje vrednosti, standardne devijacije i t-test signifikantnosti razlike po radilištima i radnim operacijama koncentracija radona

Radilište	Broj merenja (n)	Srednje vrednosti + standardne devij. — Radne operacije: I posle miniranja	II utovar	III transport	IV bušenje	Statistička signifikantnost razlika u srednjim vrednostima medju radnim operacijama (t-test ; p) I/II	I/III	I/IV	II/III	II/IV	III/IV
1	49	217 ± 136	276 ± 152	181 ± 102	170 ± 120	2,26	1,50	1,80	3,63	2,78	0,49
5	30	296 ± 170	369 ± 252	175 ± 88	225 ± 194	1,32	3,46	1,52	4,05	2,25	1,29
6	16	141 ± 78	178 ± 91	100 ± 55	163 ± 147	1,23	1,72	0,53	3,70	0,35	1,61
7	42	2701 ± 4437	2525 ± 4276	1916 ± 3851	2312 ± 4758	0,19	0,87	0,39	0,69	0,29	0,42
8	41	968 ± 2228	770 ± 1139	406 ± 728	794 ± 1146	0,51	1,56	0,44	1,83	0,10	1,94
9	33	1366 ± 1584	1172 ± 1296	968 ± 1331	1476 ± 1849	0,53	1,09	0,26	0,62	0,76	2,40
10	32	803 ± 2016	797 ± 1895	655 ± 1947	653 ± 1333	0,01	0,30	0,35	0,30	0,35	0,01
11	30	1361 ± 2014	910 ± 1191	712 ± 1270	1469 ± 3382	1,06	1,49	0,15	0,62	0,85	1,15
12	21	444 ± 252	409 ± 221	97 ± 79	416 ± 248	0,48	6,02	0,36	6,09	0,10	5,62
13	25	929 ± 970	661 ± 700	440 ± 618	1035 ± 1092	1,12	2,13	3,48	1,18	1,40	2,33
16	21	416 ± 652	373 ± 655	387 ± 680	412 ± 643	0,21	0,14	0,02	0,07	0,19	0,12
17	22	741 ± 1008	677 ± 1267	642 ± 1285	693 ± 879	0,19	0,28	0,17	0,09	0,05	0,15
27	15	1220 ± 1680	436 ± 432	449 ± 447	875 ± 793	1,75	1,72	0,72	0,08	1,88	1,81
28	15	1169 ± 1796	839 ± 584	836 ± 585	840 ± 771	0,68	0,68	0,65	0,01	0,01	0,02
30	9	2042 ± 1335	2308 ± 2773	2177 ± 2853	1786 ± 574	0,26	0,13	0,53	0,12	0,14	0,40
31	30	653 ± 1228	563 ± 1001	480 ± 754	649 ± 1231	0,31	0,66	0,01	0,36	0,30	0,64
	431	969 ± 1450	838 ± 1197	640 ± 1083	883 ± 1371						

Tabela 1 daje pregled po radilištima i radnim operacijama a na sledećoj tabeli 2 izdvojeni su podaci koji se odnose na radne operacije posmatrano sumarno .

TAB. 2

Koncentracije radona prema radnim operacijama

RADNE OPERACIJE	BROJ MERENJA	SREDNJA VREDNOST (X)	STANDARDNE DEVIJACIJE (σ)
I MINIRANJE	431	969	1450
II UTOVAR	431	838	1197
III TRANSPORT	431	640	1083
IV BUŠENJE	431	883	1371

Statistička signifikantnost razlike u srednjim vrednostima
t - test i p

I/II	(miniranje / utovar)	t= 1,45	p = /
I/III	(miniranje / transport)	t= 3,77	p ≤ 0,001
I/IV	(miniranje / bušenje)	t= 0,89	p = /
II/III	(utovar / transport)	t= 2,55	p ≤ 0,02
II/IV	(utovar / bušenje)	t= 0,51	p = /
III/IV	(transport/bušenje)	t= 2,88	p ≤ 0,005

Na osnovu tabele 2 može se konstatovati sledeće :

Najviša prosečna vrednost koncentracija radona 222 u pCi/l izmerena je kod I radne operacije tj posle miniranja kada dolaze radnici na radilište I smene i to X = 969 pCi/l. Vrednost t-testa ukazuje da je ova vrednost viša i statistički se signifikantno razlikuje od vrednosti izmerene prilikom III radne operacije - transporta (t = 3,77 ; p ≤ 0,001)

Prosečna vrednost koncentracija radona pri radnoj operaciji II tj utovaru je nešto niža od vrednosti izmerene posle miniranja i statistički se značajno ne razlikuje (t=1,45). No u odnosu na radnu operaciju III - transport vrednost pri

utovaru se statistički bitno razlikuje (t=2,55 ; p 0,02).

Značajno je napomenuti da je vrednost pri bušenju radna operacija IV približno ista vrednosti koncentracija posle miniranja tj I i da je statistički značajno viša od vrednosti koncentracija izmerenih pri transportu (t= 2,88 ; p= 0,005).

Zaključak

Može se izvesti zaključak na osnovu statističke obrade brojnih merenja ,uz ograničenja navedena u uvodnom delu, da se na radilištima zadrže znatne koncentracije radona 222 posle miniranje i da se one statistički značajno ne razlikuju od koncentracija prilikom utovara i bušenja , dok su koncentracije radona pri transportu nešto niže.

Napomena

U radu je korišćen materijal iz izveštaja o kontrolnim merenjima radona 222 - Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS i Službe zaštite rudnika Kalna.

Statistička obrada je obavljena u Odelenju za statistiku Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS-Beograd.

RADON CONCENTRATIONS IN RELATION TO DIFFERENT WORKING OPERATIONS DURING EXPLOITATION OF URANIUM MINES

Summary

In uranium mine there were followed 222 Rn concentrations (pCi/l) in 16 work sites and for four working operations: 1 st after blasting,2nd during loading ,3rd during transportation and 4th during drilling . There were performed 431 measurements in total.

The differences in the concentrations for the working operations 1st,2nd and 4th are found to be not statistically significant ,but the mentioned three operations are found to be of statistically significant difference in relation to 3 rd operation -transportation (t=3,77 ; p ≤ 0,001) , (t=2,55 ; p ≤ 0,02) and (t=2,88 ; p ≤ 0,005) respectively.

Bibliografija

1) Jamet H.,Pradel J. - Repport CEA no 396 (1956)

2) Pradel J.,Fuhrmann Beneix E., -Bull.d' Inf.Scient. et Techn.Fran. no 2 ,12 (1956)

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26.oktobar 1973.

Danilo Hajduković , Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije "Dr.Dragomir Karajović" - Beograd

METODOLOGIJA MERENJA RADONOVIH POTOMAKA U RUDNICIMÀ URANA

Rezime

Dat je pregled metoda merenja koncentracija RaA,RaB i RaC u uranskim rudnicima prema publikacijama raznih autora.

Prikazana je metodologija koja omogućava istovremeno odredjivanje koncentracija RaA,RaB i RaC;izračunavanje ukupne alfa aktivnosti kao i Working Level ,prema metodama koje su dali :Tsivoglou i sar.,Thomas J.W., Markov i sar., Kusnetz H., i Rolle R.- uzimanjem jednog uzorka vazduha na filtru u trajanju od 5 minuta.

Uvod

Do skorašnjeg datuma u stručnoj literaturi koja obradjuje problematiku zaštite u rudnicima urana kao i merne metode ,posebno merenje koncentracija radona i njegovih potomaka ,bilo je par metoda ,ali za veoma kratko vreme pojavile su se nove ,bilo kao posledica stečenih iskustava ,bilo zbog sve češće upotrebe računara koji su omogućili lakše rešavanje diferencijalnih jednačina radonovog raspada na svoje potomke i odredjivanje odgovarajućih koeficienata u cilju tačnijeg,bržeg i lakšeg izračunavanja svakog potomka ponosob.

Tsivoglou (1)1953 je u disertaciji dao jednačine raspada radona na kratkoživeće potomke i ukazao na mogućnosti njihovog odredjivanja da bi sa saradnicima Ayer i Holeday (2) 1953 dao i metodu merenja koja se koristi u rudnicima urana u SAD a od 1960 kao zvanična metoda obradjena u materijalima HASL 91 (3).

Harley (4)1953 daje sličnu metodu gde se odredjivanje koncentracija potomaka radona vrši pomoću serije grafika.

Slične metode su obradili Raabe i Peterson (5)1965,

zatim Dahl i sar.(6)1967. Kod svih navedenih metoda prosisavanje vazduha je 5 do 10 minuta ,vrše se tri merenja aktivnosti direktno na filtru 5,15 i 30 -tog minuta posle uzimanja uzorka. Postoje male razlike u koeficientima zbog različito uzetog vremena poluraspada RaB.

Rabson i Werwey (7)1963 dali su jednačine odredjivanja RaA,RaB i RaC za vreme uzimanja uzorka u trajanju od 10 minuta. Metoda se koristi u rudnicima urana Južne Afrike.

Raabe i Wren(8)1969 dali su modifikovanu Tsivoglou metodu za koju je potrebno uzimanje uzorka u trajanju od 1 minuta.

Thomas J.W.(9)1970 daje metodu gde se uzorak uzima u trajanju od 5 minuta a merenja se u cilju smanjenja greške vrše u vremenskim intervalima integralno od 2 do 5-tog minuta, od 6-tog do 20-tog minuta i treća merenje od 21 do 30-tog minuta .

Metoda Kusnetz(10)1956 spada u brze metode jer se posle uzimanja uzorka u trajanju od 5 do 10 minuta vrši jedno merenje izmedju 40 i 90-tog minuta a u obračun se uvodi faktor korekcije u zavisnosti od vremena merenja.Metoda daje samo Working Level odn. ukupnu alfa aktivnost. U upotrebi je u rudnicima SAD i nekim drugim zemljama u rutinske svrhe.

Sličnu ovoj metodi dao je Rolle R.(11)1969 .Uzimanje uzorka 5 ili više minuta .U zavisnosti od vremena uzimanja uzorka ima se i vreme očitavanja -merenja da bi se imala najmanja greška.

Markov,Riabov i Stas (12)1962 dali su metodu koja je u primeni u SSSRu.Uzimanje uzorka na filtru traje 5 minuta a vrše se dva merenja integralno u intervalima po 3 minuta i to od prvog do 4-tog i od 7 do 10-tog.

Slična prethodnoj je brza metoda koju je dao Kartašov(13) 1966.Uzorak se uzima 1 minut i 45 sekundi . Vrše se dva merenja integralno po dva minuta ,od 15-tog sekunda po završenom uzimanju uzorka do 2-gog minuta i 15 sek. i drugo merenje od 5-tog minuta i 15 sek. do 7-mog minuta i 15 sekundi .

U francuskim rudnicima urana u upotrebi je metoda koju su dali Billard i Miribel(14) . Uzimanje uzorka traje 20 minuta a merenje prvog , 10-tog i 80-tog minuta . Metoda daje vrednosti stanja ravnoteže izmedju potomaka i radona te je potrebno istovremeno uzeti i uzorak radona u scintilacioni balon (15) da bi se odredile koncentracije RaA,RaB i RaC .

Postoje i druge metode ali su manje podesne za rad u us-

lovima koji vladaju u rudniku(prašina,vlažnost,nepristupačnost radilištima) ,zbog neadekvatnosti instrumentacije npr kod alfa spektrometrije i sl.

Navedene metode daju se radi preglednosti tabelarno.

TAB.1

Pregled metoda za odredjivanje koncentracija RaA,RaB i RaC, Working Level i $E_{\alpha T}$

AUTORI	BROJ MERENJA	VREME MERENJA (min)	VREME UZIMANJA UZORKA (min)	GREŠKA (%)
Tsivoglou i sar. (2)	3	5,15,30	5,10	15
Harley (4)	3	5,15,30	5	15
Raabe i Pat.(5)	3	5,15,30	5	15
Dahl i sar.(6)	3	5,15,30	5	15
Rabsson i W.(7)	3	5,15,30	10	15
Raabe i Wren(8)	3	5,15,30	1	10-15
Thomas J.W.(9)	3	2-5,6-20 21-31	5	do 15
Kusnetz H.(10)	1	od 40-90	5,10	2-12
Rolle R.(11)	1	4 do 20	5,10	7-15
Markov i sar.(12)	2	1-4,7-10	5	do 13
Kartašov (13)	2	15"-2'15" 5'15"-7'15"	1'45"	do 40
Billard i Miribel (14)	3	1,10,80	20	do 15

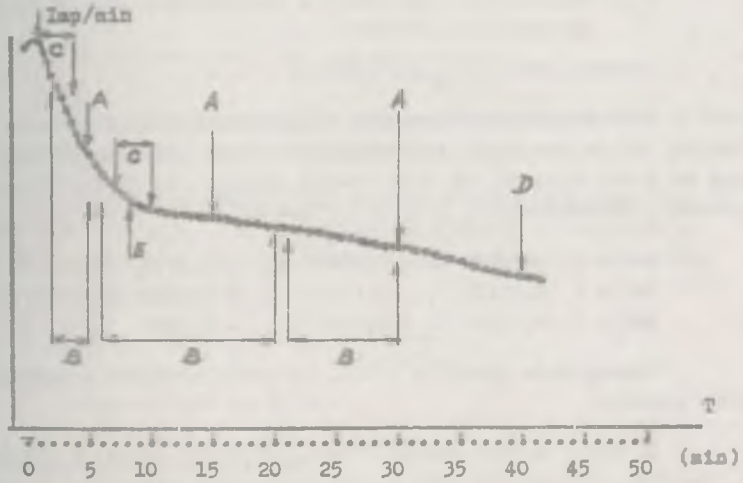
Izbor metode

Kod izbora najpodesnije metode za naše uslove vodili smo računa o dovoljnom vremenu prosisavanja vazduha prilikom uzimanja uzorka tako da bude više od 50 litara vazduha a da

bi zadovoljili veću tačnost i postigli komparabilnost rezultata prema raznim autorima ,tražili smo mogućnost da istovremeno radimo sa više metoda.Usvojili smo vreme uzimanja uzorka u trajanju od 5 minuta .Kod dužeg uzimanja uzorka u uslovima velike zaprašenosti povećava se samoapsorpcija merenja na filtru stvaranjem debelog sloja prašine.

Merenje aktivnosti na filtru vršimo počev od prvog minuta posle zaustavljanja prosisavanja pa do 40-tog minutašto nam omogućava crtanje krive opadanja aktivnosti na filtru. Merenje filtra vrši se scintilacionom tehnikom -alfa sonda sa fotomultiplikatorom,prenosni monitor DT12 firme Intertechnique ili mera impulsa PS3 -J.Stefan".

Na sledećem grafiku daje se primer obrade jednog uzorka.



Uzimajući vrednosti imp/min korigovano na efikasnost brojačkog uredjaja ,efikasnost filtra i znajući protok vazduha V u lit/min ,koji se za vreme uzimanja uzorka održava stalnim i u toku prosisavanja meri rotametrom , mogu se odrediti koncentracija RaA,RaB i RaC u pCi/lit.vazd. kao i ukupna alfa energija u MeV/lit.vazd. a preko nje Working Level .(10)(16).

Metod rada

Uzimanjem uzorka na filtru u trajanju od 5 minuta ,vršeći sledeća merenja i koristeći se jednačinama,koje su posebno obradjene u radu (17) a koje se ovde daju u konačnom obliku -mogu se odrediti koncentracije potomaka radona ,ukupna alfa aktivnost i Working Level.

A) Po Tsivoglou i sar.metodi (2) odn.(3) ima se za A_5 , A_{15} i A_{30} aktivnosti na filtru izmerene 5,15 i 30-tog minuta a za protok vazduha V (lit/min) :

$$RaA = (0,5945\ A_5 - 1,347\ A_{15} + 0,8509\ A_{30}) : V$$
$$RaB = (-0,0448\ A_5 - 0,1485\ A_{15} + 0,3598\ A_{30}) : V$$
$$RaC = (-0,0293\ A_5 + 0,3997\ A_{15} - 0,3246\ A_{30}) : V$$

Ukupna alfa energija E_α (MeV/lit) ref. (10)(17) :

$$E_\alpha = RaA(pCi/l) \times 134\ (MeV) + RaB(pCi/l) \times 659\ (MeV) + RaC(pCi/l) \times 485(MeV)$$

$$Working\ Level = E_\alpha (10^5\ MeV/l) : 1,3$$

B) Modifikovana Tsivoglou metoda odn.integralna metoda Thomas (9) za vrednosti aktivnosti na filtru izmerene od drugog do 5-tog minuta , od 6 do 20-tog minuta i od 21 do 30-tog minuta , respektivno I_1 , I_2 i I_3 ima se :

$$RaA = (0,1689\ I_1 - 0,0820\ I_2 + 0,0775\ I_3) : V$$
$$RaB = (0,0012\ I_1 - 0,0206\ I_2 + 0,0491\ I_3) : V$$
$$RaC = (- 0,0225\ I_1 + 0,0332\ I_2 - 0,0377\ I_3) : V$$

Ukupna alfa energija i W.L. na način prikazan u prethodnoj metodi.

C) Prema metodi Markov i sar.(12) posle uzimanja uzorka u trajanju od 5 minuta vrše se dva integralna merenja u trajanju po 3 minuta i to od prvog do 4-tog - A_I i od 7 do 10-tog minuta - A_{II} . Po izvršenim korekcijama na efikasnost ima se :

$$RaA = \frac{1,18\ (A_I - A_{II})}{V} \times 10^{-13}\ Ci/lit.vazd.$$

$$RaB = \frac{A_{II}}{V} \times 10^{-14} \text{ Ci/l.vazd.}$$

$$RaC = \frac{(5.97\ A_{II} - 2,44\ A_{I})}{V} \times 10^{-14} \text{ Ci/l.vazd.}$$

Ukupna alfa energija :

$$E_{\alpha} = \frac{40\ A_{II}}{V} \quad (\text{MeV/l.vazd.})$$

Autori daju grešku metode kod odredjivanja RaA,RaB i RaC od 0 do 13% , za E_{α} od 1 do 11% u zavisnosti od stanja ravnoteže potomaka i stepena koncentracije .

D) Prema metodi Kusnetza (10) može se odrediti samo Working Level odn ukupna alfa aktivnost . Za uzimanje uzorka u trajanju od 5 minuta i merenja na filtru 40-tog minuta ima se korekcioni faktor 150 .

$$W.L. = \frac{A}{t\ .\ F.\ V} \quad tj \quad \frac{A}{5 \times 150 \times V}$$

Greška metode zavisi od stanja ravnoteže potomaka i vremena merenja i kreće se od 2 do 12%.

E) Prema metodi Rolle (11) moguće je odrediti samo W.L. i ukupnu alfa energiju . Za vreme uzimanja uzorka u trajanju od 5 minuta ,merenje se obavlja posle 8 minuta i 25 sekundi .Stalan faktor korekcije 200.

$$W.L. = \frac{A}{t\ .\ F\ .\ V} \quad tj \quad \frac{A}{5 \times 200 \times V}$$

Greška metode do 15 %.

Odredjivanje stanja ravnoteže

Prilikom uzimanja uzorka na filtru za odredjivanje koncentracija RaA,RaB i RaC potrebno je istovremeno uzeti i uzorak u scintilacioni balon radi odredjivanja koncentracije radona . Kada se odrede koncentracije potomaka u pCi/l kao i koncentracija radona u pCi/l.vazd. imaju se prema (14) francuskim autorima stanja ravnoteže :

$$f_A = \frac{RaA}{Rn} \qquad f_B = \frac{RaB}{Rn} \qquad i \qquad f_C = \frac{RaC}{Rn}$$

S obzirom na poseban značaj koji prestavlja stanje ravnoteže izmedju radona i potomaka u pogledu zaštite u rudnicima urana kod kontrolnih merenja na radilištima rudnika uvek istovremeno uzimamo uzorke i za odredjivanje koncentracije potomaka i koncentracije radona .

Zaključak

Ovako razradjena metodologija pokazala se veoma praktičnom .Prilikom merenja filtra po brzoj metodi Rolle -samo nekoliko minuta posle uzimanja uzorka koristeći jednostavan obrazac - može se ukazati službi zaštite u rudniku na moguću povećanu koncentraciju potomaka .Računska obrada uzorka po ostalim metodama daje nam uverenje u tačnost merenja s obzirom na mogućnosti uporedjenja više metoda . Mogućnost da uzorak ostane neobradjen zbog nekog neobavljenog merenja u jednom odredjenom trenutku (s obzirom na vremensku ograničenost vrednosti uzorka ,merenja se ne mogu ponoviti) je neznatna jer se uvek može dobiti rezultat po nekoj drugoj metodi .

METHODOLOGY OF MEASUREMENT OF RADON DAUGHTERS IN URANIUM MINES

Summary

A review of the methods for measurement of RaA,RaB and RaC concentrations in uranius mines published after various authors is presented.

There is shown the methodology which enables the simultaneous determination of RaA,RaB and RaC concentrations ; the determination of the total alpha activity as well as Working Level after the methods by Tsivoglou et al., Thomas J., Markov et al.,Kusnets H., and Rolle R., by taking a sample of air during 5 minutes.

Bibliografija

1) Tsivoglou E.C., Disertation .Ohio State University(1953)

2) Tsivoglou E.C.,Ayer H.E.,Holaday D.H., Nucleonic ,11 , 40, no 9 (1953)

3) Hasl 91 - USAEC, Repport Hasl 91 , 6, (1960)

4) Harley J.H., Nucleonics , 11 , 12 (1953)

5) Raabe O.G.,Paterson F.S., University of Rochester , Repport UR - 658 , 2 (1965)

6) Dahl A.H.,Schiager K., COO 1500 -3 (1967)

7) Rabson S.R.,Werwey C.Y., IAEA , Vienna 26-31.8.Vol II, p 335 (1963)

8) Raabe O.G.,Wrenn D.Health Physics ,17 ,p 593 (1969)

9) Thomas J.W. , Health Physics 19 , no 5 , p 691 (1970)

10) Kusnetz H.L., Am .ind.Hygiene Ass. Quarterly ,no 1, 17 , 3 , p 85 (1956)

11) Rolle R., Amer. Ind. Hygiene Ass.Journ., M-X , p 153(1969)

12) Markov K.P.,Riabov N.V.,Stas K.N., Atomnaja Energia ,12 , no 4 , p 315 (1962)

13) Martašom N.P. , Atomnaja Energia ,vol 20 , no 5 ,p112(1966)

14) Billard F.,Miribel J., Rapport interne SCRGR-PICDM CEA.

15) Pradel J.,Fuhrmann Beneix E.,Bull.d'Inform. Scient.et Techn.Fran. no 2 ,12 (1956)

16) Hajduković D.,Zbor.radova IV jug.simp.o rad.zašt.,28-30.5. Baško Polje , str. 661 (1969)

17) Hajduković D., Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu(1971)

VII simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22. - 26. listopada 1973.

J.Tudorić, J.Vuletin, P.Kulišić, M.Radevenjić
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje-Split

O PROBLEMU MINIMIZACIJE INTENZITETA GAMA ZRAČENJA PRIMIJENJENOG U INDUSTRIJI

U radu je opisana metoda amplitudne analize s kristalnim detektorom za detekciju promjene atenuacije prodornog gama zračenja što manjeg intenziteta u svrhu brzog određivanja promjene gustoće atenuatora. Prikazani su rezultati mjerenja kod ispitivanja primjene opisane metode za potrebe azbestno-cementne industrije. Dobiveni rezultati pokazuju da metoda amplitudne analize uz danas dostupne elektroničke sisteme omogućava uspješnu primjenu radioaktivnih gama izvora malog intenziteta. Analizom je utvrđeno da je jakost potrebnih radioaktivnih izvora u primjeni opisane metode kod mjerenja gustoće atenuatora u pravilu dva do tri reda veličine manja nego u slučaju primjene metode kolimiranog snopa i plinskog detektora.

Uvod

Analiza mnogih problema kontrole tehnološkog procesa upućuje na metodu atenuacije prodornog gama zračenja (1). Pri radu s gama izvorima velika prodornost zračenja predstavlja opasnost i nalaže niz mjera predostrožnosti. Težnja je postići kontrolu tehnološkog procesa, a da osoblje bude što manje izloženo ozračivanju, odnosno poboljšati tehniku rada, da se zadovoljavajući efekt postigne uz što manju jakost radioaktivnog izvora.

Primjena radioaktivnog zračenja u brzom određivanju debljine atenuatora usvojena je i visoko razvijena još prije desetak godina. Atenuacijom kolimiranog snopa gama zraka detektira se promjena debljine čak od jedne tisućinke (2). Ovu tehniku karakterizira dobro kolimirani snop i vrlo jaki izvor od 50 mCi do 100 mCi. Kao detektor koristi se ionizaciona komora ili Geiger-Müllerov brojač. Potrebna masivna olovna zaštita čini čitav sistem slabo pokretnim. Da se postigne zadovoljavajući efekt uz što manju jakost izvora, detektor mora biti mnogo veće efikasnosti (kristal), a doprinos Comptonski raspršenih fotona mora se eliminirati samim načinom detekcije fotona umjesto kolimiranjem snopa gama zraka. Amplitudnom

analizom signala iz detektora može se odabrati područje kojem odgovaraju gotovo samo signali dobiveni u procesu fotoefekta u detektoru i to od fotona koji nisu Comptonski raspršeni na atenuatoru.

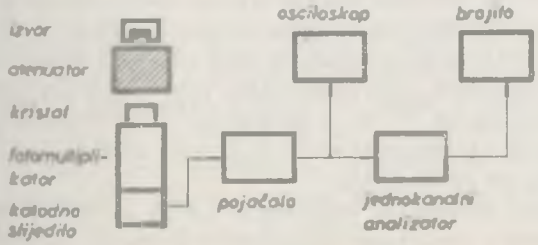
Danas su dostupni pouzdani elektronički sistemi sa scintilacionim i poluvodičkim detektorima. U zavisnosti o debljini atenuatora odabire se u kontroli tehnološkog procesa određena energetska karakteristika radioaktivnih izvora. Kod tanjih atenuatora prihvatljivo je korištenje nisko-energetskih gama zraka što i na scintilacionim i na poluvodičkim detektorima praktički rezultira samo foto-efektom u procesu detekcije. Deblji atenuatori zahtijevaju prodornije gama zrake koje u detektoru pored fotoefekta ostavljaju trag i Comptonovim raspršenjem. Relativno jednostavni elektronički sistem omogućava pouzdanu amplitudnu analizu u slučaju nisko-energetskog gama zračenja. Nestabilnost praga praktički ne utječe na izbroj foto-događaja. Utjecaj stabilnosti praga postaje značajan kad je u procesu detekcije gama zraka prisutno i Comptonovo raspršenje.

Navedenu metodu primijenili smo pri određivanju koncentracije krute tvari u suspenziji za izradu azbestno-cementnih proizvoda (3). Iznijet ćemo korištenu tehniku eksperimenta i rezultate koji se odnose na ovdje razmatrani problem.

Eksperiment i rezultati

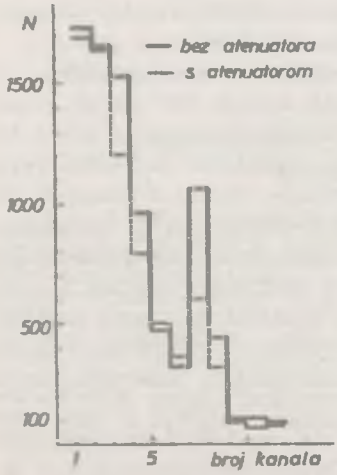
a) Detekcija sa scintilacionim detektorom

Upotrebljeni su izvori ^{137}Cs (670 keV, 0,1 μCi) i ^{60}Co (1170 i 1330 keV, 1 μCi). Kao detektor korišten je scintilacioni kristal Na I (Tl) Harshaw od 1,5"x1". Na slici 1. dana je shema upotrebljenog elektroničkog sistema firme Ortec.

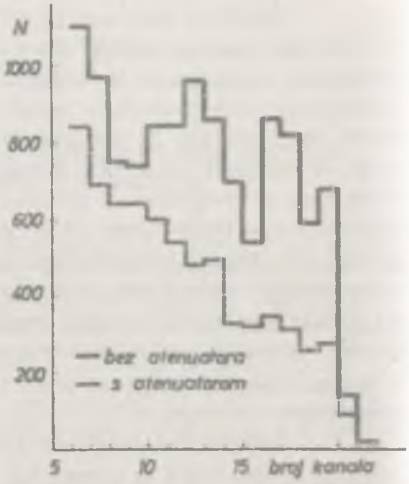


Sl.1. Shema sistema sa scintilacionim detektorom

Na slikama 2. i 3. prikazani su efekti atenuacije gama zraka u vodenom stupcu visine 12 cm.



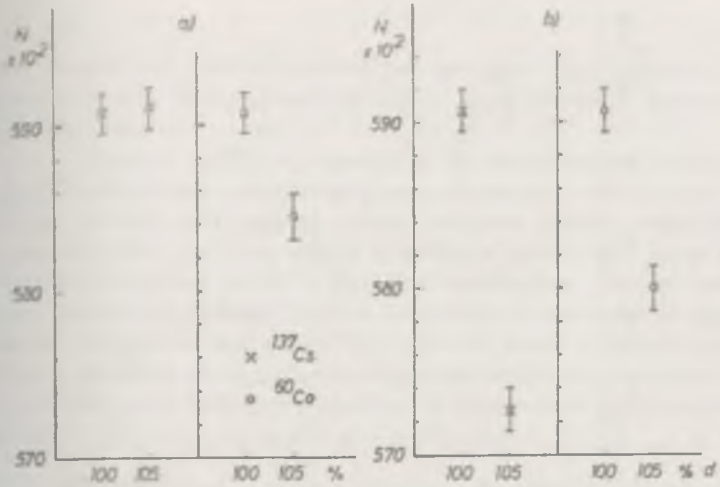
Sl.2. Efekt atenuacije uz radioaktivni ^{137}Cs



Sl.3. Efekt atenuacije uz radioaktivni ^{60}Co

Vidljiva je izrazita atenuacija fotovrha i slaba atenuacija Comptonski raspršenih fotona. Zbog slabog intenziteta radioaktivnog izvora u eksperimentu je korištena debljina vodenog atenuatora za 20 % manja od optimalne debljine (15 cm) tj. one koja odgovara uvjetu da je za dani omjer dx/x omjer dN/N maksimalan (2).

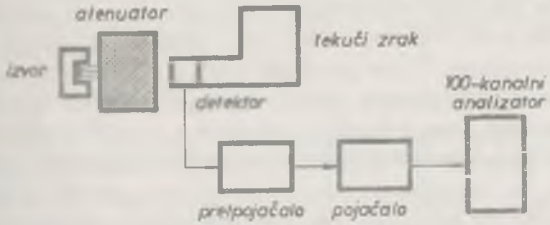
Na slici 4. prikazani su rezultati promjene u atenuaciji kod 5 % povećanja debljine atenuatora za slučaj a) kad nije eliminiran doprinos Comptonovog raspršenja na atenuatoru i b) kad je amplitudnom analizom na atenuatoru ovaj doprinos eliminiran. Na slici su naznačene samo statističke pogreške u izbroju. Vrijeme je 120 min za ^{137}Cs i 15 min za ^{60}Co. Vidi se da je promjena atenuacije mnogo izrazitija u onom slučaju kad se detekcija ograniči smo na fotovrh.
Efekt doprinosa Comptonski raspršenih fotona na atenuatoru najizrazitije varira s debljinom atenuatora u području optimalne debljine (4,5,6).



Sl.4. Promjena u atenuaciji zbog povećanja debljine atenuatora

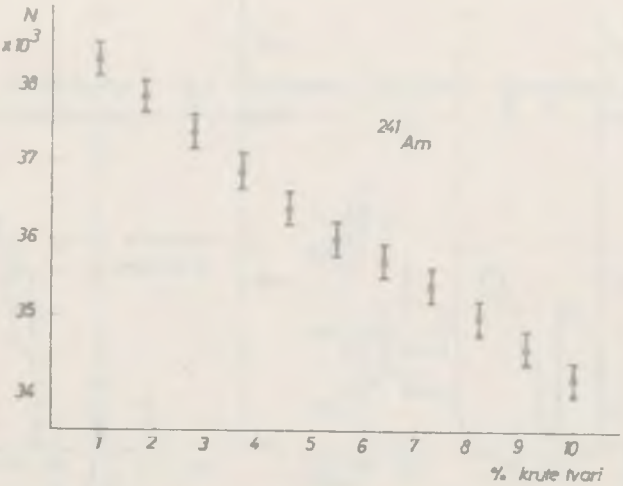
b) Detekcija s poluvodičkim detektorom

Korišten je poluvodički Ge(Li) detektor od 20 cm^3 proizveden u Institutu "Boris Kidrič" uz elektronički sistem firmi Ortec i Laben te izvor ^{241}Am (60 keV, 10 μCi). Shema ovog sistema dana je na sl. 5.



Sl.5. Shema sistema s poluvodičkim detektorom

Vodeni atenuator, koji je ovdje odabran, dvaput je deblji (5 cm) od optimalnog radi lakšeg rukovanja kod mijenjanja gustoće atenuatora. Umetanjem aluminijskih folija u posudu s vodom kroz koju bočno prodire snop fotona mijenjala se gustoća atenuatora dok mu je širina ostajala ista. Na slici 6. prikazani su dobiveni rezultati. Na apscisi je težinski postotak krute tvari u vodi, a na ordinati pridruženi izbroj u 100 sekunda.



Sl.6. Ovisnost atenuacije o gustoći atenuatora

U slici su označene samo statističke pogreške.

Analiza rezultata

Slika 4. pokazuje da je povećanje debljine vodenog atenuatora od 5 % praćeno atenuacijom od 3 % detektiranog fotovrha u slučaju 670 keV-skih gama zraka radioaktivnog ^{137}Cs. Pri tome je statistička pogreška ostvarenog pojedinog izbroja približno za red veličine manja od utvrđene razlike u izbroju. Analogni efekt u slučaju radioaktivnog ^{60}Co upola je slabiji, što je i razumljivo jer je prag u amplitudnoj analizi postavljen tako da se detektiraju oba fotovrha gama zraka od 1170 keV-a i 1330 keV-a. Pri tome nije potpuno eliminiran doprinos Comptonski raspršenih fotona od 1330 keV-a na atenuatoru. Za promatrani tehnološki proces pouzdana detekcija od 5 % promjene debljine atenuatora smatra se dovoljnom ako postignuti vremenski interval između dobivanja dviju uzastopnih informacija nije duži od 5 sekunda. Iz podataka o eksperimentu lako se zaključuje da je u slučaju 2"x2" scintilacionog detektora potreban izvor ^{137}Cs jakosti reda veličine 100 μCi, da se zadovolje ovi zahtjevi kod 10 cm debelog atenuatora proizvodne suspenzije.

Na slici 6. se vidi da je u slučaju radioaktivnog ^{241}Am praćenje promjena gustoće atenuatora detektiranom atenuacijom fotovrha potpuno vjerno. U ovom slučaju utjecaj nesigurnosti postavljenog praga u amplitudnoj analizi praktički nema efekta. Iz eks-

perimentalnih podataka računom se procjenjuje da je potreban izvor jakosti 200 μCi, da se zadovolje uvjeti koje postavlja promatrani tehnološki proces.

Izneseni primjeri pokazuju da se primjenom kristalnog detektora za detekciju elektromagnetskog zračenja i korištenjem amplitudne analize može postići zadovoljavajuća točnost brzog praćenja gustoće materijala na osnovi atenuacije gama zraka mnogo manjeg intenziteta nego kod metode s plinskim detektorom i kolimiranim snopom. Metoda amplitudne analize s kristalnim detektorom omogućava da se uspješno primijenjuje radioaktivni izvor u pravilu dva do tri reda veličine manje jakosti. Uspješno korištenje ovoliko slabijih radioaktivnih izvora predstavlja za radno osoblje mnogo manju opasnost.

ON THE PROBLEM OF GAMA-RADIATION INTENSITY MINIMIZATION IN INDUSTRIAL APPLICATION

An improved method for absorber density variation measurement is described and its industrial application, particularly in cement industry is considered. In this method only photo peak is analysed, so that the background of Compton scattering is eliminated and consequently there is no need for beam collimation. The crystal counters and uncollimated beam enable the use of considerably (for two or three orders of magnitude) weaker sources than in other known methods.

LITERATURA

(1) BOGAČEV M. et al. ... K teorii metoda izmerenija tolščini pri pomošči radioaktivnogo izlučenija, Zavodskaja laboratorija, 7(1) 1955.

(2) DRAGNIĆ I. ... Radioaktivni izotopi i zračenja, Vol.III (171) 1963., Naučna knjiga, Beograd.

(3) TUDORIĆ J. et al. ... Brzo određivanje gustoće suspenzije za izradu azbestno-cementnih proizvoda na osnovi atenuacije gama zračenja, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Prilog izvještaja Savjetu za naučni rad SRH za 1972.god., Split, 1972.

(4) BRAESTRUP B. ... Radiology, 46(385) 1946.

(5) MORGAN Z. ... J.Appl.Phys., 19(593) 1948.

(6) MORRISON A. ... Nucleonics, 5(6) 1949.

(7) EVANS R. ... Nuc.Sci.Ser.Rep., 11,1954.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari od 22. do 26. oktobra 1973.

Ćirić Vladimir, magistar fizike

Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije, Beograd

RAČUNANJE DOZA NAKNADNIH NEUTRONA ZA VAZDUŠNU NUKLEARNU EKSPLOZIJU[1]

Rezime. Biološko dejstvo neutrona, koje emituje nuklearna (fisiona) eksplozija, zavisi od spektra energije i integralnog broja neutrona koji dospevaju na površinu zemlje. U radu je prikazan postupak teorijskog proračuna fluksa naknadnih neutrona, odnosno doza, na različitim rastojanjima od centra eksplozije. Obraćena je posebna pažnja doprinosu naknadnih neutrona, uzimajući u obzir uticaj šupljine koja se javlja oko centra eksplozije. Priloženi su numerički podaci o nivoima doza naknadnih neutrona za rastojanja od 400 do 1000 metara za vazdušnu nuklearnu eksplozivu snage 20 KT.

Uvod

U radu[1] su obrađeni fluksevi i doze trenutnih i naknadnih (zadocnelih) neutrona. Za izračunavanje fluksova i doza, energetski spektar trenutnih neutrona je podeljen na 10 intervala. Srednje vrednosti energetskih intervala E_7, E_8, E_9 i E_{10} za naknadne neutrone obuhvataju energetske grupe naknadnih neutrona. Ovi energetski intervali istovremeno predstavljaju deo spektra trenutnih neutrona. Isto obeležavanje energetskih intervala, za trenutne i naknadne neutrone, je uzeto zbog toga, da bi se mogli upoređivati fluksevi odnosno doze istih, u datom energetskom intervalu.

Izvor naknadnih neutrona

Naknadni neutroni potiču od produkata fisije u prvom minutu posle eksplozije ili od materijala bombe, ali ne više od nekoliko procenata od trenutnih neutrona. Naknadni neutroni, koji nastaju posle raspršivanja omotača nuklearne bombe, prostiru se u vazduhu bez slabljenja, za razliku od trenutnih koji bivaju slabljeni omotačom bombe.

Naknadne neutrone karakterišu nekoliko osobina, a to su:

- Naknadni neutroni potiču iz fragmenata fisije i ozračenog materijala trenutnim neutronima
- Emiteri naknadnih neutrona su razni produkti fisije, koji emituju neutrone različitih energija
- Spektar naknadnih neutrona je sastavljen iz više grupa, koje su date u Tabl. br. 1
- Emisija i prostiranje naknadnih neutrona traje nekoliko desetina sekundi, posle nuklearne eksplozije
- Izvor naknadnih neutrona se uzima da je ljuska sfernog oblika, što će biti detaljnije objašnjeno
- Ukupan broj naknadnih neutrona se izračunava po obrascu

$$\beta = \left(\frac{n}{F}\right)\bar{\nu}^{-1} \qquad (1)$$

gde (n/F) predstavlja prinos naknadnih neutrona po jednoj fisiji, koji za U-235 iznosi 0,0165 (Tabl. br. 1); $\bar{\nu}$ je srednji broj neutrona emitovan po jednoj fisiji[2] i iznosi 2,56; zamenom (n/F) i $\bar{\nu}$ u obrascu (1) dobija se da je β =0,0064

TAB. br. 1

Karakteristike naknadnih neutrona fisijom U-235 brzim neutronima

Vreme poluraspada (sec)	Energija (Mev)	Apsolutni prinos po jednoj fisiji
54,51	0,25	0,00063
21,84	0,56	0,00351
6,00	0,43	0,00310
2,23	0,62	0,00672
0,496	0,42	0,00211
0,179	-	0,00043
Ukupno:		n/F = 0,01650

- Srednja vrednost vremena poluraspada svih grupa naknadnih neutrona iznosi $\overline{t_{1/2}}$ = 8,83 sec.

- Broj emitovanih naknadnih neutrona u jedinici vremena dat je izrazom

$$N(t) = \lambda . N_0 . e^{-\lambda t} \qquad (2)$$

gde je N_0 broj jezgara koji će u vremenu od t=0 do $t \to \infty$ emitovati N_0 neutrona.

- Ukupna količina naknadnih neutrona oslobođenih iz fragmenata fisije dobija se integraljenjem izraza (2), pa sledi

$$N_1 = N_0 . (1 - e^{-\lambda t}) \qquad (3)$$

gde je N_0 ukupan broj naknadnih neutrona, λ srednja vrednost konstante raspada, t je vreme za koje se posmatra proces nastajanja naknadnih neutrona i N_1 je broj ukupno emitovanih neutrona do trenutka t. Stavljanjem da je $t = 10 . \overline{t_{1/2}}$, dobija se da je $N_1 \approx N_0$.

Prostiranje naknadnih neutrona kroz vazdušnu sredinu

Posle vazdušne eksplozije nuklearne fisione bombe, gustina vazduha se naglo smanjuje postepenim približavanjem centru eksplozije. Može se smatrati da se u prvom trenutku obrazuje oštro ograničena šupljina u centru eksplozije. U šupljini je gustina vazduha zanemarljiva u poređenju sa atmosferskom. Veličina šupljine[3] zavisi od snage i vremena eksplozije. Poluprečnik šupljine a(t) se povećava od nule do a_0, koji je sa snagom eksplozije povezan odnosom[3]

$$a_0 = k . \sqrt[3]{E_{KT}} \qquad (4)$$

Za E = 20 KT, $k \approx 100$. Pri većim snagama eksplozije $k < 100$. U našem slučaju imamo

$$a_0 = 100 . \sqrt[3]{20} = 2,71 . 10^4 \ [cm]$$

Objašnjenje nastajanja šupljine sastoji se u sledećem: vazduh se zagreva oko centra eksplozije do visokih temperatura; pri snažnom udarnom talasu sav vazduh je skoncentrisan u malom području primičući se ka čelu talasa. Dimenzije ove oblasti se celo vreme povećavaju. Posle prolaza udarnog talasa

i uspostavljanja početnog pritiska vazduha, šupljina se održava s malom gustinom, jer vazduh unutar nje ostaje zagrejan. S povećanjem vremena i radiusa fronta talasa, pritisak na frontu se smanjuje, udarni talas se degeneriše, vazduh se delimično vraća ka centru eksplozije. Pošto je u centru eksplozije temperatura od ranije visoka, to se šupljina s malom gustinom vazduha održala.

Pored širenja, šupljina se podiže uvis. Podizanje šupljine se u početku određuje silom potiska, koja glasi

$$(\rho + \frac{1}{2}\rho_0)\cdot \frac{dv}{dt} = g(\rho - \rho_0) \qquad (5)$$

gde je ρ_0 - gustina vazduha u normalnim uslovima; ρ - gustina vazduha unutar šupljine; g - ubrzanje zemljine teže; v se izračunava iz izraza v = 16·t (m/sec).

Pojava šupljine je od značaja pri razmatranju prostiranja fragmenata fisije odn. naknadnih neutrona u prvim sekundama posle eksplozije.

Naknadni neutroni nastaju posle raspršivanja omotača nuklearne bombe i prostiru se u vazduhu bez slabljenja za razliku od trenutnih, koji bivaju slabljeni omotačem bombe. Za prvih 10 sec. emituje se više od 80% svih naknadnih neutrona. Pojava šupljine oko centra eksplozije takođe olakšava prostiranje naknadnih neutrona na veća rastojanja. Pri prolazu kroz ovu šupljinu naknadni neutroni se skoro ne oslabljuju vazduhom, dok trenutni neutroni uspevaju da prođu pre nastanka šupljine. Prema tome postojanje šupljine povećava udeo naknadnih neutrona na velikim rastojanjima.

Naknadni neutroni nastali u nuklearnoj eksploziji počinju da se šire radijalno na sve strane, uz istovremeno rasejavanje i apsorpciju od strane sredine. S obzirom na raznovrsnost promena s energijom neutrona i presekom za različite procese, tačan opis sudbine neutrona predstavlja teškoć problem ako se ne pribegne uprošćavanju.

Osnova na kojoj se zasniva razmatranje pojava nastalih u sredini oko nuklearne eksplozije, predstavljaće teorija nuklearnog lančanog reaktora. Za ovu teoriju je usvojen princip konservacije ili ravnoteže neutrona. Koristeći ovaj princip data je prosta metoda proračuna ponašanja neutrona u materiji - teorija difuzije. Neutroni, koji su dovoljno difundovali kroz sredinu bez znatnije apsorpcije, gube svoju brzinu zbog sudara sa jezgrima sredine i to u procesu elastičnog rasejanja. Proces neelastičnog rasejanja se neće razmatrati, jer se neutroni za datu energiju naknadnih neutrona rasejavaju uglavnom elastično na lakim i srednjim jezgrima sredine.

Neutroni se individualno različito ponašaju, čak i ako potiču od istog izvora, pa neće imati iste energije posle izvesnog vremenskog intervala od njihovog nastanka, tj. iako svi oni počinju s istom energijom E_0 i difunduju u istu sredinu i u otsustvu apsorpcije.

Prostorna raspodela neutrona različitih energija, kao rezultat difuzije za vreme procesa usporavanja neutrona, predstavlja se približnim rešenjem ovog zadatka pomoću "staro-sne teorije". Prema ovoj teoriji proces usporavanja razmatra se kao kontinualno smanjenje energije neutrona, što predstavlja dosta dobru aproksimaciju pri rasejanju veće količine neutrona na ne sasvim lakim i teškim jezgrima.

Dovođenjem u vezu jednačinu difuzije sa modelom kontinualnog usporavanja, ako ne postoji apsorpcija neutrona, dobija se "Fermijeva starosna jednačina", koja glasi

$$\nabla^2 q = \frac{\partial q}{\partial \tau} \qquad (6)$$

gde je q-gustina usporavanja, a τ - starost neutrona.

Neutroni izašavši iz šupljine stupaju u interakciju sa jezgrima atoma, koji sačinjavaju vazduh. Uzeto je da vazduh ima 79% azota atomske mase 14 i gustine $4,3 \cdot 10^{19}$ at/cm^3 i 21% kiseonika atomske mase 21 i gustine $1,07 \cdot 10^{19}$ at/cm^3. Vrsta

interakcije zavisi od vrste elementa i energije neutrona. Teorija starosti je primenljiva u slučaju:

- ako je presek apsorpcije za neutrone, koji se usporavaju, mali u poređenju sa presekom rasejanja, tj.
- srednja slobodna putanja rasejanja neutrona se sporo menja u sredini, sa promenom energije E.

Izmena spektra naknadnih neutrona
sa rastojanjem od centra eksplozije

Rešenje problema prostiranja i difuzije naknadnih neutrona u vazduhu, razlikuje se od rešavanja istog problema za trenutne fisione neutrene. Kod rešavanja prostiranja naknadnih neutrona uzimaju se u obzir sledeće bitne veličine:

1. Energije osnovnih grupa naknadnih neutrona su definisane i iznose 0,25 - 0,62 Mev-a (Tab. br. 1.). Srednja vrednost ovih energetskih grupa iznosi 0,55 Mev-a.

2. Problem prostorne raspodele naknadnih neutrona može se rešavati kao problem sa monoenergetskim izvorom.

3. Pojava šupljine kod vazdušne nuklearne eksplozije znatno utiče na prostiranje naknadnih neutrona, jer je unutar nje gustina vazduha zanemarljiva u poređenju sa atmosferskom.

4. Pod dejstvom sile potiska šupljina se podiže uvis, pri čemu će brzina i visina podizanja zavisiti od energije eksplozije. U našem računu nije uzeto u obzir dejstvo sile potiska, zato što se ne posmatra fluks i doza u relativno dužem vremenskom periodu (tj. duže od 2 sec.).

5. Starost naknadnih neutrona se izračunava po obrascu:

$$\tau_{7,j} = \frac{1}{3 \cdot \bar{\xi} \cdot \sum_{s(7,j)}^{2(vasd)} (1 - \cos\theta)} \cdot \ln \frac{E_7}{E_j} \qquad (7)$$

sa ulaznim podacima, koji su dati u Tab. br. 2.

TAB. br. 2

Makroskopski presek za vazduh $\sum_{s(i,j)}^{vazd.}$ $[cm^{-1}]$

	E_8	E_9	E_{10}
	300 Kev	50,05 Kev	50,1 ev
$E_i = E_7 = 600$ Kev	$14,93 \cdot 10^{-5}$	$18,47 \cdot 10^{-5}$	$25,57 \cdot 10^{-5}$

gde je: $i = 7$

$j = 8 - 10$

$E_i = 600$ Kev

$\xi = 0,133 = const.$

$(1 - \cos\theta) = 0,954 = const.$

Srednja vrednost sedmog energetskog intervala (E_7) iznosi 600 Kev. Pošto srednja vrednost svih energetskih grupa naknadnih neutrona iznosi 550 Kev, usvojeno je da ta vrednost bude vrednost sedmog energetskog intervala. Razlika od 50 Kev u računu je zanemarena.

Za opisivanje prostorbe raspodele naknadnih neutrona upotrebljava se izraz za gustinu usporavanja[4], koji glasi:

$$q_{i,j} = \frac{e^{-\frac{(r-a_0)^2}{4\tau_{i,j}}}}{4a_0 r\sqrt{\pi^3 \cdot \tau_{i,j}}} \left\{ 1 - \frac{\sqrt{\pi \tau_{i,j}}}{a_0} \cdot e^{\left(\frac{r-a_0}{2\sqrt{\tau_{i,j}}} + \frac{\sqrt{\tau_{i,j}}}{a_0}\right)^2} \cdot \left[1 - erf\left(\frac{r-a_0}{2\sqrt{\tau_{i,j}}} + \frac{\sqrt{\tau_{i,j}}}{a_0}\right) \right] \right\} \qquad (8)$$

Ovaj izraz je izveden na osnovu modela koji je poznat u fizici nuklearnih reaktora. Gornji izraz je složeniji od izraza za gustinu usporavanja trenutnih neutrona. Bitne karakteristike ovog izraza su sledeće:

- Izraz za naknadne neutrone karakteriše šupljina poluprečnika a_0. Izvor neutrona je dat u obliku ljuske čiji je po-

luprečnik jednak poluprečniku šupljine. Stoga u izrazu (8) figurišu članovi a_o i $(r-a_o)$, čija se numerička vrednost dobija na osnovu obrasca (4) i iznosi a_o = 271 m.

-Izvor naknadnih neutrona je uzet u aproksimaciji da je monoenergetski, srednje energije E = 0,55 Mev. Zbog toga u izrazu za gustinu usporavanja naknadnih neutrona $q_{i,j}$ ne figuriše član za spektar trenutnih neutrona

- U izrazu (8) figuriše član erf, koji se odnosi na funkciju greške.

Izračunavanje fluksa naknadnih neutrona

Fluks naknadnih neutrona se izračunava po obrascu

$$\Phi_j = \frac{N_i \cdot q_{i,j}}{5 \cdot \sum_{s(i,j)}} \cdot \ln \frac{E_i}{E_j} \qquad (9)$$

gde N_i predstavlja ukupan broj naknadnih neutrona u trenutku t, počev od vremena t_o = 0 sec., kada isti počinju da se oslobađaju. Zavisnost N_i od vremena t je data obrascem (3). Pošto broj emitovanih neutrona u jedinici vremena nije konstantan, potrebno je izračunati ukupan broj naknadnih neutrona N_o odnosno izvor naknadnih neutrona. Ovaj broj se dobija iz izraza

$$N_o = N_s \cdot \beta \qquad (10)$$

gde je N_s broj trenutnih neutrona nastalih u nuklearnoj eksploziji, dok je β definisano izrazom (1). Prema tomo

$$N_o = 4{,}68 \cdot 10^{24} \cdot 0{,}0064 = 2{,}995 \cdot 10^{22}$$

Integralni fluks naknadnih neutrona se dobija sabiranjem flukseva po energetskim intervalima, tj.:

$$\Phi = \sum_{j=8}^{10} \Phi_j \qquad (11)$$

Numerički podaci za integralni fluks naknadnih neutrona su dati u Tabl. br. 3.

Izračunavanje ekvivalent doze naknadnih neutrona

Sva razmatranja kao i proračun odnosi se na ekvivalent dozu(DE). Izračunavanje DE se vrši prema formuli

$$DE = D \cdot QF \qquad (12)$$

gde je D apsorbovana doza, izražena u Rad-ima, a QF je faktor kvaliteta (kakvoće). Jedinica za merenje ekvivalent doze je rem.

Za određivanje ekvivalent doze naknadnih neutrona potrebno je imati sledeće podatke:

- fluks naknadnih neutrona u funkciji energije E (n/cm^2),
- faktor konverzije fluksa neutrona u apsorbovanu dozu ($rad/n/cm^2$) i QF faktor, ili
- faktor konverzije fluksa neutrona u ekvivalent dozu u funkciji energije neutrona ($rem/n/cm^2$).

Izračunavanje apsorbovane doze D vrši se direktno iz fluksa naknadnih neutrona (n/cm^2) pomoću faktora konverzije, tj.

$$D_j = \Phi_j \cdot FK_j \qquad (13)$$

Faktor konverzije (FK) se definiše kao doza u rad-ima koju daje jedan neutron po cm^2 određene energije. Integralna apsorbovana doza naknadnih neutrona D se izračunava po formuli

$$D = \sum_{j=8}^{10} D_j \qquad (14)$$

Ekvivalent doza naknadnih neutrona se izračunava na osnovu numeričkih podataka za apsorbovanu dozu i faktor kvaliteta, a prema formuli

$$DE_j = D_j \cdot QF_j \qquad (15)$$

Integralna ekvivalent doza naknadnih neutrona se izračunava po formuli

$$DE = \sum_{j=8}^{10} DE_j \qquad (16)$$

Numerički podaci za integralnu ekvivalent dozu naknadnih neutrona, u funkciji vremena, su dati u Tabl. br. 3.

Faktori konverzije ili njihove recipročne vrednosti se nalaze u literaturi kao numerički ili grafički podaci u funkciji energije. Isto tako faktor konverzije je dat kao funkcija predenog rastojanja (cm) za određenu sredinu kroz koju prolaze neutroni. U literaturi je faktor konverzije dat u obliku grafika

kao funkcija rastojanja (dubina tkiva), pri čemu je energija parametar rastojanja; te su poznate Snyder-ove krive[5].

TAB. br. 3

Integralni fluks i integralna ekvivalent doza naknadnih neutrona u funkciji rastojanja i vremena

Vreme t_i (sec)	Rastojanje od CE (m)	Integralni fluks (n/cm^2)	Integralna ekvivalent doza (rem)
0,2	400	1,889/+10	2,251/+02
	600	1,967/+09	1,350/+01
	800	1,286/+08	6,081/-01
	1000	3,738/+06	1,671/-02
0,5	400	4,662/+10	5,558/+02
	600	4,857/+09	3,332/+01
	800	3,178/+08	1,501/±00
	1000	9,230/+06	4,126/-02
1	400	9,129/+10	1,088/+03
	600	9,513/+09	6,526/+01
	800	6,227/+08	2,910/±00
	1000	1,806/+07	8,077/-02
1,5	400	1,440/+11	1,716/+03
	600	1,499/+10	1,028/+02
	800	9,822/+08	4,641/±00
	1000	2,849/+07	1,273/-01
2	400	1,758/+11	2,095/+03
	600	1,830/+10	1,256/+02
	800	1,198/+09	5,663/±00
	1000	3,479/+04	1,555/-01

Pri izboru faktora konverzije uzeta je vrednost sa grafika za najmanja rastojanje, tj. najmanju dubinu tkiva, koje iznosi oko 6 mm ispod površine kože. Na ovoj dubini se nalaze ze vrlo važni krvni sudovi. Numerički podaci faktora konverzije su približno maksimalne vrednosti ordinata datih krivih. Ako se uzme srednja vrednost funkcije faktora konverzije za određenu energiju Snyder-ove krive, dobija se manja vrednost ekvivalent deze. Stvarna ekvivalent doza koju primi živi organisam (na pr. čovek) biće manja, jer interval faktora konverzije, za neke e-

energije obuhvata i do dva reda veličine za dubinu tkiva od 30 cm. Ako se uzme srednja vrednost funkcije faktora konverzije za određenu energiju, dobija se manja ekvivalent doza. Na ovaj način se vrši samo procena doze i to približno maksimalne vrednosti, koje su od interesa s aspekta zaštite.

Na osnovu Snyder-ovih krivih, podataka iz literature za QF faktor, kao i na osnovu obrasca

$$FK' = FK \cdot QF \qquad (17)$$

izračunat je faktor konverzije FK' za ekvivalent dozu, u zavisnosti od energije.

Pored toga faktor konverzije (FK') integralnog fluksa naknadnih neutrona u integralnu ekvivalent dozu (DE), izračunava se po obrascu

$$FK' = \frac{DE}{\Phi} \qquad (18)$$

Numerički podaci faktora konverzije FK' su dati u Tabl. br. 4.

TAB. br. 4

Faktori konverzije i QF faktor naknadnih neutrona izračunati iz integralne doze i integralnog fluksa

Rastojanje r od CE (cm)	Faktor konverzije integralnog fluksa u integralnu ekvivalent dozu (FK') (rem/n/cm^2)	Faktor kvaliteta (QF)
400	1,192/-08[x]	8,9
600	6,860/-09	7,7
800	4,729/-09	6,7
1000	4,471/-09	6,5

x Obeležavanje eksponenta na kompjuteru, što se u običnom pisanju izražava na sledeći način

$$1,192/-08 = 1,192 \cdot 10^{-8}$$

Na isti način se obeležava i pozitivni eksponent, tj.: $+08 = 10^{8}$.

Upoređivanje fluksa i doze trenutnih sa naknadnim neutronima

Radi dobijanja očiglednije predstave o veličini integralnog fluksa, odnosno integralne ekvivalent dose naknadnih neutrona, u Tabl. br. 5 su dati odgovarajući podaci iz literature za trenutne neutrone[6].

TAB. br. 5

Inegralni fluks i integralna ekvivalent doza trenutnih neutrona

Rastojanje od CE (m)	Integralni fluks za 20 KT (n/cm^2)	Integralna ekvivalent doza (rem)
400	1,2/+14	1,4/+05
600	2,0/+13	2,8/+04
800	4,0/+11	5,0/+03
1000	8,6/+11	1,4/+03

Kod upoređivanja odgovarajućih veličina potrebno je imati u vidu da su integralni fluks i integralna ekvivalent doza u ref.1 izračunati samo u trajanju do t = 2 sec. Ukupna vrednost ovih veličina moguće je dobiti tek za $t = 10 \cdot \overline{t}_{1/2}$ odn. za oko 88 sec.

Namera je autora da uporedi flukseve i doze trenutnih odn. naknadnih neutrona u trenutku eksplozije odn. za vrlo kratko vreme posle eksplosije (t=2 sec.) jer je malo verovatno da se za tako kratko vreme mogu preduzeti neke posebne mere zaštite od naknadnih neutrona.

Komentar o veličini integralnog fluksa odn. integralne ekvivalent doze naknadnih neutrona dat je u zaključku.

Zaključak

Doprinos fluksa odn. ekvivalent doze naknadnih neutrona ukupnom fluksu odn. ekvivalent dozi trenutnih i naknadnih neutrona je zanemarljiv jer iznosi svega oko 0,01%. Međutim, značaj fluksa odn. ekvivalent doze naknadnih neutrona je važan sa

definisanja parametara zaštite za skloništa, kao i uslova boravka i smeštaja živih bića, elektronskih uređaja i drugih predmeta osetljivih na neutrone.

Abstract

CALCULATION OF THE DELAYED NEUTRON DOSES FOR AN AIR NUCLEAR BOMB EXPLOSION

The biological effect of neutrons emitted by nuclear (fission) explosion depends on the energy spectrum and the integral number of neutrons reaching the ground scurface.

A procedure for the theoretical calculation of the delayed neutron flux, i.e. doses at different distances from the centre of explosion (CE), is presented. The yield of delayed neutrons has been considered particularly, taking into account the effect of the hole which appears around the centre of explosion.

Numerical data on neutron fluxes and the level of doses as a function of slant range of 400 - 1000 m for an air burst of 20 KT are given.

Reference

1 - ĆIRIĆ V., Energetski spektar i ukupni intenzitet neutrona u funkciji rastojanja od mesta eksplozije fisione nuklearne bombe - Magistarski rad; Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb, maj 1971.

2 - KEEPIN G.R., WIMETT T.F., ZEIGLER R.K., Delayed neutrons from fissionable isotopes of Uranium, Plutonium and Thorium; Los Alamos Scientific laboratory, LA-2118

3 - ZAMPOLJSKIJ P.A., Nejtroni atomnogo vzryva, Gosatomizdat, 1961., Moskva

4 - WALLACE P., Neutron distributions in elementary difussion theory; Nucleonics, February 1949., March 1949.

5 - Protection against Neutron Radiation up to 30 Million Electron Volts, NBS Handbook 63, 1957.

6 - GLASSTONE S., Editor, The effects of nuclear weapons, Revised edition, 1964., US Government Printing Office, Washington 25, D.C.

VII jugoslovenski simpozijum iz radiološke zaštite
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Miodrag Jeremić, Miloš Kilibarda, Dušan Panov, Budislava Marković i Slobodan Savić
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije "Dr. Dragomir Karajović" - Beograd

ZDRAVSTVENO STANJE LICA AKCIDENTALNO OZRAČENIH VISOKIM DOZAMA NEUTRONSKOG I GAMA ZRAČENJA NA NULTOM REAKTORU U VINČI, PETNAEST GODINA POSLE OZRAČENJA

Rezime

U saopštenju se prikazuju rezultati kliničkih i laboratorijskih ispitivanja pet preživelih lica koja su 15. oktobra 1958. godine akcidentalno ozračena visokim dozama neutronskog i gama zračenja na Nultom reaktoru u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči. Rezultati ovih ispitivanja ukazali su na sledeće: u svih lica konstatovani su znaci neurasteničnog sindroma; u dva lica konstatovana je katarakta, posle latentnog perioda od deset godina, a u dva lica diskretna zamućenja na zadnjem polu oba sočiva; učestalost hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi znatno je veća u odnosu na kontrolnu grupu (4,3% do 10% prema 2,3%); ni kod jednog lica nije konstatovana maligna alteracija hematopoetskih organa.

Uvod

15. oktobra navršilo se petnaest godina od akcidenta na Nultom reaktoru u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči kojom prilikom je, kao što je poznato, došlo do akutnog ozračivanja osam lica zaposlenih na radu oko reaktora. Šest lica, koja su se nalazila u neposrednoj blizini reaktora, primilo je visoke doze neutronskog i gama zračenja, dok su dva lica koja su se nalazila na nešto većem rastojanju pri-

mila mnogo manje doze, ali znatno veće od dopustivih (1). Medju šestoro lica ozračenih visokim dozama jedno lice primilo je supraletalnu dozu, četiri letalnu i jedno subletalnu dozu. Prema rezultatima Jammet-a i sar. (2,3) pojedinačno primljene doze bile su sledeće:

V	1.000 - 1.200 rem-a
M	700 - 1.000 rem-a
G	700 - 1.000 rem-a
D	700 - 1.000 rem-a
H	600 - 800 rem-a
B	300 - 500 rem-a

Procenjena doza koju su primila dva lica ozračena manjim dozama bila je ispod 50 rem-a (4).

Odmah posle akcidenta ozračeni su prebačeni u Institut za medicinu rada u Beogradu gde im je pružena prva medicinska pomoć. Dva dana docnije šestoro najteže ozračenih transportovano je avionom u bolnicu Kiri u Parizu gde su na ispitivanju i lečenju proveli oko četri meseca, dok su dva lica, ozračena manjim dozama, ostala pod opservacijom stručnjaka Instituta za medicinu rada i nisu podvrgavana daljem medicinskom tretmanu.

Kod svih šest lica ozračenih visokim dozama, posle faze inicijalnog šoka i latentnog perioda od dve do tri sedmice, razvila se teška slika akutne radijacione bolesti. Najteže ozračeni (V), podlegao je bolesti trideset drugog dana posle ozračenja, zbog visceralnih komplikacija, dok su ostali (M,G,D,H i B) preživeli. U toku lečenja u Parizu svi ozračeni. izuzev B, primili su transfuziju koštane srži. Posle lečenja u Parizu i višemesečnog klimatskog oporavka na Iriškom Vencu oni su, većinom, proveli na bolovanju još oko godinu dana, a zatim produžili svoju profesionalnu delatnost, van zone dejstva jonizujućih zračenja. M radi kao diplomirani fizičar, stručni saradnik za nuklearnu fiziku u Saveznom zavodu za medjunarodnu tehničku saradnju, a ostali u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči: G kao diplomirani fizičar u Laboratoriji za fiziku čvrstih tela, H kao diplomirani matematičar u Laboratoriji za toplotnu fiziku, B kao elektronski tehničar, a D kao službenik bez odredjenog radnog mesta. Svi su oni proglašeni invalidima rada

III kategorije po članu 46. Osnovnog zakona o invalidskom osiguranju, po kome članu je invalidnost nastupila kao posledica nesreće na poslu.

Naša je namera da u ovome saopštenju iznesemo rezultate kliničkih i laboratorijskih ispitivanja petoro preživelih lica, petnaest godina posle ozračenja.

Ispitivanja su obavljena ambulantno u toku 1972. i 1973. godine u Dispanzeru za radijaciona oštećenja Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr. Dragomir Karajović" u Beogradu, izuzev B koji je ispitivan stacionarno u toku 1970. godine u Kliničkom odeljenju iste ustanove.

U toku ispitivanja naročito pažnja obraćena je na sledeće elemente:

- subjektivne tegobe
- analizu uobličenih elemenata periferne krvi
- analizu hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi
- oftalmološki nalaz i
- neuropsihijatrijski nalaz.

Subjektivne tegobe

Medju subjektivnim tegobma kod svih ispitanih dominiraju: čest osećaj zamora, malaksalost i povremene nesvestice. Pored navedenih tegoba, koje su karakteristične za sve, većina od njih ima i druge izrazite smetnje. B se žali na povremene glavobolje, uznemirenost i napade bezrazložnog straha, a duži niz godina pati od digestivnih smetnji koje su povremeno praćene gadjenjem i povraćanjem, a povremeno prolivom ili zatvorom. Zbog navedenih tegoba proveo je na bolovanjima više od jedanaest godina. G od 1958. godine ima povremene krize drhtanja koje traju do dva minuta, a često ima i pad krvnog pritiska. D se žali na izrazitu neravnu labilnost, a od pre godinu dana i na osećaj trnjenja u levoj ruci i levoj nozi. Jedan od ispitivanih u dva maha imao je duževremeni pad potencije. H od pre sedam godina slabije čuje na oba uva.

Analiza uobličenih elemenata periferne krvi

Rezultati laboratorijskih analiza uobličenih elemenata periferne krvi prikazani su na tabeli 1.

TAB. 1

	Ery	Hgb	Htc	L	leuk.formula	Tromb.	VK
M	4,080.000	12.0		5.900	52,14,-,30,4	310.000	2'30"
G	4,100.000	12.0	1.3	4.700	64,- ,-,32,4	280.000	1'30"
D	3,400.000	8.0	1.0	4.600	52,- ,-,46,2	280.000	1'45"
H	4,520.000	13.5	1.4	5.300	53,- ,-,44,3	310.000	3'00"
B	4.080.000	13.0		8.050	67,4 ,-,29,-	350.000	3'15"

Kao što se vidi iz prikazane tabele elementi crvene krvne loze nalaze se u granicama normale, izuzev kod D gde postoje znaci izražene hipohromne anemije. Prema podacima iz literature (5) znaci hipohromne anemije postojali su kod D i pre akcidenta.

Broj leukocita nalazi se takodje u granicama normale, izuzev kod G i D gde postoji izražena vrlo laka depresija bele loze i kod H gde su u protoplazmi leukocita zapažene toksične granulacije. U diferencijalnoj krvnoj slici zapažena su otstupanja od normalnih vrednosti kod M, D i H. Kod M je registrovana eozinofilija (Eo 14%), a kod D i H relativna limfocitoza (Ly 46% i 44%). Detaljnija ispitivanja uzroka eozinofilije i limfocitoze nisu vršena. Zapaženo je da je eozinofilija kod M postojala i pri ispitivanjima vršenim 1960. godine, a da u to vreme broj limfocita ni kod jednog od ispitivanih nije dostizao normalne vrednosti (5).

Broj trombocita i vreme krvavljenja nalaze se u granicama normale.

Analiza hromozomskih aberacija

Ispitivanja hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi obavljena su kod svih ozračenih lica. Ispitivanja su vršena po modofikovanoj Moorhead-ovoj metodi (9).

Rezultati ispitivanja prikazani su na tabeli 2.

TAB. 2

	Broj analiz. čel.	46	46	tetra ploid.	izohrom. lezija	acentr. fragm.	trans. lokac	dicen trič.	%str. hrom. prom.	Primedba
M	64	2	3	-	1	3	2	-	9,4	
G	7o	2	1	-	1	1	1	-	4,3	
D	66	1	2	-	3	3	-	-	9,o9	
B	4o	3	5	2	-	3	-	1	1o	
H						Kultura nije uspela				

Kao što se vidi iz tabele učestalost hromozomskih aberacija iznosila je 4,3% do 1o%. Kod kontrolne grupe učestalost je iznosila 2,3%. Kod ispitanika H kultura nije uspela, a kod B pregledan je mali broj ćelija. Vrste aberacija koje su nadjene bile su: izohromatidne lezije, acentrični hromozomi, acentrični fragmenti, translokacije i jedan dicentrični hromozom.

Oftalmološki nalaz

Oftalmološkim ispitivanjima koja su vršena više puta u toku prvih osamnaest meseci posle akcidenta nisu zapažene promene na očnom sočivu ni kod jednog ozračenog lica (5). Prema podacima iz literature (6), ni u toku sledećih nekoliko godina kod preživelih nisu registrovane slične promene. Oftalmološka ispitivanja koja su vršena od 1968. do 1972. godine u Kabinetu za ergooftalmologiju Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu (7,8) pokazala su, medjutim, sledeće: posle dužeg latentnog perioda, kod četri od petoro ispitivanih lica,

zapažene su promene na očnom sočivu. Kod H, koji se pod oftalmološkom kontrolom u ovoj ustanovi nalazi od 1967. godine, registrovana je Cataracta corticalis oba oka. Kod D je 1968. godine registrovana Cataracta corticalis posterior levog oka, dok su 1972. godine zapažena zamućenja i na zadnjem korteksu desnog oka. Kod M i B su 1968., odnosno 1969. zapažena diskretna zamućenja u zadnjem polu zadnjeg korteksa oba sočiva. Jedino kod G nisu zapažene nikave promene.

Neuropsihijatrijski nalaz

Neuropsihijatrijskim pregledom kod svih ispitivanih konstatovani su znaci neurasteničnog sindroma, izuzev B kod koga su konstatovani izraziti znaci psihoneuroze. Kod M je, neurološki, konstatovana lezija desnog ulnarnog nerva sa hipotrofijom muskulature desne podlaktice i šake, a kod D izgubljen osećaj taktiliteta na palcu leve noge.

Kod B, u toku stacionarnog ispitivanja, izvršeni su, pored navedenih i sledeći pregledi i analize: EEG, proteinogram, hepatogram, SGOT, SGPT, Fe^{++}, glikemija, urea, alkalna fosfataza, Na, K, Cl i faktori koagulacije. Sve vrednosti ispitivanih elemenata bile su u granicama normale.

Diskusija i zaključak

Rezultati kliničkih i laboratorijskih ispitivanja koja su obavljena petnaest godina posle akcidentalnog ozračivanja letalnim i subletalnim dozama kod pet preživelih lica, ukazali su nam na sledeće:

a) Kod ispitivanih lica zapaženi su znaci izraženog neurasteničnog sindroma. Činjenica da su ove promene uočene kod svih ispitivanih lica navodi nas na zaključak da ova pojava nije slučajna i da je treba tretirati kao funkcionalnu promenu nervnog sistema, posledicu nekadašnjeg akutnog ozračenja. Naš nalaz je u saglasnosti sa stanovištem sovjetskih autora (1o) koji medju kasne posledice ozračenja, pored drugih, ubrajaju i funkcionalnu disfunkciju vegetativno vaskularnog sistema i opštu astenizaciju.

b) Posle latentnog perioda od oko deset godina kod jednog lica registrovana je obostrana katarakta, kod jednog katarakta na jednom oku, dok su kod dva lica registrovana diskretna zamućenja u zadnjem korteksu oba sočiva. Nadjene katarakte, po svojoj lokalizaciji i kliničkoj slici, odgovaraju kataraktama izazvanim dejstvom jonizujućih zračenja, dok zamućenja u zadnjem korteksu sočiva zahtevaju dalje oftalmološko posmatranje. Rezultati ispitivanja pojedinih autora (6,1o) ukazuju da latentni period od momenta ozračenja do pojave katarakte iznosi od nekoliko meseci do najviše šest godina. Naše iskustvo, medjutim, pokazuje da ovaj period može da bude znatno duži.

c) Ispitivanje hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi pokazalo je da povećana učestalost hromozomskih aberacija postoji i dugi niz godina posle ozračenja, što je u saglasnosti sa ispitivanjima i drugih autora (11, 12).

d) Ispitivanjem uobličenih elemenata periferne krvi ni kod jednog lica nije konstatovana maligna alteracija hematopoetskih organa. Imajući u vidu dužinu latentnog perioda koja, prema većini autora, iznosi šest do osam godina (1o,13) malo je verovatno da se ovakve alteracije kod ispitivanih lica u budućnosti mogu očekivati.

HEALTH CONDITION OF PERSONS FIFTEEN YEARS AFTER THEY HAD BEEN ACCIDENTALLY IRRADIATED BY HIGH DOSES OF NEUTRON AND GAMMA RADIATIONS FROM ZERO POWER REACTOR IN VINCA

Summary

In the paper there are presented the results of clinical and laboratory investigations of five persons who had been accidentally irradiated by high doses of neutron and gamma radiations from Zero Power Reactor in the Institute of Nuclear Science "Boris Kidrič" in Vinča on October 15,1958.

The results of these investigations indicate to the following: all persons show signs of neurasthenic syndrome; two personare found to have cataract after latency period of ten years; two persons are found to have a slight opacity at the back pole of both lenses; the frequency of chromosome aberrations in the lymphocytes of peripheral blood is found to be considerably higher in relation to the control group (4,3% to 10% relative to 2,3); none of the persons show malignant alteration of hematopoetic organs.

Bibliografija

1. P.Savić, Bull.Inst.nucl. Sci.B.Kidrič, 9, 1 (1959)
2. H. Jammet et al, Rev. franc. Et. clin. biol., 4,210(1959)
3. G. Mathèal., Rev. franc. Et. clin. biol., 4, 226 (1959)
4. M. Jovanović, Bull. Inst. nucl. Sci. B.Kidrič, 1o,137(196o)
5. B. Radojičić, S.Hajduković, M.Antić, In: Diagnosis and treatment of acure radiation injury, WHO, Geneva, 1o5 (1961)
6. C. Haye, H. Jammet, M.A. Dollfus, In: L`oeil et les radiations ionisantes, Masson et Cie, pp. 235,241 Paris (1965)
7. S. Savić, M.Kilibarda, M.Jeremić, Health Physics, 19, 99 (197o).
8. S. Savić, M.Jeremić, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene, 3, 72 (1971)
9. P.S. Moorhead et al., Exp. cell. Res., 2o,613 (196o)
1o.A.K. Guskova, G. D. Bajsogolov, In: Lučevaja bolezna čeloveka, Medicina, Moskva pp. 15o-151 (1971)
11.W.M. Court-Brown et al., Lancet, 1, 1239 (1965)
12.M.S. Sasaki et al., Nature, 22o, 1189 (1968)
13.A. Lacassagne, In: Le grand pèril des radiations,pp.237 Paris (1958).

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU

OD ZRAČENJA

Kaštel Stari, 22. - 26. oktobra, 1973.

Ninković, M. M.

Institut "Boris Kidrič" - Vinča, Beograd

"FANTOM" AKCIDENT NA REAKTORU RA

Rezime: U radu su prikazani razvoj i efekti akcidenta koji se odigrao na reaktoru RA u Vinči, pri obavljanju izvesnih operacija na dehermetizovanom jezgru reaktora, oko 2,5 h po prestanku rada. Akcident se sastojao u kontaminaciji atmosfere, radnih površina i delimično osoblja, u unutrašnjosti zgrade reaktora. Najviši nivoi kontaminacije, koji su dostignuti ovom prilikom, bili su za oko 10-puta veći od maksimalno dozvoljenih.
Naknadnom analizom utvrdjeno je da su osnovni kontaminanti spoljne sredine bili kratkoživeći gasoviti fisioni produktir Kr - 88 i Xe - 138, kao i njihovi radioaktivni potomci Rb - 88 i Cs - 138 u formi aerosolnih kontaminanata.
Trajnijih posledica i potreba za posebnim intervencijama u akcidentu nije bilo, jer se radilo o relativno niskim stepenima akcidentalne kontaminacije. Akcident je odstranjen zatvaranjem izvora kontamimacije i samoiščezavanjem kontaminanta.

1. Uvod

Akcident, koji je predmet analize u ovom radu, odigrao se prilikom demontaže i transporta kanala sa kapsulom eksperimentalnog gorivnog elementa (1). Uredjaj o kome je reč bio je prethodno montiran u reaktoru radi ispitivanja. Neposredno po otpočinjanju eksperimenta, pri radu reaktora na snazi od 6,5MW, zapaženo je

neočekivano znatno povišenje nivoa zračenja u delovima eksperimentalnog uredjaja koji su se nalazili van aktivne zone reaktora. Na osnovu ove činjenice zaključeno je da je najverovatnije, došlo do prskanja košuljice ekperimentalnog gorivnog elementa i prodiranja fisionih produkata u sve dostupne delove eksperimentalnog sistema. Radi daljeg bezbednog rada reaktora bilo nužno da se eksperiment prekine i defektni uredjaj odstrani iz aktivne zone. Tako je isključinjeno (2).

Reaktor je zaustavljen istog dana u 17.30 h. Izvršene su neophodne pripreme i prethodna dozimetrijska merenja. Konačno otpočelo se sa demontažom eksperimentalnog uredjaja uz riguroznu dozimetrijsku kontrolu.

Rezultati pratećih dozimetrijskih merenja dati su u tabeli 1, a odnose se na sadržaj radioaktivnih gasova u vazduhu prostorija u kojima se radilo. Kako se može videti iz navedenih podataka, oko 21 h otkriveno je iznenadno povećanje koncentracije radioaktivnih gasova u vazduhu, koje je bilo oko 10 puta više od osnovnog fona. Istovremeno je zapaženo povećanje "fona" na svim mernim instrumentima u hali reaktora. Takodje je konstatovana kontaminacija poda hale reaktora u nivoima od oko 0,5 MDKP*. Merena je odmah koncentracija radioaktivnih aerosola u vazduhu pomoću sistema VR-4**. Na osnovu dobijenih podataka zaključeno je da se ova koncentracija kreće oko 0,5 MDKV ***, za nepoznatu smešu radiozotopa. Konstatovana je takodje kontaminacija odeće kao i otkrivenih delova tela (uglavnom kose), kod pojedinih članova radne ekipe.

Na osnovu svih prethodno izvršenih merenja sledio je nedvosmisleni zaključak, da je došlo do akcidentalne kontaminacije vazduha i površina u hali reaktora i susednim prostorijama.

---

*MDKP - maksimalno dozvoljena kontaminacija površina

**VR-4- aparatura sovjetske proizvodnje za merenje koncentracije aktivnosti radioaktivnih materijala u vazduhu

***MDKV-maksimalno dozvoljena kontaminacija vazduha

TAB.1.

Rezultati merenja sadržaja radioaktivnih gasova u vazduhu u toku akcidenta

Redni broj merenja	Vreme mer. (h)	Prostorija	Kratak opis posla koji je bio u toku	Rezultati merenja (arb.jed.)	Primedbe
1.	18,40	100	Prilikom prvog ulaska po zaustavljanju reakt.	fon	Kontrolno merenje
2.	19,45	100	Posle razdvajanja delova eksper. uredjaja od kanala	700	
3.	20,10	101	Isti uslovi kao u prethodnom slučaju	fon	
4.	20,30	99	Pred transport kanala sa kapsulom	fon	Predkontrola
5.	20,45	99	Kanal sa kapsulom spušten u čehol	650	Uzorak je uzet neposredno iznad vrha kanala
6.	20,55	110	Transport čehola sa eks. kanal. prema bazenima	600	
7.	21,10	101	Posle odlaganja čehola sa eksp. kanalom	2000	Kontrolno merenje

Napomena: Navedeni rezultati merenja predstavljaju relativne podatke o koncentraciji radioaktivnih gasova u vazduhu. Merenja su vršena sa "harmonika komorom" iz kompleta RV-4. - fon - označava pokazivanje komore, ispunjene sa "čistim" vazduhom, koje je iznosilo 250 arb.jed.

2. Stanje na reaktoru u trenutku konstatacije akcidenta

U trenutku konstatacije akcidenta kontaminacije, reaktorski sud je bio dehermetizovan (oko 20^h), na mestu demontiranog eksperimentalnog kanala. Eksperimentalni kanal je bio prebačen do mesta odlaganja. Ova operacija trajalajje približno pola sata, od 20,30 do $21,00^h$.

Svi ventilacioni sistemi, izuzev V-2*, su bili u stanju mirovanja. Ovakav režim ventilacije uspostavljen je oko $18,30^h$, pred sam početak demontaznih radova. U ovim poslovima neposredno je učestvovala ekipa koju su sačinjavali: 3 mehaničara, električar, dozimetrista i šef smene. Prisutni su bili načelnik reaktora i šef dozimetrijske službe, koji su direktno pratili najkritičnije delove ove operacije.

3. Ocena mogućih uzroka akcidenta

Prateći detaljno operaciju demotaže eksperimentalnog uredjaja i podatke kontrolnih dozimetrijskih merenja, zaključeno je da su mogla postojati samo dva uzroka akcidenta, odnosno dva izvora kontaminacije: 1. Eksperimentalni uredjaj sa naprslom kapsulom gorivog elementa, iz koga je moglo da dodje do curenja, fisionih produkata u spoljnu sredinu, usled čoše zaptivenosti, u procesu demontaže i transporta do basena za odlaganje. Kako se može videti iz dozimetrijskih merenje datih u tabeli 1, predpostavka o delimičnom curenju fisionih produkata je prihvatljiva. Medjutim, maksimalne koncentracije radioaktivnih gasova i aerosola u vazduhu detektovane su posle stokiranja eksperimentalnog uredjaja, iz čega se može zaključiti, da ovo, iako je mogao biti jedan od izvora, sigurno nije bio jedini.

V-2* - sistem specijalne ventilacije

2. Dehermetizovana aktivna zona reaktora. Posle demontaže eksperimentalnog uredjaja, dehermetizovana je aktivna zona. Time je stvorena mogućnostida radioaktivni gasovi i aerosoli prodru iz aktivne zone najpre u nadreaktorsku prostoriju - 100, a zatim se rasprostru po celoj reaktorskoj hali - 101. Ovo je bilo moguće, zbog toga što specijalni ventilacioni sistem V-2, koji izbacuje potencijalno kontaminirani vazduh iz prostorije 100, i time sprečava njegovo širenje po hali, nije dovoljno efikasan kada je ova prostorija potpuno otvorena za potrebe transporta. U ovom konkretnom slučaju, rasturanje kontaminanta po reaktorskoj hali bilo je posebno prouzrokovano činjenicama što je aktivna zona održavana u dehermetizovanom stanju znatno duže (oko 2^h) nego što je planirano (oko 10 min.), zbog neočekivanog zastoja pri montaži semi-kanala na mestu demontiranog eksperimentalnog uredjaja.

Prema razvoju akcidenta bilo je očigledno da je ovo jedan od osnovnih uzoraka kontaminacije. Nivo kontaminacije vazduha praktično je ostao konstantan do montiranja semi-kanala i zatvaranja aktivne zone reaktora, što je bilo okončano oko 23^h.

4. Posledice akcidenta

Kao što smo već rekli, u ovom akcidentu kontaminiran je vazduh i radne površine u rekatorskoj hali kao i deo hodnika sa zapadne strane hale. Nivoi kontaminacije površina kretali su se do oko 50% od maksimalno dozvoljenih. Konstatovana je kontaminacija odeće kod 8 osoba, koje su posredno ili neposredno učestvovale u ovom poslu, odnosno kod svih osoba koje su se nalazile u nadreaktorskoj prostoriji i hali. Nivoi kontaminacije su se kretali od 0,2 do 5 MDK. Takodje je utvrdjena kontaminacija otkrivenih delova tela kod tri osobe i to u nivoima od 10 do 15 MDK. U svim slučajevima radilo se o kontaminaciji kose. Očigledno je bilo da je došlo i do interne kontaminacije u manjem ili većem stepenu, praktično kod svih učesni-

ka u ovom poslu. Nivoi interne kontaminacije nisu mogli da budu visoki, pošto se osobije bez zaštitne opreme kretalo u zonama gde su izmerene kontaminacije radioaktivnih aerosola bile manje od 1 MDKV.

5. Mere preduzete za likvidaciju akcidenta

Od trenutka konstatacije akcidenta preduzete su sve mere predvidjene pravilima i propisima o režimu rada na reaktoru u akcidentalnim uslovima: označene su kontaminirane zone; nastavljeni su i ubrzani poslovi na hermetizaciji aktivne zone reaktora, kako bisse što pre eliminisao pretpostavljeni izvor kontaminacije; neprekidno je vršena kontrola kontaminacija vazduha i površina; rigurozno je ispitivana kontaminacija osoblja koje je napuštalo kontaminiranu zonu, odstranjivana je kontaminirana odeća i vršena auto--dekontaminacija u slučajevima kontaminacije otkrivenih delova tela.

Prilikom dekontaminacije zapaženo je da se kontaminant lako odstranjuje.

Konačno oko 23^h, uspešno je završena hermetizacija aktivne zone reaktora. Uspostavljen je normalni radni režim ventilacije. Sve osoblje je napustilo kontaminiranu zonu. Zadnja dozimetrijska merenja ukazivala su na tendenciju snižvanja stepena kontaminacije vazduha kao i radnih površina. Jedan deo radne ekipe napustio je zgradu reaktora, ostavivši iza sebe dežurnu smenu uz potrebne instrukcije za praćenje nivoa kontaminacije u kontaminiranim zonama.

Dežurna smena zapazila je relativno brzo isčezavanje kontamin-anta, kako iz vazduha, tako sa površina i odeće. Praktično već oko 04^h, narednog dana, nivo kontaminacije bio je u granicama opšteg fona. Konačno, moglo se konstatovati da je akcident likvidiran zatvaranjem izvora kontaminacije i samoisčezavanjem kontaminanta - poput fantoma. Očigledno je bilo da se radilo o kontaminaciji sa kratkoživućim radioizotopima.

6. Identifikacija osnovnih komponenti akcidentalne kontaminacije

Na osnovu razvoja akcidenta, kao što se iz prethodnog izlaganja moglo videti, nedvosmisleno se moglo zaključiti da su osnovni kontaminati u akcidentu dospeli u spoljnu sredinu iz gasne faze sadržane u aktivnoj zoni reaktora. U delu aktivne zone reaktora koji ne ispunjava teška voda, nalaze se: helijum, vodonik, praskavac, vodena para,gasoviti fisioni produkti i radioaktivni aerosoli različitog porekla. Da bi se ustanovile osnovne - noseće radioaktivne komponente, u ovoj gasno-aerosolnoj smeši, izvršili smo kvalitativnu gama spektrometrijsku analizu. Uzorci su uzimani direktno iz gasnog sistema reaktora u redovnoj kampanji, pri radu na nominalnoj snazi od 6,5 MW. Merenja su vršena na visoko-rezolucionom Ge (Li) - poluprovodničkom detektoru. Na osnovu dobijenih podataka sliha 1. moglo se pouzdano zaključiti (3,4,5), da su osnovne radioaktivne komponente u ovoj smeši kratkoživeći gasoviti fisioni produkti Kr - 88 i Xe - 138, kao i njihovi direktni čvrsti potomci Rb - 88 i Cs - 138, kao aerosolni kontaminant. Ovo se može videti iz lanca raspada Kr - 88 i Xe - 138 (6):

$$^{88}Kr \xrightarrow{2,8\ h} {}^{88}Rb \xrightarrow{17,7\ min} {}^{88}Sr\ (stab)$$

$$^{138}Xe \xrightarrow{17\ min} {}^{138}Cs \xrightarrow{31,2 min} {}^{138}Ba\ (stab.)$$

Na osnovu ovih dopunskih analiza, ako i rezultata dozimetrijskog praćenja razvoja akcidenta, delimično datih u tabeli 1, nedvosmisleno je zaključeno, da su osnovni kontaminati vazduha i površine u hali reaktora bili gasoviti fisioni produkti Kr - 88 i Xe - - 138 i njihovi direktni potomci Rb - 88 i Cs - 138, kao aerosolni kontaminanti.

5.7. Zaključak

Opisani akcident odigrao se u procesu demontaže eksperimentalnog kanala sa kapsulom novog gorivog elementa. Demontaža je vršena posle prekida eksperimenta, pošto je konstatovano da je došlo do prskanja košuljice gorivnog elementa i prodiranja fisionih produkata u dostupne delove eksperimentalnog uredjaja.

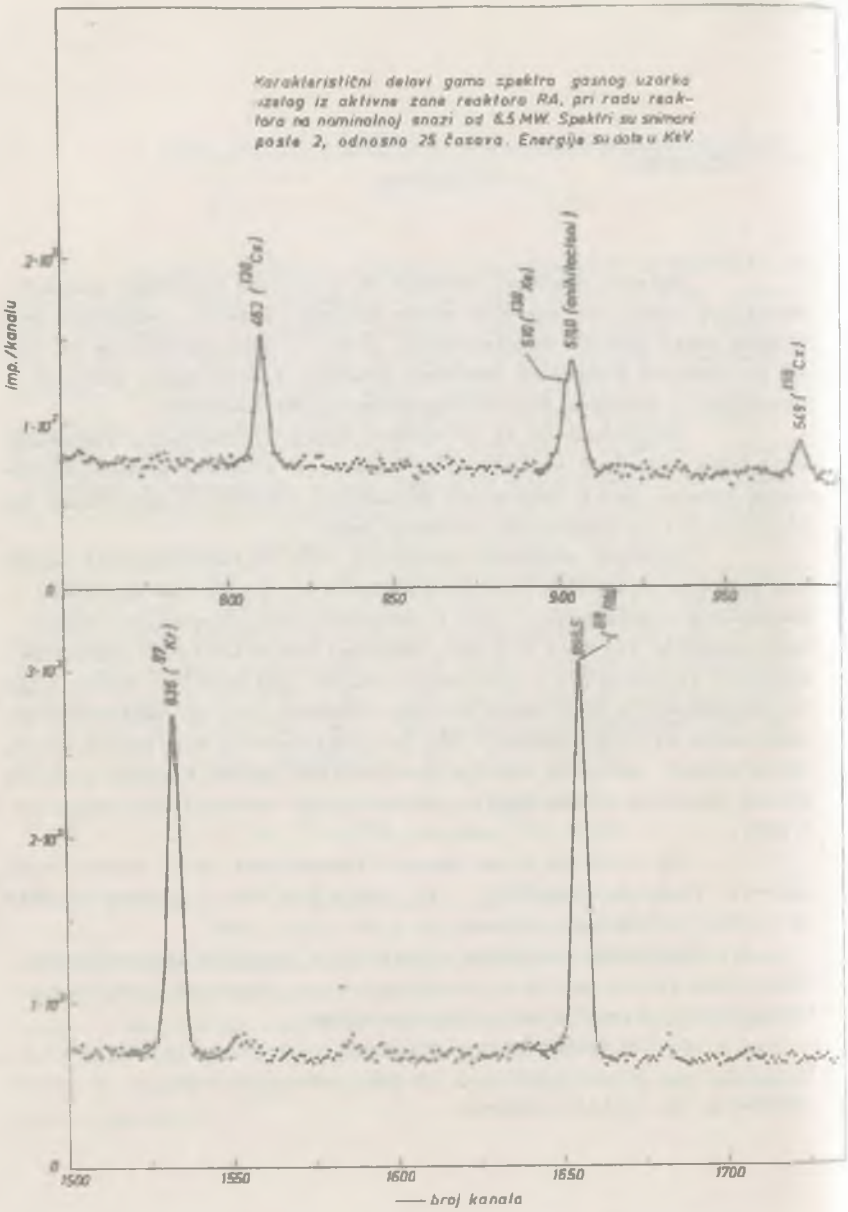
Zaključeno je da je osnovni uzrok akcidentalne kontaminacije bilo produženo održavanje aktivne zone reaktora u dehermetizovanom stanju, kao i nedovoljna efikasnost sistema za specijalnu ventilaciju V-2, u konkretnom uslovima rada.

Direktne posledice akcidenta bile su kontaminacija vazduha, površina i osoblja koje je učestvovalo u poslovima demontaže i transporta u reaktorskoj hali i nadreaktorskoj prostoriji. Nivoi kontaminacije su bili: 0,5 MDK, vazduha; manje od 1 MDK, površina; manje od 10 MDK odeće i otkrivenih delova tela osoblja. Nivoi interne kontaminacije nisu mogli da budu izmereni, ali je zaključeno da nisu mogli da budu izmereni, ali je zaklljčeno da nisu mogli da budu ni visoki, pošto se osoblje bez zaštitne opreme kretalo u zonama gde su izmerene koncentracije radioaktivnih aerosola bile manje od 1 MDK.

Utvrdjeno je da su osnovni kontaminanti bili kratkoživeći gasoviti fisioni produkti Kr - 88 i Xe - 138, kao i njihovi direktni čvrsti radioaktivni potomci Rb - 88 i Cs - 138.

Trajnijih posledica i potreba za posebnim intervencijama nije bilo, jer se radilo o relativno niskim stepenima akcidentalne kontaminacije kratkoživećim radioizotopima.

Ukupno ozračivanje - primarno i naknadno, radnog osoblja, nije detaljno procenjivano ali se može grubo zaklljučiti, na osnovu izloženog, da je bilo neznatno.



Karakteristični delovi gama spektra gasnog uzorka uzetog iz aktivne zone reaktora RA, pri radu reaktora na nominalnoj snazi od 6,5 MW. Spektri su snimani posle 2, odnosno 25 časova. Energije su date u KeV.

Ninković, M. M.

"Boris Kidrich" Institute - Vinča, Belgrad

"FANTOM" ACCIDENT AT REACTOR RA

Abstract: Development and effects of an accident, which occured at Reactor RA at Vinča, are discussed. Ttis accident happend while some operations, on partly open reactor core, shortly after shutdown, were carried out. In this accident contamination of the air inside reactor building, as well as contamination of the working surfaces and some personnel occured. The highest levels of the contamination were at some moments about ten times higher than the maximum permissible levels.

An analysis showed that the major contaminents were shortlived fission gas productes: Kr - 88 and Xe - 138, as well as its doughter elements, Rb - 88 and Cs - 138, as airosoles.

Since levels of the accidental contamination were relatively low, there was on need for some apecial procedures. No special consequencies resulted from this accident. Accident was handled by slosing the source of the contamination (reactor core), and selfdisapearance of the contaminent.

Li t e r a t u r a

1. Živković S. i dr., Projekat i realizacija kapsule za ispitivanje UO_2 u uslovima ozračivanja na temperaturi od 1000°C, Interna dokumentacija IBK, Zad. E-14-16-00-29, 1970.

2. Milošević D.-Ninković M. i dr., Pogon i održavanje reaktora RA, Izveštaj o radu u 1972. god., Interna dokumentacija IBK, 1972.

3. Brown, K.K., Re-examining the Signifiance of Fission Products in Accident Situations, Nucleonics, Vol. 23, N°6, june 1965.

4. Rhodes, W.D., Measurment of Fission product leakage from fuel elements stored in water, IDO-14654, mart 1965.

5. Lederer, S.M., Hollander, M.J. and Perlman I., Table of Isotopes sixth edition, London, J. Willey and Sons, Inc., 1967,

6. Gusev N.G., Zaštita od gamma - izlučenija produktov delenija, Atomizdat, Moskva, 1968.

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973.

Doc. dr Božidar Pejušković, san. ppuk.
Dr Slobodan Milicevic, san. major
Dipl. fizičar Olivera Nikolić

Higijenski zavod VMA - Beograd

NEKA PITANJA MEDICINSKE KONTROLE LICA PROFESIONALNO EKSPONIRANIH JONIZUJUĆEM ZRAČENJU U VANREDNIM /RATNIM/ USLOVIMA

Na osnovu podataka o dosadašnjoj zaštiti lica profesionalno eksponiranih jonizujućem zračenju i sopstvenom iskustvu, autori razmatraju problem zaštite u vanrednim /ratnim/ uslovima. Predlaže se da medicinska kontrola bude osnovni metod i glavni pokazatelj zaštite i kontrole zdravstvenog stanja ljudstva izloženog jonizujućem zračenju. Kontrolu izvora zračenja i film-dozimetriju treba sprovoditi ukoliko mogućnosti dozvoljavaju. Pored ovoga, predlažu se i druge mere od značaja za očuvanje zdravlja ljudi u ratnim uslovima.

Uvod

U vanrednim i ratnim stanjima, a naročito pri upotrebi nuklearnog oružja, očekuju se velika razaranja i uništavanja,što ima za posledicu pogoršanja zdravstvenog stanja naroda uopšte, kao i uslova za rad medicinske službe. Bez obzira na vrstu oružja /jačina i vrsta N-projektila/ gubici su kako kod stanovništva, tako i kod borbenih formacija veliki. Ovo zahteva znatno angažovanje kapaciteta zdravstvene i sanitetske službe zbog potreba medicinskog zbrinjavanja. Pored angažovanja zdravstvene službe na zadacima vezanim direktno za zbrinjavanje povredjenih i obolelih, postoji niz drugih obaveza i zadataka koje zdravstvena služba treba da rešava u ratu. Jedan od tih zadataka je i medicinska kontrola i praćenje zdravstvenog stanja lica profesionalno izloženih jonizujućem zračenju /medicinsko osoblje, radnici zaposleni u industriji gde se primenjuju izvori zračenja, u institutima, nuklearnim elektranama i dr./.

Ratni uslovi rada

Vanredna /ratna/ stanja diktiraju teže uslove režima rada zbog povećane potrebe ratne proizvodnje, smeštajnih i drugih uslova koje nameće vanredna situacija. Ti otežavajući uslovi najčešće se ispoljavaju u produženom radnom vremenu. Iskustvo iz II svetskog rata pokazuje da je skoro u svim armijama radno vreme iznosilo 10-12 časova. Kod nas se predvidja da radno vreme u ratu traje 10 časova dnevno. Imajući to u vidu, možemo očekivati da lica koja rade sa izvorima jonizujućeg zračenja budu duže vremena eksponirana. Pogoršanje higijensko-tehničke zaštite na radu nastaje zbog slabijih smeštajnih uslova, nedostataka tehničkih i ličnih zaštitnih sredstava i dr. Sve ovo, uz fizičko i psihičko naprezanje koje prati rad u ratnim uslovima, može imati za posledicu povećani broj oboljenja i oštećenja zdravlja lica koja rade sa izvorima jonizujućeg zračenja.

Potrebe koje iz svega ovoga proističu zahtevaju od lica koja rade na problemima radiološke zaštite da zauzmu stavove i izrade kriterijume i norme o tome da li i u tim situacijama ima uslova, potreba i mogućnosti za dozimetrijskom i medicinskom kontrolom.

Pregled stanja dozimetrijske kontrole u našoj zemlji

Organizacija kontrole izvora jonizujućeg zračenja u našoj zemlji je u skladu sa važećim propisima u svetu i kod nas. Sistem lične dozimetrijske kontrole je postavljen 1960. god. i ostao je do danas uglavnom ne izmenjen. Odredjivanje individualno primljenh doza vrši se pomoću film-dozimetara, a na mestima gde postoji opasnost od nepredvidjenog prekoračenja maksimalno dozvoljenih doza /MDD/ pomoću penkalo dozimetara. U toku ovog perioda korišćenja film-dozimetrije stvoreno je prilično iskustvo i objavljeni su brojni radovi /1/. Navode se pored prednosti /2/ i

mnogi nedostaci, pa se predlaže uvodjenje novih vrsta i oblika ličnih dozimetara /3/. U sadašnjoj fazi razvoja orijentisani smo da, do usavršavanja boljih dozimetara, koristimo i dalje film-dozimetriju.

Na osnovu analize rezultata film-dozimetrijske kontrole, vidi se da je izloženost ljudstva koje radi sa izvorima jonizujućeg zračenja ispod MD zračenja za profesionalnu ekspoziciju /4/. Najveći broj kontrolisanih lica /88%/ prima minimalne doze do 10 mr, koje ne prelaze 20% MDD. Do sličnih podataka smo došli i mi u analizi zaštite od jonizujućeg zračenja u JNA za period od 10 godina. Izuzetno mali broj ozračenih je na gornjoj tolerantnoj granici ili iznad ove usled incidentnog zračenja /5/. Oko 84% izloženih jonizujućem zračenju čine zdravstveni, a 11% industrijski radnici, dok je ostalo naučno-istraživačko osoblje /4/. U ratnim uslovima ove dve druge kategorije će se verovatno smanjiti.

Prema nekim analizama o zastupljenosti RŠ aparata /6/, vidimo da postoji polimorfnost u tipovima i broju izvora X zračenja, kao i u njihovoj nameni. Ovo nas navodi na činjenicu da su i mere zaštite dosta različite i specifične, što pogoršava situaciju u ratnim uslovima.

Stepen obučenosti zdravstvenih radnika ne daje zadovoljavajuće podatke /7/. Većina zdravstvenih radnika nije prošla redovno školovanje za rad sa izvorima jonizujućeg zračenja /oko 50%/. Iako su ovi podaci starijeg datuma verovatno je da ovo stanje nije bitno izmenjeno i danas. Možemo dozvoliti predpostavku da su se ovi obučili kroz dopunsko školovanje i praktičan rad. Medjutim, ne verujemo da su svi obučeni za primenu svih zaštitnih mera i postupaka i da znaju suštinu dejstva i opasnost od zračenja na čoveka. Ovo je važno utoliko pre što preko polovine dijagnostičkih postupaka vrši baš osoblje bez redovnog školovanja. Ovo osoblje je

i najduže efektivno /prosečno dnevno/ izloženo zračenju. Zbog toga i proizilazi ne adekvatno korišćenje dijagnostičkih mogućnosti RŠ aparata. To nam potvrdjuju i česti podaci o većoj opasnosti od zračenja u medicinskim ustanovama nego pored reaktora, o protivzakonitom snimanju kukova kod dece /odojčadi/ itd. Ovo nam nameće obavezu da svo osoblje koje radi sa izvorima jonizujućeg zračenja treba da prodje kroz sistematsku obuku zaštite, jer će u ratnim uslovima ovo biti od velikog značaja.

Kontrolom zdravstvenog stanja utvrdjen je mali broj verifikovanih somatskih oštećenja, što se uglavnom slaže i sa rezultatima film-dozimetrije. Neki autori tvrde da nema somatskih oštećenja niti promena u perifernoj krvi /8/. Do ovih rezultata smo došli i mi praćenjem zdravstvenog stanja lica izloženih jonizujućem zračenju u JNA. Drugi autori daju saopštenja o hroničnom oštećenju kože različitog stepena kod izvesnog broja lica /9/. Treći, daju analize iz kojih se vidi da postoji profesionalno oštećenje kod lekara u 9%, a ostalog medicinskog osoblja u oko 3%. Prema organima, koža je najviše ugrožena /90%/, krvotvorni organi su na drugom mestu, a pojava katarakte oka je u 3% /10/.

Komentar i zaključak

U periodu mira treba raditi na modernizaciji i standardizaciji RŠ aparata, opreme i mera zaštite. Sistematska obuka ljudstva u primeni mera zaštite i doktrinarni stav za indikacije RŠ snimanja i pojedinih intervencija, što smanjuje ekspoziciju, su takodje poslovi koje treba obaviti u miru. Obim i efektivne mere zaštite zavise u mnogome od svakog pojedinca i u miru, a pogotovu u ratnim uslovima rada.

U ratu se za operativne snage predvidja lična dozimetrija kao sredstvo i pomoć utvrdjivanja stepena ekspozicije boraca jonizujućem zračenju. Shodno tome i profesionalno eksponirana

lica imaće takve dozimetre, čija je osetljivost i saobražena jačini izvoru N-zračenja. Smatramo da bi trebalo snabdeti sve rendgenologe još i penkalo dozimetrima, kako bi se pratila ozračenja za kraće vremenske periode u ratnim uslovima.

Na našoj teritoriji se ne očekuje veliki razmah upotrebe nuklearnog oružja, ali mogućnosti za upotrebu N-projektila malih snaga postoje. Prema tome, dobar deo teritorije naše zemlje neće biti pod dejstvom i posledicama N-ekspozicije. Ta predpostavka nalaže potrebu temeljitije i organizovane zaštite stanovništva na principima ONO, što podrazumeva i odgovarajuću zaštitu od jonizujućeg zračenja profesionalno eksponiranih. Kontrolu izvora zračenja i film-dozimetriju treba vršiti uvek kad postoje kadrovske, materijalne i druge mogućnosti. Ukoliko se te mere ne mogu sprovesti, što će najčešće biti slučaj, medicinska kontrola lica izloženih zračenju ostaje kao najvažnija metoda, koja treba i mora da se sprovodi u svim vanrednim /ratnim/ situacijama. Smatramo da je ona dovoljno realan pokazatelj zdravstvenog stanja eksponiranog ljudstva, sprovedenih mera zaštite i indikator ekspozicije iznad MDD. Medicinsku kontrolu, putem periodičnih pregleda treba obavljati u istom obimu i na isti vremenski period kao i u miru. Za ovaj posao postoje već uhodane metode i materijalne, kao i kadrovske mogućnosti.

U vanrednim /ratnim/ uslovima rad u RŌ kabinetima i drugim radnim mestima gde postoji jonizujuće zračenje treba organizovati tako da se obezbedi naizmenično period rada i odmora. Po potrebi rad od 10 časova treba skraćivati na polovinu /5 h/, čime se onemogućuje iscrpljujući neprekidni rad od 10 časova. Ishrani, uslovima odmora, po mogućnosti aktivnoj rekreaciji i potrebama stručnog rada treba takodje pokloniti odgovarajuću pažnju i u ratnim /vanrednim/ uslovima. Sve ovo je od važnosti za očuvanje zdra-

vlja ljudi i kvaliteta kontrole i zaštite od izvora jonizujućeg zračenja.

Summary

On the basis of the data about former protection of a person, professionally exposed to ionized radiation and to own experience, authors discuss the problem of the protection in extraordinary /war/ conditions. It is proposed that the medical control should be the main point of protection and the state of health of people exposed to ionized radiation. The source control of radiation and film-dosemeasuring should carry out if possibilities allow. Besides that, some other important measures are proposed for keeping the health of people in war conditions.

Literatura

1. Ignjatović S.: Analiza film-dozimetrijske kontrole u medicinskim ustanovama u SRS, Zbornik radova IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - II, 445, Baško Polje 28-30maj 1969. god.
2. Prokić M.: Uticaj neutrona različitih energija na tačnost odredjivanja doze pomoću dozimetrijskog filma, Radovi V jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, 3/15, Bled 6-9 oktobar 1970.,
3. Uran D., D. Sušnik: Termoluminiscentni dozimetri TLD - 08, Radovi V jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, 3/10, Bled 6-9 oktobar 1970.,
4. Čerkez F., A. Ibrulj: Stepen profesionalne ekspozicije jonizujućem zračenju u SR B i H za period 1969. g., Radovi V jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, 6/10, Bled 6-9 oktobar 1970.,
5. Fabijančić G.: Opterećenost osoblja pri rentgenskim pregledima, Zbornik radova IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - II, 726, Baško Polje 28-30 maj 1969.,
6. Križanović D.: Zastupljenost tipova rentgen aparata u SR C. Gori i SR Srbiji, Radovi IV jugoslovenskog simpozijuma - zaštita od jonizujućih zračenja, 407, 25-28 april 1972., Ohrid,
7. Jokić J., A. Marjanac: Stručnost kadrova koji rukuju rentgen aparatima u zdravstvenim ustanovama SFRJ, Radovi V jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, 2/05, Bled 6-9 oktobar 1970.,
8. Teodosijević G. i sar.: Higijensko thnički radni uslovi i zdravstveno stanje osoblja u SR Makedoniji, Zbornik radova IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - I, 104, Baško Polje 28-30 maj 1969.,
9. Jeremić M., Kilibarda M.: Profesionalno oštećenje kože i lica izloženih dejstvu jonizujućeg zračenja, Zbornik radova IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - I, 266, Baško Polje 28-30 maj 1968.,
10. Čanić Z., Fleischhacker M.: Profesionalna oštećenja medicinskog osoblja izloženog jonizujućem zračenju u gradu Zagrebu, Zbornik radova IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - II, 788, Baško Polje 28-30 maj 1969.

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Budislava Marković, Dušan Panov, Miloš Kilibarda
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

ISPITIVANJE HROMOZOMNIH ABERACIJA KOD LICA PROFESIONALNO EKSPONOVANIH X ZRACIMA

Rezime

Ispitivanja hromozomnih aberacija vršena su na 17 radiologa sa ekspozicionim stažom od 5-20 godina i 15 lica kontrole. Dobijeni rezultati posmatrani su sa aspekta ukupne aproksimativne doze izlaganja svakog ispitanika. Doza izlaganja izračunata je na osnovu dnevnog broja i vrste pregleda, uzimajući u obzir brzinu doze u mR/h u visini sternuma lekara za odredjeni tip rendgen aparata. Naši rezultati pokazuju da učestalost hromozomnih aberacija linearno raste sa dozom izlaganja.

Uvod

Ispitivanje hromozomnih aberacija na limfocitima periferne krvi, radili su brojni istraživači tokom poslednjih deset godina. Ispitivanja su vršena na pacijentima pre i posle radio terapije /1,2/, na licima podvrgnutim dijagnostičkim Rö pregledima /3/ kod lica profesionalno izloženim jonizujućim zračenjima /4-8/ kod akcidentalno ozračenih /9/, kao i kod onih koji su preživeli atomsko bombardovanje /10/. Rezultati ovih istraživanja povećali su interesovanje za mogućnost da se pojava hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi iskoristi kao biološki pokazatelj absorbovane doze /11,12/.

U našem radu dati su rezultati ispitivanja hromozomnih aberacija kod lica profesionalno eksponiranih X zracima.

Metod rada

Ispitivanja su vršena na lekarima radiolozima sa jedne strane i licima koja profesionalno nisu izložena dejstvu jonizujućih zračenja sa druge strane. Analizom je obuhvaćeno 17 radiologa i 15 lica kontrole. Svi radiolozi su radili na rendgen dijagnostici. Njihov ekspozicioni staž kretao se od 5-20 godina.

Kultura ćelija radjena je po nešto modificiranoj metodi Moorhead-a /13/. Trajanje kulture iznosilo je 72^h.

Aproksimativne ekspozicione doze ispitivanih radiologa izmerila je dozimetrijska služba Instituta.

Merenja su obavljena pod uslovima pod kojima rade lekari /kv, mA, mAS/. Umesto pacijenta korišćen je fantom od vode debljine 15 cm. Merenja su izvršena u visini sternuma lekara, rendgen gama dosimeter-om VA-J-15A.

U cilju odredjivanja ekspozicione doze lekara uzimali smo u obzir dnevni broj i vrstu pregleda svakog radiologa. Ove podatke dobijali smo od samih lekara. Na osnovu tih podataka i izmerenih vrednosti ekspozicije u predelu sternuma lekara pri odredjenoj vrsti intervencije, izračunali smo za svakog lekara ukupnu aproksimativnu dozu izlaganja i to: dnevnu, mesečnu i godišnju i na kraju zbirnu za celokupni radni staž u zoni jonizujućih zračenja.

Za radiologe koji su radili na rendgen dijagnostici pre osnivanja službe za dozimetriju zračenja, procenjivanje ekspozicione doze vršili smo na osnovu njihovih izjava: kojim su tipom aparata radili, koliko dugo i koju su frekvenciju pregleda imali. Kako su navedeni aparati većinom povučeni iz upotrebe, služba dozimetrije je odredila ekspozicione doze merenjem na sličnim aparatima. Ukupne ekspozicione doze ispitanika kreću se od 0,5-68 R.

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja hromozomnih aberacija na limfocitima periferne krvi posmatrali smo u odnosu na ukupnu aproksimativnu dozu izlaganja /sl.1/. Uzete vrednosti su: ukupan procenat hromozomnih aberacija i doza izlaganja svakog

ispitanika. Jasno se vidi da procenat hromozomih aberacija raste linearno u zavisnosti od doze izlaganja.

Da bi dobili što bolju preglednost dobijenih rezultata ispitanike smo podelili u tri grupe /tabela 1/. Prva grupa obuhvata 6 lica čije doze ekspozicije za celokupni radni staž ne prelazi 10 R, u drugoj grupi je 5 lica sa dozom od 11-20 R, dok treću grupu čine 6 ispitanika sa ukupnom dozom izlaganja preko 20 R. Na tabeli su dati: učestalost hromozomnih aberacija i prosečne vrednosti ukupne ekspozicione doze za svaku grupu.

Testiranje razlika u procentima medju pojedinim grupama je pokazalo:

1. Razlike u procentima pokazuju statističku značajnost izmedju I grupe do 10 R i II grupe od 11-20 R. (t=2,75), kao i I grupe do 10 R i III grupe preko 20 R/t=4,37.

2. Razlike u procentima izmedju cele eksponovane grupe i kontrolne grupe isto tako su statistički značjne /t=5,37/.

3. Razlike u procentima statistički nisu značajne izmedju kontrolne grupe i prve grupe do 10 R.

Prema tome, učestalost strukturalnih promena na hromozomima limfoci a periferne krvi je statistički značajna u odnosu na kontrolnu grupu kod lica koja su bila izložena ukupnoj ekspozicionoj dozi preko 10 R u toku svog radnog staža u zoni jonizujućih zračenja.

Zaključak

Na osnovu iznesenih rezultata smatramo, da za praktične potrebe, sa aspekta radiološke zaštite, ukupna učestalost hromozomnih aberacija u odnosu na kontrolnu grupu, može biti vrlo koristan biološki test koji pomaže u konkretnim slučajevima radi donošenja pravilne procene zračnih oštećenja. Isto tako kada je osoba izložena jonizujućim zračenjima akcidentalno ili radila u zoni jonizujućih zračenja bez dozimetra, analiza hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi može doprineti proceni ozračenja lica.

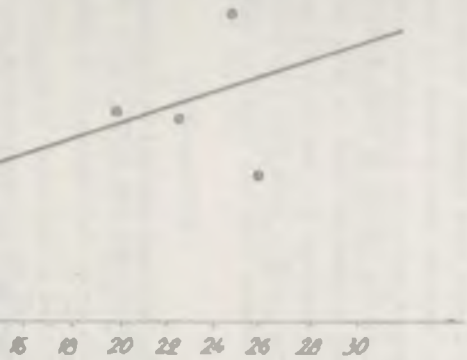
TAB. 1

Učestalost strukturnih hromozomskih aberacija u zavisnosti od doze izlaganja

Doza izlaganja u R u toku celokupnog radnog staža	Prosek ukupne doze izlaganja u R	Broj ispitanika	Broj analiziranih ćelija	Broj ćelija bez aberacija	Ćelije sa aberacijama	
					Broj	%
I grupa (do 10 R)	2,6	6	4oo	388	12	3,o
II grupa (11-20 R)	12,o	5	326	3o2	24	7,4
III grupa (preko 20 R)	38,6	6	529	476	53	1o,o
Kontrolna grupa		15	1277	1248	29	2,3

% Hromozomskih aberacija
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

SLIKA 1



Ukupna doza izlaganja u R

CHROMOSOME ABERRATIONS IN PERSONS
OCCUPATIONALLY EXPOSED TO X RAYS

Summary

In the group of 17 radiologists exposed poprofesionally to X rays were examined chromosome aberrations. The obtained results were studied in respect to integral dose of exposure which is calculated from the member of dayly examinations taking in consideration duration of each treatment and a measured dose in mr/h on the level of a physician `s sternnum for the type of used apparatus.

The results show that the cromosome aberrations frequency increase with the doses of exposure.

Bibliografija

1. Tunkel M.: Utjicaj zračenja J-131 na kromozome čovjeka, Magistarski rad Sveučilište, Zagreb /1966/
2. Court B., et al.: Int.Journ.Rad.Biol., 13,2,155./1967/
3. Pendić B., et al.: Bilten transfuzije 26,41./197o/
4. Isebok Z., et al.: Magy Radiol., 22,331./197o/
5. Sasaki M., et al.: Radiology 81, 652./1963/
6. Norman A., et al./: Radiat.Res. 23,282. /1964/
7. Ghezzi J., Forni A.: Studio citogenetico in medici e tehnici radiologi, Edizioni Minerva Medica /1965/
8. Brandom W.F., et al.: Radiat. Res., 52, 2o4./1972/
9. Pendić B., Djordjević O.: Yugosl.Physiol. Farmacol.Acta 4,231./1968/
1o. Buckto, K.E. et al.: Inter.Journ.Rad.Biol.12,565./1967/
11. Teodoriv D., Keslov V.: Proceedings on new developments in physical radiations detector, IAEA/SM-143/76, Vienna/197o/
12. Dolphin G.W., Perrott R.J.: Ibid /197o/
13. Moorhead P.S., et al.: Exp. cell. Res., 2o,613./196o/

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Budislava Marković, Miloš Kilibarda, Dušan Panov
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr. Dragomir Karajović" - Beograd

ISPITIVANJE HROMOZOMNIH ABERACIJA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI RADNIKA EKSPONOVANIH RADONU I PRODUKTIMA RASPADA

Rezime

Ispitivana je pojava hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi kod grupe od 82 rudara radilišta urana u Jugoslaviji. /Kalna 40, Gorenja Vas 27 i Zletovska Reka 15/. Kontrolna grupa je brojala 15 lica. Srednji ekspozicioni staž rudara iznosio je 9,2 godine, a srednje koncentracije radona u rudnicima kretale su se od $3,7.10^{-10}$ do $2,61.10^{-9}$ Ci/l radona u vazduhu.

Rezultati ispitivanja su pokazali statistički značajno povećanje nestabilnih hromozomnih aberacija /ćelija Cu/ u limfocitima periferne krvi rudara u odnosu na kontrolnu grupu.

Uvod

Radnici u rudnicima urana pored klasičnih proizvodnih štetnosti izloženi su dejstvu radioaktivnih supstanci. Radon i produkti njegovog raspada putem inhalacije dospevaju u respiratorni trakt, a zatim u krvotok i ostale organe. Epidemiološke studije /1,2/ ukazale su na povećanu učestalost karcinoma pluća kod rudara u odnosu na ostalu populaciju. Ovo povećanje karcinoma pripisuje se dejstvu alfa iradijacije traheobronhijalnog epitela. Mnogi autori /3-8/ pokazali su da radiacije izazivaju pojavu hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi. U kojoj meri radon i

produkti njegovog raspada izazivaju radiacione efekte na ćelijama periferne krvi nema mnogo podataka.

Ispitivanja William-a Brandoma-a i saradnika /9/ ukazala su na statistički značajno povećanje učestalosti hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi kod rudara rudnika urana u odnosu na kontrolnu grupu.

U citigenetskoj laboratoriji našeg Instituta od pre 5 godina ispituju se hromozomne aberacije u limfocitima periferne krvi kod radnika rudnika urana. U daljem izlaganju iznećemo rezultate ovih ispitivanja.

Metod rada

Ispitivana lica su rudari iz rudnika urana u Kalni, Zletovske Reke i Gorenja Vas, Analiza hromozomnih aberacija na limfocitima periferne krvi uradjena je kod 82 rudara. Njihov ekspozicioni staž iznosi u proseku 9 godina i 2 meseca. Koncentracije radona u rudničkoj atmosferi kretale su se od $3,7.10^{-10}$ do $2.61.10^{-9}$ Ci/l u vazduhu.

U kontrolnoj grupi obradjeno je 15 lica, koja profesionalno nisu eksponovana jonizujućim zračenjima niti drugim toksičnim supstancama.

Kultura ćelija limfocita periferne krvi radjena je po Moorhead-a /10/. Vreme trajanja kulture iznosilo je 72 h.

Za klasifikaciju analiziranih ćelija koristili smo shemu Backton-a /11/, gde su:

A: ćelije bez hromozomnih promena

B: ćelije sa izohromatidnim lezijama i rupturama

Cu: ćelije sa nestabilnim hromozonim aberacijama kao što su: acentrični hromozomi, fragmenti, dicentrični i prstenasti hromozomi.

Cs: ćeije sa stabilnim hromozomnim promenama kao što su translokacije.

Rezultati i diskusija

Radnici rudnika urana u toku rada izloženi su uticaju gama iradijacije, radonu i produktima njegovog

raspada. Kratkoživeći produkti raspada radona visoke alfa energije /^{218}Po i ^{214}Po/ su odgovorni za iradijaciju epitela traheobronhijalnog stabla rudara /12/. Dugoživeći produkti raspada radona ^{210}Pb i ^{210}Po preko respiratornog sistema dospevaju u limfne čvorove, krv, bubrege, kosti i koštanu srž gde izazivaju iradijaciju ćelija ovih organa. Rezultati epidemioloških studija /1,2/su ukazali na povećanu učestalost karcinoma pluća kod radnika rudnika urana u odnosu na ostalu populaciju. Izučavanja Blanchard-a i saradnika /13/ i Blacka i saradnika /14/ su pokazala da se ^{210}Pb i ^{210}Po nalaze u koštanom sistemu i krvi gde dolaze u neposredni kontakt sa ćeličnim elementima krvi. Kako su ćelije koštane srži jako radiosenzibilne, a posebno ćelije limfatične loze, to se može očekivati da iradijacija ovih ćelija može dovesti do somatskih mutacija i pojava hromozomnih aberacija u limfovicima periferne krvi.

William Brandom i saradnici /9/ ukazali su na statistički značajno povećanje hromozomnih aberacija kod rudara u rudnicima urana u odnosu na kontrolnu grupu, ali nisu našli korelaciju izmedju kumulativne ekspozicije kratkoživećim produktima raspada radona i povećane učestalosti hromozomnih aberacija kod rudara.

Naši rezultati /tabela 1,a,b,c, i 2/ su pokazali da postoji statistički značajno povećanje /Kalna t=4, Gorenja Vas 9, Zletovska Reka 5/ nestabilnih aberacija /ćelija Cu/ kod radnika eksponovanih srednjim koncentracijama radona od $3,2.10^{-10}$ do $2,61.10^{-9}$ Ci/l u vazduhu u toku prosečnog ekspozicionog staža od 9,2 godine. Naša ispitivanja su u saglasnosti sa ispitivanjima W.Brandom-a i saradnika /9/, ali u kojoj meri učestalost ovih aberacija je u korelaciji sa ukupnom ekspozicijom radonu i njegovim potomcima potrebna su dalja ispitivanja.

Zaključak

Ispitivana je pojava hromozomnih aberacija u limfocitima periferne krvi kod grupe od 82 radnika radilišta urana u Jugoslaviji. Nadjeno je statistički značajno povećanje učestalosti nestabilnih hromozomnih aberacija /ćelija Cu/ kod radnika eksponovanih radonu i njegovim potomcima u odnosu na kontrolnu grupu.

TAB. 1

Učestalost strukturnih hromozomskih aberacija kod rudara

a) Kalna

Ispitivana lica	Broj lica	Prosek. ekspozi-cionog staža	Broj anali-ziranih ćelija	A N %	B N %	Cu N %	Cs N %
Kontrola	15	-	1277	1248 97,7%	22 1,7%	7 o,5%	-
Rudari rudnika Kalna	40	10,5	2207	2142 97%	43 1,9%	20 o,9%	2 o,1%

b) Gorenja Vas

Ispitivana lica	Broj lica	Prosek ekspozi-cionog staža	Broj analizi-ranih ćelija	A N %	B N %	Cu N %	Cs N %
Kontrola	15	-	1277	1248 97,7%	22 1,7%	7 o,5%	-
Rudari rudnika Gorenja Vas	27	6,2	1172	1132 96,6%	21 1,8%	17 1,4%	2 o,1%

c) Zletovska Reka

Ispitivana lica	Broj lica	Prosek ekspozi-cionog staža	Broj analizi-ranih ćelija	A N %	B N %	Cu N %	Cs N %
Kontrola	15	-	1277	1248 97,7%	22 1,7%	7 o,5%	-
Rudari rudnika Zletov-ska reka	15	8,4	671	652 97,2%	12 1,8%	7 1,o%	-

TAB. 2

Učestalost strukturnih hromozomskih promena u rudara Kalna, Gorenje Vas i Zletovske Reke

Ispitivana lica	Broj lica	Prosek ekspoz. staža	Broj analiz. ćelija	A N %	B N %	Cu N %	Cs N %
Kontrola	15	-	1277	1248 97,7%	22 1,7%	7 o,5%	-
Rudari iz Kalne, Gorenje Vas i Zletovske Reke	82	9,2	4o5o	3926 96,93%	76 1,87%	44 1,o9%	4 1,1%

INVESTIGATION OF CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES OF WORKERS EXPOSED TO RADON AND ITS DECAY PRODUCTS

Summary

In 82 miners of uranium sites in Yugoslavia (Kalna 40, Gorenja Vas 27 and Zletovska Reka 15) an occurrence of chromosomal aberrations in the peripheral blood lymphocytes has been investigated. A control group counted 15 persons. Mean duration of exposure of the miners was 9,2 yr, and mean radon concentration in the mines ranged from $3,7.10^{-10}$ to $2,61.10^{-9}$ Ci/l of radon in the air.

Results of investigation showed statistically significant increase of unstable chromosomal aberrations (of Cu cells) in the peripheral blood lymphocytes of the workers in relation to the control group.

Bibliografija

1. F.E. Lundin,J.K.Wagoner and V.E.Archer
NIOSH and NIEHS, Joint Monograph No 1
Nat.Fed.Inf.Serv.,Sprigfield, VA/1971/
2. Saccomanno G. et al.,
Health Physics 1o,1195/1964/
3. N.Wald, A.Koizumi and S.Pan.,
In Human Radioatin Cytogenetics,pp 183-193, North; Holland Amsterdam /1967/
4. J.T.Boyd et al.,
Brit. Med.J., 1, 377-388 /1966/
5. R.Tuscany and J. Müller.,
In Human Radiation Cytogenatics, pp 2o3-2o7, North-Holland Amsterdam /1967/
6. J.K.Brown and J.R.McNeill;
Radiation Res., 4o, 534-543 /1969/
7. B. Marković;
Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu /1972/
8. M.Klibarda, B.Marković and D.Panov;
Stud. Biophyy. 6,179-186 /1968/
9. W.F.Brandom et al;
Radiation Reserch 52, 2o4-215 /1972/
1o.P.S.Moorehead et al.,
Exp.Cell.Res., 2o,613-616 /196o/
11.K.E.Backton, M.C.Pike.,
Int.Journ.Rad.Biol., 8,439 /1964/
12.D.A.Holaday et al.,
Publ.Health Service Publ.,No494,U.S.Govt.Printing Office, Washington, DC, /1957/
13.K.L.Blanchard, V.E.Archer, and G.Saccomanno.,
Health Phys. 16,585 /1969/
14.S.C.Black, et al.,
Health Phys., 14,81-93 /1968/

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Ljiljana Novak, Dušan Panov
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr. Dragomir Karajović" - Beograd

ODREDJIVANJE ^{210}Pb U URINU, KRVI I KOSI RADNIKA EKSPONOVANIH RADONU I PRODUKTIMA RASPADA

Rezime

U 12 rudara rudnika urana Gorenja Vas (SR Slovenija) odredjivane su koncentracije 210 Pb u urinu, krvi i kosi. Maksimalna kumulativna ekspozicija kratkoživećim produktima raspada radona iznosila je 392 WLM, 50% radnika bio je eksponovan do 50 WLM. Nadjeno je statistički značajno povećanje koncentracije 210 Pb ($t=4,00 < P\ 0,001$) u kosi rudara sa većim ekspozicionim stažom od 3 godine. Nije utvrdjena linearna korelacija ukupne ekspozicije i koncentracije 210 Pb u urinu, krvi i kosi, niti korelacija izmedju vrednosti 210 Pb u urinu, krvi i kosi.

Uvod

Učestalost malignih oboljenja pluća kod radnika rudnika urana je znatno veća u odnosu na druge grupe radnika (1,2). Američki federalni radiološki savet je pokazao na povećanu učestalost karcinoma pluća kod radnika koji su bili izloženi kumulativnoj ekspoziciji iznad 1000 WLM (3).

Kratkoživeći produkti raspada radona koji su prisutni u atmosferi rudnika urana doprinose glavnom ozračivanju pluća rudara (4-10). Realna procena ekspozicije kratkoživećim produktima raspada radona u najvećem broju slučajeva je jako nesigurna usled nedostatka preciznih merenja koncentracije kratkoživećih potomaka raspada

radona. Posebnu teškoću u proceni ekspozicije predstavlja i vodjenje tačne evidencije o vremenu provedenom na radu u radnoj atmosferi u rudnicima urana.

Zbog svega toga mnogi istraživači ispitivali su mogućnost utvrdjivanja bio-indikatora za procenu kumulativne ekspozicije radonu i produktima njegovog raspada.

Black i saradnici (11) utvrdili su da postoji korelacija izmedju koncentracije ^{210}Pb u kostima rudara i kumulativne ekspozicije radonovim potomcima izražene u WLM. Blanchard i saradnici (12,13) ustanovili su da postoji linearna korelacija izmedju koncentracija Pb 210 u kostima i kumulativne ekspozicije sa koeficijentima korelacije R= 0,92 i 0,84 i koncentracije ^{210}Pb u krvi i kostima (R= 0,85 ($P \leq 0,005$).

Iz ovoga proizilazi da bi odredjivanje ^{210}Pb u krvi radnika rudnika urana moglo da se upotrebi kao indikator kumulativne ekspozicije radnika produktima raspada radona.

Naša ispitivanja su posvećena utvrdjivanju koncentracija ^{210}Pb u krvi, urinu i kosi eksponovanih radnika u rudniku urana radi utvrdjivanja odnosa ovog radionuklida u uzorcima i eventualne mogućnosti procene kumulativne ekspozicije.

Metod rada

Uzroci krvi, kose i urina radnika u rudniku urana Gorenja Vas - Slovenija uzimani su na terenu. Od svakog radnika uzeto je po 10 ml krvi, 24-satni urin i 1-3 grama kose.

Obrada uzoraka vršena je u laboratoriji za radiotoksikologiju u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" u Beogradu.
Za razaranje biološkog materijala i odredjivanje ^{210}Pb koristi se metoda Black-a (14).

Uzorci biološkog materijala mineralizuju se azotnom kiselinom, pa se ^{210}Po izdvoji deponovanjem na srebru iz rastvora 0,5 N HCl uz dodatak askorbinske kiseline. Ovaj rastvor se ostavi da stoji 3-6 meseci i ^{210}Po, koji je na-

stao raspadom ^{210}Pb, deponuje se pod istim uslovima na srebru. Alfa aktivnost ^{210}Po meri se na scinitilacionom brojaču sa niskom osnovnom aktivnošću. Koncentracija ^{210}Pb u uzorku izračunava se na osnovu koncentracije ^{210}Po izdvojenog drugom depozicijom.

Rezultati i diskusija

Rezultati koncentracije ^{210}Pb date su na tabelama 1 i 2.

Ispitivanja su pokazala da je 50% radnika imala ekspozicioni staž do 3 godine i kumulativnu ekspoziciju kratkoživećim produktima raspada radona do 50 WLM, a samo jedan radnik iznad 100 WLM (392).

Analizirajući pojedinačne vrednosti ^{210}Pb u urinu, krvi i kosi u odnosu na ekspozicioni staž i kumulativnu ekspoziciju može se zaključiti:

a) da je koncentracija ^{210}Pb u urinu jako varijabilna i ne prati dužinu ekspozicionog staža. Ova pojava se može objasniti zbog uticaja mnogih faktora na urinarnu ekspoziciju te se mogu očekivati i znatne varijacije koncentracija ^{210}Pb u urinu;

b) koncentracije ^{210}Pb u krvi i kosi su ujednačenije i postoji odredjeni porast koncentracija ^{210}Pb u odnosu na dužinu ekspoziconog staža u krvi, a statistički značajno povećanje u uzorcima kose /t=4,00; P<0,001/; (tab. 2);

c) Najverovatnije, zbog malog broja uzoraka i relativno kratkog ekspozicionog staža /50% radnika do 3 godine/ rezultati nisu pokazali linearnu korelaciju izmedju ukupne ekspozicije kratkoživećim potomcima radona i koncentracija ^{210}Pb u urinu, krvi i kosi, ma da statistički značajno povećanje postoji koncentracija ^{210}Pb u kosi u odnosu na dužinu ekspozicionog staža.

TAB. 1

Koncentracije ^{210}Pb u uzorcima krvi, urina i kose radnika rudnika urana G. Vas

R.Br	Rudar	God. star	God. Eksp. staža	* CWLM	Urin pCi/l	krv pCi/l	kosa pCi/gr.
1.	Ž.I.	41	3	47	2,4	6,3	o,5
2.	P.I.	38	5	7o	o,5	1o,2	4,4
3.	P.V.	44	1o	392	o,7	1o,2	o,5
4.	P.M.	27	5	7o	1,2	11,7	o,5
5.	D.S.	42	6	86	1,o	5,9	o,7
6.	G.G.	34	3	47	1,2	11,7	o,9
7.	G.A.	27	5	7o	3,3	13,4	o,2
8.	P.D.	33	2,5	41	6,o	11,7	1,7
9.	K.A.	44	5	7o	1,4	13,4	o,7
1o.	P.V.	37	2,9	46	o,5	1o,2	o,3
11.	V.A.	45	2,5	51	2,5	6,3	2,6
12.	Ž.M.	-	3	47	2,4	6,3	2,6

* Kumulativna ekspozicija kratkoživećim produktima raspada radona.

DETRMINATION OF ^{210}Pb IN URINE, BLOOD AND HAIR OF WORKERS EXPOSED TO RADON AND ITS DECAY PRODUCTS

Summary

In 12 miners of uranium mine Gorenja Vas (SR Slovenija) ^{210}Pb concentration in urine, blood and hair have been determined. Maximum cumulative exposure to short-living products of radon decay amounted 392 WLM, 50% of workers have been exposed to 50 WLM. Statistically significant increase of ^{210}Pb concentration /t=4,00; P 0,001/ in hair were found in the workers with higher duration of exposure than 3 years. Neither linear correlation was established between total exposure and ^{210}Pb concentration in urine, blood and hair, nor correlation among values of ^{210}Pb in urine, blood and hair.

Bibliografija

1. Frank E.Lundin et al,
   Niosh and Niehs for Occupational Safety and Health, Joint Monograph No 1. Nat. Fed. Inf. Serv.Spriusfield VA (1971).
2. Saccomanno G. et al
   Health Physics 1o, 1195 (1964)
3. Guidence for the control of radiation hazords in uranium mining FRC. Report No 8, 6o pp. (1967)
4. V.E. Archer, et al.
   J. Occup. Med. 4,55 (1962)
5. J.K. Wagoner, et al.,
   New Eng.J.Med. 273, 181 (1965)
6. J. Shapiro and W.F.Blac, UR-242,6 (1953)
7. J. Shapiro, UR-298 (1954)
8. W.F.Bale and J.Shapiro,
   Proc. United Nations Internat.Conf.on Peaceful Uses of Atomic Energy, 13, 233 (1955)
9. J. Shapiro, A.M.A.
   Archs. ind.Health, 14, 196 (1956)
1o. Public Health Service Publication No 494
   Department of Health, Education, and Weltare (1956)
11. S.G.Black, et al.
   Health phys. 14, 81 (1968)
12. R.L. Blachard, V.E.Archer and G.Saccomanno.
   Health Phys. 16, 585 (1969)
13. R.L. Blanchard and J.B.Moore
   Health Phys. 21, 499 (1971)
14. Stuart G.Black
   Health Physics, 7, 87-91 (1961)

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973

D. Petrović, D. Panov
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

TELESNO OPTEREĆENJE Ra^{226} KOD RUDARA U RUDNICIMA URANA

Rezime

Vršena su merenja telesnog opterećenja Ra-226 pomoću Rn-222 u izdahnutom vazduhu. Dobijeni rezultati su obračunati prema standardnoj metodi koju je dao Harley i pomoću matematičkog modela koji su dali J.L.S. Hickey i S.D. Campbell. Metoda pomoću matematičkog modela daje niži telesni depo Ra-226 (~ 10 puta) nego što daju rezultati dobijeni pomoću standardne metode. Autori u ovom radu daju korelaciju izmedju dužine radnog staža i telesnog opterecenja Ra-226.

Uvod

Procena telesnog opterećenja Ra-226 preko radona u izdahnutom vazduhu i pored nekih dilema pretstavlja interesantno i značajno merenje kod eksponiranih osoba. Najtačniji način uzimanja uzoraka i merenje su opisani od strane Hickey-a i Campbell-a (1) na osnovu radova Harley-a i saradnika(2).

Matematički model (1) polazi od toga da su granice faza odredjene i poznate, zatim da je brzina oslobadjanja radona iz organizma u toku jedne faze konstantna i da sadržaj radona u izdahnutom vazduhu i posle 3 dana pokazuje znatne koncentracije. Sve ovo je potvrdjeno radovima niza autora (2, 3), a i našim merenjima u banji sa bogatim izvorom radona (10^{-8}Ci/l) (4). Našim merenjima u toku 1971 (5) smo primetili da postoji izvesno pomeranje granica faza i/ili promene brzine oslobadjanja radona (promenljivo K) kod raznih grupa eksponiranih osoba radonu.

Našim merenjima (5) nismo pronašli ni kod grupa eksponiranih koncentracijama radona od 10^{-8} Ci/l u toku 4o min, ni kod rudara eksponiranih u toku radnog vremena (8 h) koncentracijama radona od 10^{-10} - 10^{-11} Ci/l da postoji ravnoteža izmedju radona u organizmu sa radonom u vazduhu.

Problem atmosferskog radona, a kod rudara i ekspozicija radonu u toku 8-časovnog rada, svakako povećava grešku procene telesnog opterećenja Ra-226.

Dok Hursh (6) daje vrednost za telesni depo neeksponiranih osoba od $1,2.10^{-10}$ gr Ra-226, mereno preko pepela u krematorijumu, dotle svi autori metodom preko radona u izdahnutom vazduhu daju vrednost od 6.10^{-9} gr Ra-226.

Prema ovome izgleda da merenje radona u izdahnutom vazduhu nisu u stanju da odrede normalan telesni depo radijuma zbog male vrednosti i zbog interferencije od absorbovanog radona iz okoline.

Prema Harley-u (2) i ranijim autorima za niske koncentracije 5-minutni klirens izgleda dovoljan i on je prihvaćen u standardnoj metodi.

Metode rada

Merenje i procena telesnog opterećenja Ra-226 kod rudara su radjeni prema matematičkom modelu Hickey-a i Campbell-a (1) sa jednim izuzetkom što su merenja vršena u toku II faze, a ne IV faze kao što je dato u modelu. Ovo pomeranje ima kao posledicu veću grešku merenja od one koja je data u modelu, ali sa druge strane omogućuje merenje na terenu i kod većeg broja eksponiranih osoba.

Pacijent diše 1o minuta vazduh sa niskom koncentracijom radona, a onda mu se uzimaju 3 uzorka u podjednakim vremenskim razmacima. Prilikom uzimanja uzoraka meri se brzina disanja.

Rezultati

Vršena su odredjivanja telesnog opterećenja kod 2 grupe rudara iz rudnika urana:

I grupa: Rudari koji su prestali sa radom u toku

1965 i 1966 god. (merenja su vršena sa standardnom metodom prema Harley-u (2) i metodom na osnovu matematičkog modela (1).).

II grupa: Rudari koji još uvek aktivno rade u rudniku urana (merenja su vršena metodom na osnovu matematičkog modela (1)).

Kod obe grupe odredjivan je telesni depo Ra-226 u odnosu na staž rudara u rudniku urana.

Na tabeli 1 i 2 su dati rezultati merenja I grupe rudara. Na grafiku 1 su ovi rezultati prikazani grafički.

Kod II grupe rudara nismo mogli da izvršimo procenu telesnog opterećenja ovom metodom pošto se rezultat dobijao uvek negativan.

Iz grafika 1 vidimo da kod I grupe rudara postoji p povećanje telesnog opterećenja sa dužinom ekspozicionog staža. Odnos izmedju ovih merenja (~10) potvrdjuje navode Harley-a i saradnika (2) da se standardnom metodom dobijaju uvećani rezultati od prisutnog radona u organizmu absorbovanog iz okoline.

Kod II grupe izgleda da postoji potpuno pokrivanje radona poreklom od Ra 226 iz telesnog opterećenja, radonom absorbovanim u organizmu rudara tokom 8 h rada u rudniku.

Diskusija

Harley i saradnici (2) su pokazali, da pod uslovima udisanja vazduha sa malim sadržajem radona, subjekat se oslobadja prethodno udahnutog radona, po jednačini:

$$A = A_0 e^{-kt}$$

dok se nalazi u oblasti jedne faze.
Ako uzmemo da je N delokupan radon koji potiče od absorbovanog radona iz organizma, zatim od radona iz telesnog depoa Ra 226 (B) i radona koji se nalazi u udahnutom vazduhu (C), tada je:

$$A = N - (B + C)$$

a odatle:

$$\frac{N - B - C}{N_0 - B - C} = e^{-kt}$$

$$N = N_0 e^{-kt} + (B+C)(1 - e^{-kt})$$

Ako rešimo ovu jednačinu za N = 0, tj. da nadjemo pod kojim uslovima se radon eliminiše u toku jedne faze:

$$e^{-kt} = (N_0 - B - C) + B + C = 0$$

$$e^{-kt} = \frac{-B - C}{N_0 - B - C} = \frac{-B - C}{A_0}$$

B i C su konstantni, pa prema tome izraz e^{-kt} zavisi od A_0. To znači da K i/ili t zavise od A_0 tj. da brzina oslobadjanja radona iz organizma kao i granice izmedju faza su funkcije prisutne količine radona.

Prema ovome je potpuno moguće da je klirens pluća, kod radona absorbovanog u organizmu iz atmosfere, mnogo kraći a broj faza i njihova granica bitno izmenjena.

Zaključak

Kod rudara postoji povećanje telesnog opterećenja sa dužinom ekspozionog staža. Ovaj odnos je moguće naći samo kod rudara koji su duže vreme izvan jame, zbog pokrivanja radona od telesnog depoa sa radonom, prisutnim u organizmu iz atmosfere rudnika.

Metoda na osnovu matematičkog modela daje niža rezultata (~10 puta) od standardne metode, što se slaže navodima Harley-a i saradnika (2).

Klirens pluća od radona poreklom iz atmosfere je verovatno kraći nego što je nadjeno od više autora (2,3). Ovo će biti predmet budućih istraživanja.

Ra-226 BODY BURDENS IN THE MINERS IN URANIUM MINE

D.Petrović and D. Panov

Abstract

Ra-226 body burdens was obtained by measuring of Rn-222 in breath. Obtained results was computed by standard method given by Harley and by mathematical model given by J.L.S. Hickey and S.D. Campbell. Method by mathematical model gives lower Ra-226 body burdens (~10 times) than obtained results by standard method. The autors in this paper give correlation between length of service and Ra-226 body burdens.

Literature

1. John L.S. Hickey and Samuel D. Campbell: Mathematical model for determing low Radium-226 body burdens from radon 222 in the breath. Health Physics Vol. 14,pp.119-125(1968)

2. John H. Harley, Evelyn Jetter and Norton Nelson: Elimination of Radon from the body, HASL - 32, March, 20,1958

3. A.F. Stehney and H.F. Lucas, Jr.: Int'l Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 1955, 11,49

4. Izveštaj po ugovoru YUG-2 za 196

5. Izveštaj po ugovoru YUG-2 za 1971 god.

6. Hursh and Gates, UR-119

TAB. 1

Telesni depo* Ra^{226} u odnosu na staž - I grupa

Rudar	Kvalif.	staž u rudniku urana god.	godina prestanka rada	telesni depo Ra^{226} (10^{-9} Ci)
V.V.	kopač	3,5	1966	5
S.V.	pom.kop.	2	1966	13
V.M.	pom.kop.	4	1965	1
M.D.	vozač pom.kop.	15	1965	38
Z.B.	vozač pom.kop.	9	1966	13
D.B.	pom.kop.	9	1967	21
Đ.Č.	vozač	7 i 8m.	1966	14
T.G.	pom.kop. kopač	1 i 8m.	1965	6
S.M.	jamski braver	9	1966	3o

* - merenja vršena standardnom metodom

TAB.2

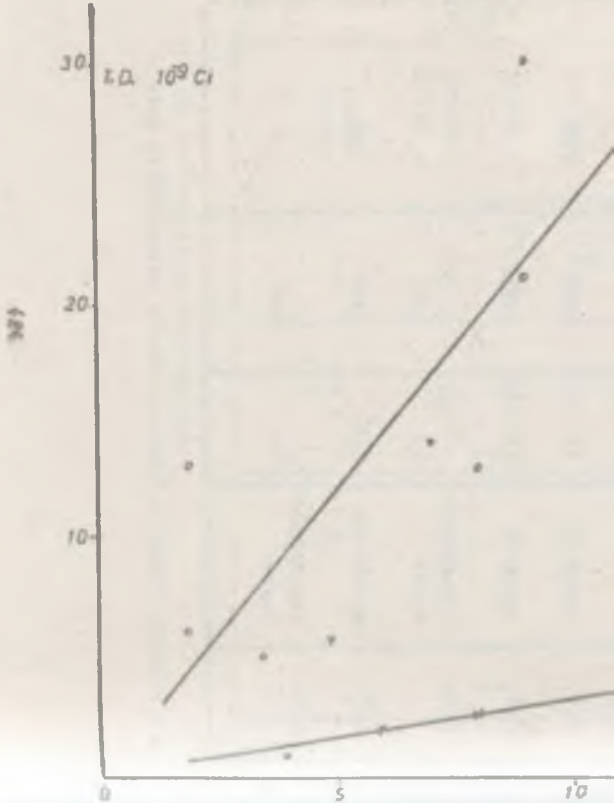
Telesni depo* Ra^{226} u odnosu na staž - I grupa

Rudar	Kvalif.	staž u rudniku urana god.	godina prestanka rada	telesni depo Ra^{226} (10^{-9}Ci)
Ć.B.	kopač	9,5	1966	96
Ž.R.	pom.kopača kopač	15	1966	1,5
Ž.D.	vozač	4,5	1966	5,8
M.Dj.	pom.kopača signalista	7	1966	2,o
M.B.	kopač	16	1966	o,5
V.Ž.	kopač	15	1965	1,9
Ć.P.	pom.kopača vozač	13	1966	5,6
D.V.	mašinista	7,8	1966	6,9
C.V.	pom.kopača vozač	9	1965	2,8

* - merenja vrsena metodom na osnovu matematičkog modela

GRAFIK 1

TELESNI DEPO Ra-226



+ MATEMATIČKI MODEL
• STANDARDNA METODA
DUŽINA EKSPOZICIJE
15 (GODINA)

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobra 1973.

Ubović Ž., Mirić I., Trajković M.
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

ANALIZA AKTIVACIJE NATRIJUMA U FANTOMIMA SA TKIVNO-EKVIVALENTNIM TEČNOSTIMA

REZIME

U ovom radu su prikazani rezultati merenja aktivacije natrijuma u fantomima napunjenim tkivno-ekvivalentnim rastvorom i vodenim rastvorom natrijum karbonata, ozračenih u različitim neutronskim poljima koja se dobijaju na reaktorima RA i RB u Vinči. Odredjeni odnosi aktivacije su uporedjeni sa odgovarajućim teorijskim vrednostima dobijenim uz pretpostavku da je verovatnoća za zahvat neutrona u oba rastvora jednaka. Odstupanja su bila u granicama od 10%.

Navedeno ukazuje da se fantomi napunjeni vodenim rastvorima natrijumovih soli mogu koristiti kao tkivno-ekvivalentni materijali prilikom analize aktivacije telesnog sadržaja natrijuma, pod uslovom da se ne očekuje veća preciznost u proceni apsorbovane doze neutrona, od one postavljene zahtevima akcidentalne dozimetrije.

U V O D

Aktivacija natrijuma u telu ozračene osobe može da se koristi za odredjivanje apsorbovane doze neutrona, posebno u slučaju akcidenta do kojeg može da dodje na različitim nuklearnim postrojenjima. Za uspostavljanje veze izmedju aktivnosti ^{24}Na i apsorbovane doze neutrona primenjuje se Hurst-Ritchie-eva jednačina(1) u različitim oblicima. Ovom jednačinom se aktivacija natrijuma opisuje na sledeći način. U tkivno-ekvivalentni fantom upadaju neutroni različitih energija. Usled interakcije sa konstituentima tkiva, oni bivaju termalizovani, a zatim vrše aktivaciju natrijuma preko $^{23}Na(n,\gamma)^{24}Na$ reakcije. (Detaljnija analiza ovih pojava je pokazala da, zbog rezonance na 2.9 keV, osetnu aktivaciju natrijuma mogu da prouzrokuju i intermedijarni neutroni)

Eksperimentalni radovi koji se odnose na proveru Hurst-Ritchie-eve jednačine(3)(4), tretiraju samo odredjene spektre

neutrona i posebne uslove ozračivanja. U većini ovih radova ozračeno tkivo je aproksimirano vodenim rastvorima natrijumovih soli (hlorid, nitrat, karbonat), bez prethodna analize da li razlika u interakciji neutrona sa vodom i tkivom utiče osetno na vrednost pojedinih parametara u Hurst-Ritchie-evoj jednačini.

U ovom radu su izmerene aktivacije vodenog rastvora natrijuma i aktivacije natrijuma rastvorenog u tkivno-ekvivalentnom materijalu. Odredjeni odnosi aktivacija su uporedjeni sa odgovarajućim teorijskim vrednostima dobijenim uz pretpostavku da je verovatnoća za zahvat neutrona u oba rastvora jednaka.

KARAKTERITIKE FANTOMA

U svim eksperimentima tkivo je aproksimirano vodenim rastvorom Na_2CO_3 i rastvorom tkivno-ekvivalentne tešnosti. U oba slučaj koncentracija je bila 1.5 mg Na/gr rastvora, što prema I.C.R.P.[5] odgovara sadržaju natrijuma u čovečjem organizmu.

Tkivno-ekvivalentni rastvor bio je sledećeg sastava: voda - 34.02 kg; urea - 4.29 kg; saharoza - 11.20 kg; krezol - 0.48 kg[6]. Gustina rastvora je približno 1.114 gr/cm^3. Procentni sastav vodonika, kiseonika, azota i ugljenika u ovom rastvoru, uporedo sa odgovarajućim vrednostima u mišićnom tkivu[7] dati su u tablici 1.

TAB. br. 1

Procentni sastav tkivno-ekvivalentne smeše i sastav tkiva

Element	H	C	O	N
Sastav tkivno-ekvival. smeše (%)	9.7	11.9	74.4	4.0
Sastav tkiva (%)[7]	10	11	75	2.6

Navedenim rastvorima napunjene su polietilenske boce srednjeg prečnika 21 cm i visine 29 cm. Ove dimenzije odgovaraju zahtevima postavljenim za fantom, tako da se aktivacija natrijuma može interpretirati Hurst- Hitchie-evom jednačinom[8]. Debljina zidova boca bila je takva (95 mg/cm^2) da se njihov uticaj na

upadni fluks neutrona mogao zanemariti[8].

IZVORI ZRAČENJA

Ozračivanje fantoma vršeno je u neutronskim poljima koja se dobijaju

- na izlazu iz termalne kolone reaktora RA (TK),
- na izlazu iz vertikalnog kanala reaktora RA, ako je snaga reaktora 6.5 MW (RA, VK-5),
- na 2 metra od tanka reaktora RB, ako je snaga reaktora 200 W(RB, 2m),
- na 3 metra od tanka reaktora RB, ako je snaga reaktora 4 kW (RB, 3m).

Detaljnija analiza ovih spektara izvršena je ranije [10][11]. Doprinos od termalnih, intermedijarnih i brzih neutrona prikazan je u tablici 2, uporedo sa vrednostima integralnih neutronskih flukseva kojima su fantomi ozračeni.

TAB.br.2
Neke karakteristike korišćenih neutronskih polja

Mesto ozračivanja	Fluks neutrona(10^{10} n·cm^{-2})			ϕ_{th} : ϕ_{int} : ϕ_f
	ϕ_{th}	ϕ_{int}	ϕ_f	
RA (TK)	57.7	-	-	
RA (VK-5)	506.1	272.6	10.24	1 : 0.45 : 0.02
RB (2m)	1.39	1.23	0.21	1 : 0.88 : 0.15
RB (3m)	12.24	10.82	1.24	1 : 0.76 : 0.10

U svim ozračivanjima identičnost ozračivanja je kontrolisana monitorisanjem pomoću Cu-detektora, a fluks neutrona je izmeren pomoću akcidentalnog neutronskog dozimetra IBK.

AKTIVNOST NATRIJUMA

Indukovana aktivnost ^{24}Na odredjena je merenjem integralne gama aktivnosti iznad praga detekcije od 0.5 MeV pomoću NaJ(Tl) kristala sa jamom veličine 2"x2"; merni uredjaj je kalibrisan standardnim rastvorom ^{24}Na.

Izmerene vrednosti aktivnosti ^{24}Na, izražene u μCi $^{24}Na/mg$ Na prikazane su u tablici 3. Kao što se iz tablice vidi, u svim neutronskim spektrima dobija se manja aktivnost za vodeni rastvor natrijuma u odnosu na aktivnost tkivno-ekvivalentne tečnosti (razlika je manja od 10%).

TAB.br.3
Izmerene aktivnosti ^{24}Na u fantomima

Mesto ozračivanja	Aktivnost ^{24}Na(μCi $^{24}Na/mgNa$).10^{-3}		$\Delta = \frac{(1)-(2)}{(1)} 100$
	Tkivno-ekvival. rastvor (1)	Vodeni rastvor (2)	
RA (TK)	0.803	0.772	+3.9
RA (VK-5)	16.88	16.40	+2.7
RB (2m)	0.0908	0.0875	+3.6
RB (3m)	0.670	0.621	+7.3

ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Eksperimentalno odredjene aktivnosti ^{24}Na u fantomima napunjenim tkivno-ekvivalentnim i vodenim rastvorima natrijuma mogu da se uporede sa teorijski predvidjenim vrednostima koje se dobijaju primenom Hurst-Hitchie-eve jednačine napisane u obliku

$$A = \frac{\Sigma_{na}}{\Sigma_{ua}} \frac{S}{\pi} \lambda \Sigma_i \bar{\xi}_i \Phi_i$$

gde je

- A - aktivnost ^{24}Na (μCi $^{24}Na/mg$ Na)
- Σ_{na} - makroskopski efikasni presek za $^{23}Na(n,\gamma)$ reakciju sa termalnim neutronima (cm^{-1})
- Σ_{ua} - ukupni makroskopski efikasni presek za reakcije korišćenog rastvora sa termalnim neutronima (cm^{-1})
- S - projekcija fantoma na pravac normalan na snop neutrona (cm^2)
- λ - radioaktivna konstanta ($3.468 \cdot 10^{-10}$ μCi/atom ^{24}Na)
- $\bar{\xi}_i$ - srednja verovatnoća za zahvat termalnih, intermedijarnih, odnosno brzih neutrona (n.c
- Φ_i - integralni fluks termalnih, intermedijarnih, odnosno brzih neutrona ($n.cm^{-2}$).

Za opisane fantome napunjene tkivno-ekvivalentnom tečnošću, odnosno vodenim rastvorom natrijuma (u oba slučaja koncentracija je 1.5 mg Na/gr rastvora), pojedine veličine u ovoj jednačini imaju sledeće vrednosti (tablica 4)

TAB.br.4
Vrednost parametara Σ_{Na}/Σ_{tot}, W i S za tkivno-ekvivalentni i vodeni rastvor Na

Rastvor	Σ_{Na}/Σ_{tot}	W_{Na}(gr)	S (cm^2)
Tkivno-ekvival.	$1.065 \cdot 10^{-3}$	9.252	392
Vodeni	$9.446 \cdot 10^{-4}$	8.310	392

Ako se uzme u obzir da je ozračivanje oba fantoma vršeno identičnim integralnim neutronskim fluksevima i ako se pretpostavi da su termalizacija neutrona i drugi faktori koji utiču na vrednost verovatnoće za zahvat u oba rastvora isti (tj. ξ vrednosti su jednake), onda se za odnos aktivnosti ^{24}Na u tkivno-ekvivalentnom rastvoru (A_{TE}) i aktivnosti ^{24}Na u vodenom rastvoru (A_{H_2O}) dobija vrednost

$$A_{TE}/A_{H_2O} = 1.012$$

Odgovarajući odnosi,dobijeni na osnovu izmerenih aktivnosti ^{24}Na u fantomima ozračenim u ranije opisanim neutronskim poljima, dati su u tablici 5.

TAB.br.5
Odnos aktivnosti ^{24}Na u tkivno-ekvivalentnom i vodenom rastvoru natrijuma

Mesto ozračivanja	Izmereni odnos aktivnosti (Q_i)	$\Delta = \frac{1.012 - Q_i}{1.012} \cdot 100$
RA (TK)	1.040	-2.8
RA (VK-5)	1.029	-1.7
RB (2m)	1.038	-2.6
RB (3m)	1.079	-6.6
Srednja vrednost	1.046	-3.4

Iz tablice 5 se vidi da su u svim slučajevima izmerene aktivnosti ^{24}Na u vodenom rastvoru niže od teorijski predvidjenih. Ovo sistematsko odstupanje može da se objasni pretpostavkom da su srednje $\bar{\sigma}$ vrednosti za vodu niže od odgovarajućih vrednosti za korišćeni tkivno-ekvivalentni rastvor. Medjutim, apsolutne vrednosti ovih odstupanja ukazuju da razlike srednjih $\bar{\sigma}$ vrednosti za vodu i tkivno-ekvivalentni rastvor treba da budu manje od 10%.

Dobijeni rezultati pokazuju da se fantomi napunjeni vodenim rastvorima natrijumovih soli mogu koristiti kao tkivno-ekvivalentni materijali prilikom analize aktivacije telesnog sadržaja natrijuma, pod uslovom da se ne očekuje veća preciznost od one postavljene zahtevima akcidentalne dozimetrije.

Resume

AN ANALYSIS OF SODIUM ACTIVATION IN TISSUE-EQUIVALENT PHANTOMS

This paper deals with sodium activation measurement in phantoms filled with tissue-equivalent and water solutions of sodium carbonate, irradiated in different neutron fields around the Vinča RA and RB reactors. The obtained activation ratios are compared with the theoretical ones, the latter being calculated under assumption that the neutron capture probabilities for the two solutions are equal. The experimental results differ from the theoretical ones in limits of 10%.

These results indicate that the water solution of sodium salts can be used for body sodium activation analysis in cases where one does not need precision better than 25%.

Bibliografija

1. Hurst G.S., Ritchie R.H., Emerson L.C., Health Physics 2, 121, 1959
2. Jones T.D., ORNL - 3849 (1965)
3. Dousset M., et al., "Activation du sodium de l'organisme humain dans le champ neutronique de l'installation C.R.A.C. Coll. sur la dosimetrie des neutrons pour la radioprotection, Vienna,11-15 De.1972, IAEA/SM-167/16
4. Smith J.W., UKAEA Rep. AERE-R 3697 (1962)
5. I.C.R.P. Recommendations, Brit.J.Radiol., Suppl. 6 (1955)
6. Akagi H., Lehman.,R.L., Health Physics 9, 207 (1963)
7. Snyder W.S., "Radiation Dosimetry", Proc. Intern. Summer S School, Vol.1, 163 (1971), Inst."Boris Kidrič", Beograd
8. Adams N., Dennis J.A., AERE -R 6008 (1969)

9. Mastrocola A., "Neutron monitoring", Proc.Symp., 575 (1967) I.A.E.A., Vienna,

10. Mirić I., et al., "Determination of leakage spectra near RB reactor", Int. publ. SESR-CI 73/129, Cadarache,(1973)

11. Ubović Ž., Mirić I., Trajković M.,"Analiza nekih faktora koji utiču na tačnost odredjivanja apsorbovane doze neutrona u slučaju akcidenta", VI simp. Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid (1972)

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22. do 26. oktobra 1973.

Živan Deanović
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

UTJECAJ ENDOGENOG HISTAMINA NA ISHOD RADIJACIJSKE BOLESTI

Primjenom antimastocitnog seruma u jednoj seriji pokusa, a u drugoj seriji davanjem spoja 48/80 i alfa-metilhistidina, nastojalo se na dva različita načina lišiti štakore njihovih zaliha histamina. Bilo serumom, bilo farmacima prethodno tretirane životinje izlagane su srednjeletalnom X-zračenju, određivana je količina izlučenog histamina i praćeno je preživljavanje.

U prvom eksperimentu s antimastocitnim serumom, koji je bio pripravljen imunizacijom kunića štakorskim mastocitima, poslužili su kao kontrola štakori imunostimulirani anti-tifus-paratifus-brucela-serumom dobivenim također iz kunića. Iako su antimastocitnim serumom prethodno tretirani štakori izlučivali u mokraći signifikantno manje histamina negoli kontrolni, ipak su na ozračenje reagirali sa gotovo istim porastom histamina u urinu. Između ove dvije grupe nije bilo signifikantne razlike u preživljavanju. Zaključeno je da u štakora mastociti nisu bitan element za preživljavanje radijacijske bolesti.

Da bi se postigla što potpunija depleacija histamina u organizmu, štakori su u drugoj seriji pokusa bili podvrgnuti intenzivnom farmakološkom tretmanu: tokom osam dana ubrizgavan im je spoj 48/80 u rastućim dozama, a posljednja tri dana dodavan je i alfa-metilhistidin. I ovako pripremljene životinje bile su u stanju na zračenje reagirati s porastom histamina u urinu. Utjecaj ovog farmakološkog tretmana na preživljavanje radijacijske bolesti još nije konačno utvrđen zbog premalog broja ovako obrađenih životinja.

U vezi s oslobađanjem histamina iz raznih tjelesnih depoa pod utjecajem zračenja mnoge su činjenice već poznate. Tako je bilo opisano smanjenje histamina u koži (1) kao i u ileumu (2) nakon ozračenja. Pod sličnim uvjetima nađeno je i povećano izlučivanje histamina u mokraći (3,4). U ozračenih štakora, kroničnо tretiranih s histamin-liberatorom spojem 48/80, Van den Brenk je (5) ustanovio signifikantno veće ugibanje nego u kontrolnih.

Općenito se smatra da je u sisavaca najveći dio histamina sadržan u mastocitima. Nakon ozračenja dolazi do degranulacije i disrupcije mast-stanica (6) što je popraćeno smanjenjem histamina u njima.

S obzirom na ove činjenice, bilo je zanimljivo ispitati da li se mijenja osjetljivost na zračenje životinja s izazvanom depleacijom mastocita, odnosno i drugih depoa histamina.

Da bismo odgovorili na pitanje značenja u tom pogledu samih mastocita, pripremili smo serum kunića protiv štakorskih mastocita, pa smo ga injicirali štakorima prije srednjeletalnog ozračenja. Za pripremu antimastocitnog seruma primijenjena je metoda opisana od Smitha i Lewisa (7) uz izvjesne manje modifikacije. Dva su kunića i.v. dobivala 8 puta unutar 15 dana suspenziju od oko 2,500.000

štakorskih mastocita prilikom svake aplikacije. U iste dane dva su druga kunića primala tifus-paratifus-brucela-vakcinu. Osim ovih i.v. injekcija, svaki je kunić jednom dobio s.c. i i.m. odgovarajući antigen, pomiješan s Freundovim adjuvansom. Nakon 10 dana kunići su iskrvareni, a odvojeni serumi su pohranjeni na -20°C. Antimastocitna aktivnost dobivenog seruma testirana je na dva načina:

1) pod faznim kontrastom mogla se vidjeti degranulacija štakorskih mastocita jedino pri dodavanju antimastocitnog seruma;

2) na Ouchterlonyjevoj agar-gel difuzionoj ploči dobivala se jasna precipitacijona linija jedino pri kontaktu liziranih mastocita s odgovarajućim antiserumom.

Traženjem optimalne doze tog antiseruma došli smo do slijedeće aplikacije: svakom štakoru 1 ml i.v. i još 4 ml i.p. seruma razrijeđenog 1:2. Na ovu količinu antimastocitnog seruma svaki je štakor reagirao intenzivnim šokom, ali nijebilo ugibanja. Štakori koji su primili kontrolni serum nisu uopće bili šokirani.

S obzirom da su Smith i Lewis (7) našli 10 dana nakon primjene antimastocitnog seruma najveće smanjenje tkivnih mastocita, to smo upravo na taj dan vršili ozračivanje životinja. Pošto se radilo o Wistar mužjacima, to je približna LD_{50} za njih iznosila 625 R.

Dva dana prije zračenja i dva dana poslije životinje su bile u metaboličkim kavezima zbog skupljanja urina u svrhu određivanja histamina. Rezultati ovih određivanja modifikacijom metode Huffa i sur. (8) prikazani su na tabeli br. 1.

TAB. br. 1.

Utjecaj X-zračenja (625 R) na izlučivanje histamina u štakora (Wistar ♂) prethodno tretiranih različitim serumima.

Štakori injicirani sa:	Srednja vrijednost izlučenog histamina (µg/24h po štakoru)		
	Tokom 2 dana prije		Tokom 2 dana poslije
Antimastocitnim serumom (33)	1,95	Δ=0,72	2,67
Anti-tifus-paratifus-brucela-serumom (34)	2,65	Δ=0,67	3,32

Jasno se uočava niža vrijednost izlučenog histamina tokom dva dana prije ozračenja u grupi koja je dobila antimastocitni serum. Međutim, na zračenje su obje grupe reagirale s gotovo istim porastom histamina u urinu tokom dva postiradijacijona dana. Znači da su životinje

dovedene u stanje deplecije mast-stanica bile ipak u stanju da na podražaj zračenjem mobiliziraju histamin iz drugih izvora.

Preživljavanje ozračenih štakora pratili smo 30 dana. Srednje vrijeme preživljavanja i postotak preživjelih prikazani su na tabeli br. 2.

TAB. br. 2.

Preživljavanje ozračenih štakora (W ♂) koji su prethodno tretirani različitim serumima.

Štakori injicirani sa:	Nakon izlaganja X-zračenju (625 R)	
	Srednje vrijeme prež. (u danima)	Postotak preživjelih (>od 30 dana)
Antimastocitnim serumom (40)	18	40
Anti-tifus-paratifus-brucela-serumom (41)	16	37

Očito je da je sposobnost preživljavanja, kao apsolutni pokazatelj težine radijacijske bolesti, u obih grupa također vrlo slična.

Iz naših eksperimenata s primjenom antimastocitnog seruma može se zaključiti:

1) supresijom mastocita lišava se organizam samo jednog dijela histaminskih zaliha;
2) takve životinje, jednako kao i kontrolne, na zračenje odgovaraju povišenim izlučivanjem histamina;
3) Supresija mastocita ne utječe bitno na sposobnost preživljavanja radijacijske bolesti u štakora.

Znajući za Kahlsonovo gledište (9) da mastocitni histamin - pošto je čvršće vezan - slabije sudjeluje u fiziološkim procesima nego li onaj labilniji histamin iz ostalih depoa, pokušali smo izazvati depleciju ovog amina u organizmu jednim drugim putem, tj. farmakološkim putem. Da bi se ovo postiglo, injiciran je štakorima histamin-liberator, spoj 48/80, a zatim još alfa-metil-histidin, koji kao inhibitor histidin-dekarboksilaze koči biosintezu histamina. Ovo farmakološko tretiranje prije izlaganja zračenju trajalo je 8 dana. Za ovaj pokus odabrane su Wistar ženke, jer one izlučuju i normalno nekoliko puta više histamina od mužjaka, pa bi se zbog toga očekivano smanjenje moglo u njih bolje prikazati. Do sada nam je uspjelo ovako tretirati svega 9 štakora uz istovremenu kontrolnu grupu od 9 životinja koje su dobivale fiziološku otopinu. Nakon ozračenja sa 700 R (s obzirom da su ženke otpornije na zračenje od mužjaka) životinje su tokom 2 dana

držane u individualnim metaboličkim kavezima zbog skupljanja urina u svrhu određivanja izlučenog histamina. Neposredno prije ozračivanja nije se u ovom eksperimentu mogao skupljati urin ni određivati histamin, jer su štakori do pred samo zračenje dobivali čak 5 injekcija dnevno. Stoga smo jedino zbog orijentacije odredili nekim životinjama količinu izlučenog histamina prije bilo kakvih injekcija. Naše preliminarne rezultate prikazuje tabela br. 3.

TAB. br. 3.

Izlučivanje histamina u štakora (W O) tretiranih farmacima, a zatim ozračenih sa 700 R.

	Srednje vrijednosti histamina u 24-satnom urinu (u µg po 1 štakoru)		
		1.dan nakon ↓	2.dan nakon ↓
Prije tretmana (6)	15,9	-	-
Farmakološki tretirani (9)	-	43,9	26,9
Kontrola (9) (fiz.otopina	-	70,5	42,1

Kako se vidi, na zračenje su bile u stanju reagirati i ove farmakološki prethodno tretirane životinje, i to prvog postiradijacionog dana sa skoro trostrukim povećanjem histamina u mokraći - za razliku od kontrole gdje je taj porast bio skoro peterostruk. Drugog dana su vrijednosti u obje grupe spale gotovo na polovinu.

Što se preživljavanja tiče, za sada su uginule jedino dvije tretirane životinje, no dok ovo pišemo ne znamo kakav će biti konačan ishod praćenja preživljavanja. Iz ovih preliminarnih rezultata farmakoloških pokusa ne može se za sada izvesti nikakve konačne zaključke; jedino se može konstatirati da ni intenzivnim farmakološkim zahvatanjem u metabolizam histamina nije bilo moguće dobiti životinje s toliko izdašnom depleocijom ovog amina da takve jedinke ne bi bile u stanju na zračenje reagirati mobilizacijom preostalih zaliha. Prema tome, ovu seriju pokusa treba nadopuniti i tek prema ishodu preživljavanja valja izvesti zaključak o stvarnom značenju oslobođenog histamina u radijacijskoj bolesti.

S u m m a r y

The radiation-induced release of histamine has been often supposed to be connected with the pathogenesis of acute radiation sickness. Therefore it would be of interest to obtain rats with depleted histamine body-stores and to test their radiosensitivity. In this aim two different approaches were applied. One experiment was performed in rats with suppressed mast-cell system by antimastocell serum, and the second one was dealing with depletion of histamine-stores obtained by compound 48/80 and alpha-methylhistidine.

After preparing a potent rabbit's anti-rat mast-cell serum, forty rats were injected 8 times i.v. and i.p. with this serum and a similar group of rats was simultaneously injected with rabbit's anti-typhus--paratyphus-brucella-serum as the control. After 10 days, a nearly middle-lethal X-irradiation was administered to all animals, and the survival through thirty days was followed. Moreover, histamine was determined in the urine collected from both groups of rats during two days before and after irradiation. The histamine excretion in the anti-mast cell pretreated group of rats was significantly lower than in the control one. However, the increase of urinary histamine after irradiation was in both groups similar. The survival data indicate that there was no essential difference in this regard between the two groups of rats. These findings demonstrate that, in spite of a strong suppression of the mast cell system, these animals still react on irradiation by liberating histamine from other body stores. The survival in both groups has been quite equal, that means mast cells in rats do not have any essential influence on the outcome of radiation sickness.

In the attempt to obtain a more complete depletion of histamine body-stores, a combined pharmacological treatment of rats was performed: compound 48/80 was administered during 8 days in increasing doses and alpha-methylhistidine was added in the course of the last three days. In the same time control rats were injected with saline. After sublethal X-irradiation, the histamine was determined in the urine collected during two postirradiation days. In pharmacologically pretreated rats the urinary histamine raised upon radiation-stimulus threefold and in control ones fivefold. So, in spite of intensive pretreatment with histamine-influencing agents, the irradiated rats were able to mobilize the rest of histamine-stores. The number of pharmacologically prepared rats is as yet too small to permit us the final conclusion concerning the radiosensitivity of these animals.

Literature

1) Eisen V.D., Ellis R.E., Wilson C.W.M., J.Physiol. 133. 506 (1956)
2) Willoughby D.A., Brit.J.Radiol. 33, 515 (1960)
3) Leitch J.L., Haley T.J., Fed.Proc. 14, 363 (1955)
4) Franzen F., Gross H., Thielicke G., Strahlentherapie 120. 598(1963)
5) Van den Brenk H.A.S., Brit.J.Exp.Pathol. 39. 300 (1958)
6) Smith D.E., Lewis Y.S., Anat. Rec. 132. 93 (1958)
7) " " J. Exp. Med. 113. 683 (1961)
8) Huff J.A., Davis V.E., Brown H., J.Lab.Clin.Med. 67, 1044 (1966)
9) Kahlson G., Rosengren E., Physiol.Rev. 48, 155 (1968)

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Darinka DEKANIĆ, Tea MALJKOVIĆ i Krista KOSTIAL
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU, Zagreb

UTJECAJ OKSITETRACIKLINA NA METABOLIZAM RADIOAKTIVNOG OLOVA

Svrha našeg rada je bila da istražimo mogućnost primjene oksitetraciklina /OTC/ za pospješenje eliminacije radioaktivnog olova iz organizma. Pokuse smo izveli na štakorima primjenom 203 Pb. Našli smo da produljena intraperitonealna primjena ovog antibiotika značajno povisuje retenciju radioaktivnog olova.

Neki kompleksirajući agensi /EDTA, BAL i penicilamin/ se uspješno koriste za pospješenje eliminacije radioaktivnog i stabilnog olova iz organizma. Antibiotici tetraciklinske skupine također stvaraju komplekse sa kationima polivalentnih metala /1, 2, 3, 4/ i zato je istraživan njihov utjecaj za depoziciju, retenciju i eliminaciju niza radionuklida /5, 6, 7/. Richards i sur. /5/ i Catsch /6/ ukazuju na izvjesnu vrijednost ovih antibiotika u sniženju retencije radioaktivnog stroncija. Taylor i sur.,/7/ ustanovili su da pretretman s tetraciklinom smanjuje retenciju torija i plutonija u kosti ali ne utječe na retenciju americija. Stoga je bilo zanimljivo istražiti utjecaj oksitetraciklina /OTC/ jednog iz skupine tetraciklinskih antibiotika, na retenciju radioaktivnog olova /^{203}Pb/.

U pokus su uzete ženke bijelog štakora dobi 7-8 tjedana težine 100-120 g. Životinje su primale 75 mg/kg OTC /Geomicin "Pliva", ampule za intravenoznu upotrebu/ jedanput dnevno, intraperitonealnim putem kroz 12 dana. Četvrti dan životinje su primile intraperitonealno dozu radioaktivnog olova /^{203}Pb/ /5.7 uCi u 1 ml/.

retencije olova pratili smo u cijelom tijelu štakora određivanjem aktivnosti olova-205 u dvodetektorskom scintilacijskom brojaču spojenom na jednokanalni amplitudni analizator kroz 12 dana.

Primjena OTC izazvala je statistički značajno povišenje retencije radioaktivnog olova koje se očitovalo od petog dana nakon kontaminacije do kraja pokusa.

The purpose of our work was to evaluate the possibility of using oxytetracycline /OTC/ for enhancing the elimination of radioactive lead from the body. The experiments were performed on rats by application of lead -203. Our results indicate that a prolonged intraperitoneal application of this antibiotic significantly increased the radiolead retention in the body.

1. ALBERT, A., Nature, 172, 201 /1953/.
2. ALBERT, A., RESS, C.W., Nature, 177, 434 /1956/.
3. WEINBERT, E.D., Bacteriol.Rev., 21, 46 /1957/.
4. IBSEN, K.H., URIST, M.R., Proc.Soc.Exp.Biol.Med., 109, 797 /1962/
5. RICHARDS, V. et al., Proc.Soc.Exp.Biol.Med., 107, 550 /1961/.
6. CATSCH, A., Nature, 197, 302 /1963/.
7. TAYLOR, D.M., CHIPPERFIELD, A.R., JAMES, A.C., Health Physics, 21, 197 /1971/.

VII Simpozijum Jugoslovenskog društva
za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26.oktobra 1973.

Mr Mirko Gačević

Institut za primenu nuklearne energije
u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Zavod za animalnu radiobiologiju,
11080 Zemun, P.O.Box 46

UTICAJ GAMA-ZRAČENJA /^{60}Co/ NA HROMOZOMSKE ABERACIJE LIMFOCITA SVINJA IN VITRO

KRATAK SADRŽAJ

Ispitivan je efekat gama-zračenja /^{60}Co/ na hromosome svinje poslije ozračivanja limfocita periferne krvi in vitro sa različitim dozama /90-825 Rad-a/. Za analizu hromozoma korišćena je kultura leukocita periferne krvi, a kao parametar u biološkoj dozimetriji poslužio je broj dicentričnih i prstenastih hromozoma /D+P/ u diploidnim ćelijama, analiziranih pod svjetlosnim mikroskopom. Hromozomska analiza izvršena je na velikom broju ćelija /4.610/ i ustanovljen odnos izmedju primljene doze zračenja i efekta /D+P/ da iznosi $Y=1,96 \cdot 10^{-5} \cdot D^{1,76}$. Raspodjela dicentričnih hromozoma po ćeliji, u ovom opsegu doze, je najsličnija Poisson-ovoj distribuciji.

U zadnjih petnaestak godina svinja se često upotrebljava kao eksperimentalna životinja u različitim istraživanjima u savremenoj radiobiologiji, imunologiji, eksperimentalnoj hirurgiji i td. Ovo zbog toga što ova vrsta domaće životinje zbog biofizičkih i fizioloških osobina /tjelesna težina i gradja, način ishrane, a naročito zbog svoje radioosjetljivosti/ u mnogome je slična čovjeku.
Zbog ovih osobina mnogi autori koriste svinju, kao najpogodniji

model za ispitivanje somatskih i genetskih efekata jonizujućeg zračenja kao i za različita biofizička mjerenja apsorbovane doze zračenja. Prema Vaiman-u i saradnicima /6/ svinja je vrlo pogodna za najrazličitije eksperimente u radiobiologiji, i da kao takve predstavljaju sponu izmedju drugih eksperimentalnih životinja /glodara/ i čovjeka.

Sve veće korišćenje radioaktivnih izotopa i zatvorenih izvora jonizujućeg zračenja u savremenom životu čovjeka /industriji, medicini, poljoprivredi i td./ i postojanje opasnosti od akcidentalnog ozračivanja i postojanje opasnosti od eventualnog nuklearnog rata postavljaju ozbiljan problem tačne i brze dozimetrije kod čovjeka i domaćih životinja. Fizička dozimetrija, zbog poznatog fenomena nejednake apsorpcije energije u različitim organima i tkivima /čvrsta i meka tkiva/ je nepotpuna i ne zadovoljava, pošto praktično svaki deo organizma primi različitu dozu zračenja. Posebno je otežana dozimetrija kod akcidentalnog ozračivanja, pošto u takvim slučajevima je otežana i fizička dozimetrija. Iz ovih razloga u poslednjih desetak godina radiobiolozi u čitavom svijetu nastoje da otkriju jedan osjetljiv i pouzdan biološki parametar za procjenu stepena radijacionog opterećenja organizma. Pokušaj sa različitim biohemijskim i hematološkim ispitivanjima ne zadovoljavaju u potpunosti, pa je problem biološke dozimetrije i danas otvoreno i vrlo aktuelno pitanje. Zahvaljujući eksperimentima SAX-a /5/ od prije trideset godina na tradescantii mikrospores, došlo se do saznanja da postoji odredjena zavisnost izmedju primljene doze zračenja i hromozomskih aberacija. Za ispitivanje efekta zračenja na nivou hromozoma čovjeka i domaćih životinja trebalo je sačekati više godina da usavrši tehnika za dobijanje hromozoma. Zahvaljujući napretku sa kultivisanjem ćelija periferne krvi <u>in vitro</u> koji ima višestruke prednosti u odnosu na druge metode za dobijanje hromozoma, omogućilo je da se ozbiljnije pristupi proučavanju ovog fenomena. Danas se smatra da su hromozomske aberacije jedan od najosjetljivijih parametara u procjeni radijacionog oštećenja, zbog čega se sve više govori o tzv. "biološkoj dozimetriji".

Cilj naših istraživanja bio je da detaljnije ispitamo promjene na hromozomima svinje, poslije ozračivanja periferne krvi <u>in vitro</u> kako bi ustanovili odnos izmedju primljene doze zračenja i odredlenog tipa hromozomskih aberacija, kako bi se na osnovu toga mogla da odredi prosječna primljena doza zračenja.

METOD I TEHNIKA RADA

Krv svinja, rase Veliki Jorkšir, oba pola i starosti 5-6 mjeseci, uzimana je punkcijom V.jugularis pod sterilnim uslovima u količini od 15-20 ml. Uzorci krvi kojima je predhodno dodat heparin /po 1 ml ili 2.500 i.J./ ozračavani su u sterilnim plastičnim epruvetama neposredno poslije uzimanja u kobaltnom izvoru na temperaturi od oko 20°C. Brzina doze bila je oko 100 R/min., a mjerena je pomoću jonizacione komore /Boldwin ionix MK3/. Za izražavanje doze u Rad-ima služili smo se metodom po Gaillard-u /1/. Uzorci krvi su ozračivani jednokratno sa različitim dozama /90-825 Rada-a/, a dužina zračenja zavisila je od veličine doze. Za citogenetska ispitivanja koristili smo kulturu ćelija periferne krvi prema metodi Haag-a i saradnika /2/. Kao hranljiva podloga korišćena je Mc COY 5a ili RPMi 1640 podloga /Eurobio, Pariz/ a kao proteinski dodatak korišćen je govedji albumin, frakcija V /Calbiochem/, ili serum telećeg fetusa /Eurobio, Paris/, u odredjenim koncentracijama, uz dodatak potrebne količine PHA. Kulture leukocita su inkubirane u vodenom kupatilu sa miješanjem na temperaturi od 36,5°C. Dužina inkubacije iznosila je 37h, a vrijeme blokiranja sa kolhicinom /0,1 ug/ml podloge/ iznosio je 13 h. Poslije zaustavljanja kulture ćelije su tretirane na uobičajni način /hipotonični šok, fiksacija, etaloniranje i bojenje/ radi dobijanja trajnih preparata. Od hromozomskih aberacija uzimali smo u obzir samo onaj tip koji se sa velikom sigurnošću može identifikovati / /preko 90%/ i pod običnim svjetlosnim mikroskopom i bez detaljne kariotipske analize, a to su dicentrični i prstenasti hromozomi u diploidnim ćelijama. Odnos izmedju doze i hromozomskih aberacija odredjen je matematički pomoću jednačine prave.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja sa više različitih doza i na velikom broju ćelija /4.610/ prikazani su na tab.1. Sa ove tabele se zapaža da sa povećanjem doze zračenja raste i procenat dicentričnih i prstenastih hromozoma. Tako kod doze od 100 Rada njihov broj iznosi 7,11% kod 300 Rad-a 44,40%, a kod 700 Rad-a 216,80% i td. Prilikom odredjivanja dicentričnih hromozoma treba da se vodi

računa da ne dodje do zabune kada je u pitanju superpozicija hromatida.

TAB.br.1.

Uticaj gama-zračenja na hromozomske aberacije svinje *in vitro* /kolhicin 24-37.h, inkubacija na 36,5°C/.

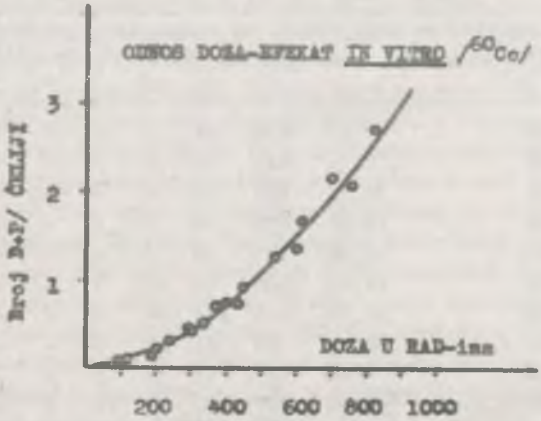
Doza Rad	Br.analiziranih ćelija	% D+P	Distribucija dicentričnih hromozoma po ćeliji								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8
90	670	5,37	635	34	1	-	-	-	-	-	-
100	450	7,11	418	32	-	-	-	-	-	-	-
138	600	10,30	538	62	-	-	-	-	-	-	-
180	300	16,00	254	46	-	-	-	-	-	-	-
234	250	31,60	175	72	3	-	-	-	-	-	-
300	250	44,40	160	72	17	1	-	-	-	-	-
335	300	51,30	169	115	14	2	-	-	-	-	-
400	150	74,00	69	61	19	3	-	-	-	-	-
425	250	77,60	113	95	34	7	1	-	-	-	-
450	300	94,00	107	128	49	12	4	-	-	-	-
595	390	135,40	90	154	94	34	15	2	1	-	-
700	250	216,80	22	58	73	69	21	7	-	-	-
750	250	209,20	17	76	76	52	20	7	2	-	-
825	200	270,50	10	35	56	53	23	11	7	3	2

SVEGA = 4.610 ćelija

Ako podatke iz tab.1. nanesemo na pravolinijski koordinantni sistem dobija se karakteristična eksponencijalna kriva /graf.br. 1/ iz koje se vidi da izmedju doze i hromozomskih aberacija postoji pozitivna korelacija /graf.br.1/. Medjutim, ako iste podatke unesemo u koordinantni sistem sa logaritamskom raspodjelom dobija se prava linija koja je pogodnija za matematičku i grafičku obradu /graf.br.2./. Koristeći jednačinu prave, matematičkim putem, dobija se odnos izmedju primljene doze zračenja dicentričnih i prstenastih hromozoma u ovim eksperimentalnim uslovima iznosi $Y = 1,96 \times 10^{-6} \times D^{1,76}$ /Y-broj dicentričnih + prstenastih hromozoma po ćeliji, K-koeficijent aberacija, D-doza n Rad-ima/. Ispitujući distribuciju dicentričnih hromozoma po ćeliji kod različitih doza zračenja ustanovili smo da je ona najsličnija

Graf.br.1.

Odnos izmedju primljene doze gama-zračenja i hronozomskih aberacija u limfocitima svinje poslije ozračivanja in vitro /kalhicin 24-37.h., temp.inkubacije 36,5°C/.

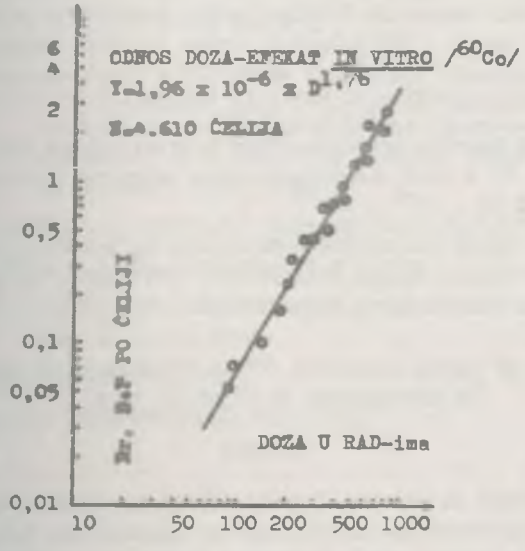


teoretskoj tzv. Poisson-ovoj distribuciji. Primjenom testa χ^2 nijesmo ustanovili statistički značajnu razliku izmedju nadjene i teoretske raspodjele dicentričnih hromozoma.

Uporedjujući naše rezultate sa podacima drugih autora /3,4/ može se zapaziti da kod istih doza zračenja mi smo ustanovili veći procenat hromozomskih aberacija. Ove razlike se javljaju vjerovatno zbog prisustva većeg broja ćelija u prvoj metafazi poslije zračenja zbog toga što je u našim eksperimentima period inkubacije ćelija bio kraći /37h/, i duže vrijeme blokiranja sa kolhicinom /13h/. Koristeći nižu temperaturu ikubacije /36,5°C/ od tjelesne temperature svinje /38,5°C/ svjesno smo to učinjeli kako bi se rezultati mogli porediti sa rezultatima dobijeni mogli uporedjivati sa rezultatima dobijenih na humanim hromozomima. Korišćenjem vrlo niske koncentracije kolhicina /1 µg/ml. podloge/ u dužem vremenskom periodu, dobija se veći broj ćelija u prvoj deobi poslije zračenja. Hromozomi svinje dobijeni na ovaj način nijesu bili mnogo kontrahoveni pa su se anomalije na njima relativno lako uočavale. Dicentrični i prstenasti hromozomi su vrlo pogodni za analizu kao parametar za procjenu primljene doze zračenja, jer sa njome stoje u odredjenoj korelaci-

Graf.br.2.

Odnos izmedju primljene doze gama-zračenja i hromozomskih aberacija u limfocitima svinje poslije ozračivanja in vitro /kolhicin od 24-37.h. tem.inkub.36,5°C/



ionoj zavisnosti. S druge strane ovaj tip aberacije normalno se ne nalazi u kariotipu neozračenih životinja i nastaje kao produkt reparacionih procesa pri radiacionom oštećenju hromozoma. Oba tipa aberacija posledice su najmanje dva pogotka ili kidanja i spadaju u grupu tzv. nestabilnih aberacija, koje postepeno iščezavaju sa deobom ćelija. Zbog toga, neobično je važno da ćelije budu u prvoj deobi posle zračenja, kada je i prinos aberacija najveći.

Z A K L J U Č A K

1. U limfocitima svinja ozračenih in vitro sa gama-zracima nastaju sve vrste hromozomskih aberacija kao kod čovjeka ili drugih sisarskih vrsta.

2. Kao najpogodniji parametar "u biološkoj dozimetriji" mogu da posluže dicentrični i prstenasti hromozomi, jer se sa najvećom sigurnošću mogu otkriti pomoću svjetlosne mikroskopije.

3. Odnos izmedju primljene doze zračenja i ovog tipa aberacija /D+P/ in vitro je eksponencijalna zavisnost. Najveći broj aberacija dobijen je kod korišćenja podloge RPMi 1640 sa 10 - 12% dodatkom seruma telećeg fetusa i pri temperaturi inkubacije od 36,5°C i blokiranjem ćelija sa kolhicilom, od 24 - 37. časa inkubacije.

4. Odnos izmedju primljene doze i hromozomskih aberacija /D + P/ u ovim eksperimentalnim uslovima, iznosio je $Y = 1,96 \cdot 10^{-6} \cdot D^{1,76}$.

5. Raspodjela dicentričnih hromozoma po ćeliji u limfocitima svinje,u opsegu doze od 90 - 825 Rad-a, je najpribližnija Poisson-ovoj distribuciji.

THE EFFECT OF GAMMA RADIATION /^{60}Co/ ON CHROMOSOME ABERATIONS OF LYMPHOCYTES IN SWINE IN VITRO

SUMMARY

The effect of gamma radiation /^{60}Co/ on chromosomes in swine was examined after the irradiation of lymphocytes from peripheral blood in vitro - with different doses /90 to 825 Rods/. In chromosome analysis was used leukocyte culture of peripheral blood, and as parameter in biological dosimetry was taken a number of dicentric and ring chromosomes /D+R/ in diploid cells, analysed by light micrsoscopy. Chromosome analysis was carried out on a large number of cells /4610/ and the relationship established between the applied dose and the effect /D+R/ was $Y=1,96 \times 10^{-6} \times D^{1,76}$. Distribution of dicentric chromozomes in cell, within the mentioned dose, was much like to the Poisson`s distribution.

L I T E R A T U R A

1. GAILLARD,D.-Application chez le porc de la dosimetrie des radiations du cobalt-60 par thermoluminescence du fluorure de lithium. Thèse de doctorat, Lyon, 1967.

2. HAAG,J., BRESSON,A., NIZZA,P.- Rapport CEA-N-1183,1969.

3. HAAG,J., NIZZA,P.- Ann.Génétique,13,87,1970.

4. McFEE,A.F., BANNER,M.W., SHERHILL,M.N.- Int.J.Radiat. Biol.21,6,513,1972.

5. SAX,K.- Genetics,23,494,1938.

6. VAIMAN,et al.- Rapport CEA-R-3001,1966.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973.

Nevenka GRUDEN, Mirjana STANTIĆ i Mirka BUBEN

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU, Zagreb

UTJECAJ OLOVA NA TRANSPORT RADIOSTRONCIJA KROZ DUODENUM

Promatran je transport radioaktivnog stroncija kroz duodenum šest tjedana starih ženki bijelog štakora koje su 7 ili 14 dana primale želučanom sondom različite doze olova. Koristila se in vitro metoda "izvrnute crijevne vreće". Rezultati pokazuju da 0.2 mg olova na dan - primjenjeno tokom 7 dana - značajno smanjuje transport stroncija u odnosu na kontrolu. 200 puta veća doza olova i dvostruko dulje pretretiranje nije utjecalo na taj efekt.

Rezultati naših ranijih pokusa (1) su pokazali da 7-dnevno pretretiranje štakora različitim dozama olova značajno smanjuje transport kalcija kroz stijenku duodenuma. To nas je ponukalo da - radi poznate sličnosti u metabolizmu kalcija i stroncija - ispitamo djelovanje olova i na transport stroncija kroz duodenum.

U našim smo pokusima koristili in vitro metodu "izvrnute crijevne vreće" prema Wilson i Wisemanu (2). Šest tjedana starim ženkama bijelog štakora, pretretiranim tokom 7 ili 14 dana različitim dozama olovnog acetata (0.002 - 0.02 - 0.2 - 20.0 - 40.0 mg olova na dan, aplicirano želučanom sondom) smo, nakon dekapitacije preparirali duodenum i inkubirali ga u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini uz dodatak stabilnog i radioaktivnog stroncija. Nakon 45-minutne inkubacije odredili smo aktivnost stroncija-85 u crijevnoj stijenci i u otopinama sa obje strane crijevne vreće.

Rezultate smo izrazili ili kao S/M omjere tj. omjer aktivnosti serozne i mukozne otopine na završetku inkubacije, ilikkao procent od početne aktivnosti mukozne otopine. Transport stroncija u duodenumu bio je značajno niži u životinja koje su 7 dana primale dnevnu dozu od 0.2 mg olova. 200 puta viša doza i dvostruko dulja primjena olova nije bitno mjenjala taj efekt. Retencija stroncija u stijenci duodenuma kontrolnih i eksperimentalnih životinja nije se razlikovala.

Six-week old female albino rats received different doses of lead acetate by gastric intubation either during one week or during a forthnight. The animals were sacrificed afterwards and strontium transfer through the duodenal wall was investigated in vitro by the "everted gut sac" method.

It was found that 0.2 mg of lead per day, administered in the course of one week, decreades strontium transfer significantly compared to the controls which received distilled water during the same time and in the same way. The effect was the same in experiments with both double pretreatment period and 200 times larger lead doses.

1. STANTIĆ,M.,GRUDEN,N.,BUBEN,M., Saopćenje na 8.Kongresu Jugoslovenskog društva za fiziologiju, Opatija 1973 (u štampi).

2. WILSON,T.H.,WISEMAN,G., J.Physiol.,London,123,116 (1954).

VII simpozijum Jugoslovenskog drustva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.
Slobodan JUGO, Tea MALJKOVIĆ i Krista KOSTIAL
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU,
Zagreb

UTJECAJ KOMPLEKSONA NA ELIMINACIJU RADIOAKTIVNOG OLOVA KOD RAZLIČITIH DOBNIH SKUPINA ŠTAKORA

Istraživali smo utjecaj kompleksona $CaNa_2EDTA$ i BAL-a na izlučivanje radioaktivnog olova /^{203}Pb/ iz tijela štakora različite dobi. Utvrdili smo da postoji značajno slabija efikasnost djelovanja oba kompleksona u 15-dnevnih štakora u usporedbi s odraslim životinjama. Fenomen se pokazao neovisnim o primijenjenoj dozi olova kao i o molarnom omjeru - komplekson : olovo. Pri ekvimolarnim koncentracijama $CaNa_2EDTA$ se pokazala kod svih dobnih skupina efikasnija od BAL-a u izlučivanju olova iz tijela štakora.

Otrovanje olovom u djece već dugo privlači pažnju mnogih istraživača. Posebnu opasnost predstavlja radionuklid ^{210}Pb za kojeg Barltrop 1969 /1/ navodi da se nakuplja u kostima djece već u najranijoj dobi i da je tamo njegova doza zračenja 3-4 puta viša nego doza radioaktivnog stroncija /^{90}Sr/. Chisolm /2/ je još 1968 ukazao na probleme terapije akutnih intoksikacija olovom u djece navodeći da je mortalitet olovne encefalopatije oko 25% uz još veći postotak trajnih oštećenja. U našim smo pokusima pokušali utvrditi da li su kompleksoni slabije efikasni u nezrelih organizama pretpostavljajući teoretski pojačano vezanje teških metala s reaktibilnim strukturama organizma u fazi brzog rasta.

Štakorima smo intraperitonealno injicirali radioaktivno olovo-^{203}PB /30-50 μc/kg/. Kao nosač radioaktivnog izotopa primijenili smo stabilno olovo u obliku aceteta u dozama od 5 mg/kg, 0,5 mg/kg i 1 μg/kg težine. Odmah nakon aplikacije olova dali smo životinjama također intraperitonealno, $CaNa_2EDTA$-e u dozi od 75 mg/kg odnosno BAL-a u ekvimolarnoj koncentraciji /24 mg/kg težine/. Aktivnost cijelog tijela životinje određivali smo u dvokristalnom scintilacijskom brojaču u raznim vremenskim intervalima sve do 144 sata nakon aplikacije kada smo životinje žrtvovali. Rezultati naših pokusa pokazuju da postoji statistički značajno slabija efikasnost oba kompleksona kod 15-dnevnih štakora u odnosu na odrasle životinje /18-tjedne starosti/. Fenomen je neovisan o primijenjenoj dozi olova kao i o molarnom omjeru - kompleksON : olovo. $CaNa_2EDTA$ se pokazala kod svih dobnih skupina značajno djelotvornija od BAL-a u izlučivanju radioaktivnog olova iz tijela štakora. Pojava slabijeg izlučivanja radioaktivnog olova iz tijela mladih organizama u komparaciji s odraslima za vrijeme terapije s kelirajućim sredstvima navodi nas na zaključak da je potrebno posvetiti još više pažnje zaštiti najmlađih dobnih skupina populacije od ekspozicije radioaktivnim nuklidima kao što je ^{210}Pb.

The influence of complexing agents $CaNa_2EDTA$ and BAL on the elimination of radioactive lead ^{203}Pb/ from the whole body of rats of different age was studied. Both complexing agents were found to be significantly less efficient in 15-day old rats than in adult animals. The phenomenon is independent of the applied dose of lead and of the molar ratio - complexing agent : lead. In all age groups $CaNa_2EDTA$ in equimolar concentrations proved to be more efficient than BAL in enhancing lead elimination from the body.

1. BARLTROP, D., Postgrad.Med.J., 45, 129 /1969/.

2. CHISOLM,J.J., J.Pediat.,73 1 /1968/.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Dinko KELLO i Krista KOSTIAL
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU,
Zagreb

GUBITAK RADIOAKTIVNOG OLOVA IZ KOSTIJU PRI SUHOM SPALJIVANJU

Namjera našeg rada je bila da ispitamo na kojoj temperaturi se mogu spaljivati kosti štakora različite starosti /2 i 17 tjedana/ bez gubitka olova iz uzoraka. Naši rezultati ukazuju da gubitak nastaje na temperaturama iznad 500°C, pri čemu je znatno viši iz kostiju starije grupe štakora.

Olovo je tipični osteotropni element i zbog toga su često korištene analize kostiju u istraživanjima veličine opterećenja ljudskog organizma radioaktivnim olovom. Kod određivanja radioaktivnog olova u kostima korištena je u procesu mineralizacije, jednako kao i u analitičkim studijama većine drugih minerala, metoda suhog spaljivanja na temperaturama između 600° i 1000°C /1,2/. Neki autori, međutim, upozoravaju na problem mogućeg gubitka olova isparavanjem kod spaljivanja kostiju na temperaturama iznad 550°C /3/, kao i pri mineralizaciji mekih tkiva na temperaturama višim od 100°C /4/, odnosno 400°C /5/. Kada mlada kost u kojoj je kalcifikacija nekompletna sadrži u odnosu na skelet odraslih organizama znatno više vezivnog tkiva, postavlja se pitanje utjecaja starosti kostiju na gubitak olova pri spaljivanju na višim temperaturama. Stoga smo našim radom nastojali uz primjenu radioaktivnog ^{203}Pb odrediti na kojoj temperaturi se gubi olovo pri suhom spaljivanju kostiju štakora različitih

starosti.

U pokus su uzete dvije dobne skupine ženki bijelog štakora starih 2 i 17 tjedana, kojima je dato intraperitonealno oko 20 µCi radioizotopa ^{203}Pb. Životinje su žrtvovane četvrtog dana nakon primjene radioaktivnog olova i izvađene su im bedrene kosti koje su očišćene od mišića, ligamenata i zglobnog veziva. Neposredno prije spaljivanja izmjerena je radioaktivnost svake kosti u dvokristalnom scintilacijskom brojaču. Bedrene kosti su spaljivane u porculanskim lončićima na temperaturama od 400°,500°, 600°, 700° i 800° C u mufolnoj peći. Nakon 48-satnog spaljivanja ponovno je izmjerena radioaktivnost kosti u istim mjernim uvjetima kao i prije spaljivanja.

Rezultati ukazuju da gubitak olova nastaje na temperaturama iznad 500°C, što je naročito izraženo kod kostiju starijih štakora.Tako se na višim temperaturama /700° i 800°C/ gubitak olova iz kostiju mladih štakora kreće u rasponu od 18 do 42% a kod starih između 53 i 72%.

The temperatures at which dry ashing of bones could be performed without a loss of radioactive lead were estimated in two groups of rats aged 2 and 17 weeks. The results obtained indicate that losses occur at temperatures exceeding 500°C and that they are higher in the bones of older rats.

1. HURSH, J.B., Science,132,1666 /1960/.
2. HOLTZMAN,R.B., Health Physics, 11, 477 /1965/.
3. PETROW, G.H., COVER,A., Analytical Chemistry, 37, 1659 /1965/.
4. HASSON, G.H.V., CHERRY, R.D., Nature, 210, 591 /1966/.
5. GLEIT, E.C., HOLLAND, D.W., Analytical Chemistry, 34, 1454 /1962/.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Tea MALJKOVIĆ, Slobodan JUGO i Krista KOSTIAL
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU, Zagreb

UTJECAJ DOBI I SPOLA NA RETENCIJU RADIOAKTIVNOG OLOVA U TIJELU ŠTAKORA

Retenciju olova-203 odredili smo u mužjaka i ženki štakora starih 3 i 18 tjedana, osam dana nakon jednokratne intraperitonealne primjene. Rezultati ukazuju da je u mladih životinja retencija bila viša nego u odraslih. U odraslih štakora mužjaci su retinirali više olova-203 nego ženke.
U drugoj grupi životinja iste dobi i spola odredili smo intraperitonealnu toksičnost olovnog acetata osam dana nakon aplikacije. Vrijednosti LD_{50} bile su niže u odraslih mužjaka nego u odraslih ženki i mladih štakora oba spola.

Poznato je da je retencija radioaktivnog olova u mladih viša nego u odraslih /1/, a također se predpostavlja da su mladi organizmi osjetljiviji na olovo nego odrasli /2/. O utjecaju spola na retenciju i toksičnost postoje do sada u literaturi vrlo oprečni nalazi.

Svrha ovog rada bila je da se istraži ovisnost retencije i toksičnosti olova o dobi i spolu eksperimentalnih životinja.

Pokus je rađen na odraslim muškim i ženskim albino štakorima starosti 18 tjedana, te na štakorskoj mladunčadi starosti oko 3 tjedna. Životinje smo kontaminirali intraperitonealno s olovom-203 uz dodatak olovnog aceteta /5 mg Pb/kg/.

Retenciju radioaktivnog olova pratili smo u cijelom tijelu štakora određivanjem aktivnosti olova-203 u toku osam dana u dvodetektorskom scintilacijskom brojaču spojenom na jednokanalni

amplitudni analizator.

Iz dobivenih rezultata proizlazi da je retencija radioaktivnog olova značajno viša u mladih štakora nego u odraslih. Također je zapažena viša retencija u odraslih mužjaka u uspoređenju s odraslim ženkama.

Na štakorima oba spola i iste starosti odredili smo osam dnevnu intraperitonealnu toksičnost olovnog acetata po Weilu /3/. Iz dobivenih rezultata vidimo da ne postoji razlika u toksičnosti između mladih štakora oba spola i odraslih ženki dok je u odraslih mužjaka olovo toksičnije.

The purpose of this work was to estimate the retention and toxicity of lead in relation to age and sex.

The whole body retention of lead-203 was determined in male and female rats aged 3 and 18 weeks eight days after a single intraperitoneal application. The retention was higher in young animals as compared to adults, and in the adult group male rats retained more lead-203 than females.

The toxicity of lead acetate was determined in another group of animals of the same age and sex eight days after an intraperitoneal application. The LD_{50} values were lower in adult males than in adult females and young animals of both sexes.

1. KOSTIAL, K., KELLO, D., HARRISON, G.E., Int.Arch.Arbeitsmsd., 31, 159 /1973/.

2. BAHLTROP, D., Postgrad.Med.J., 45, 129 /1969/.

3. WEIL, C.S., Biometrics, 8, 249 /1952/.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.
Berislav MOMČILOVIĆ
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU,
Zagreb

KINETIKA METABOLIZMA RADIOAKTIVNOG OLOVA U RAZLIČITIM ORGANIMA MLADIH I ODRASLIH ŽIVOTINJA

Metabolizam olova u mlađim dobnim skupinama još uvijek nije dovoljno poznat. Svrha je ovoga rada bila da se istraži utjecaj dobi na kinetiku metabolizma različitih doza olova označenih s olovom-203 u organima mladih i odraslih štakora. Naši rezultati ukazuju da su procesi eliminacije olova iz jetre, bubrega i krvi sporiji, a procesi depozicije u mozak, femur i zube brži u mladih nego u odraslih životinja. Porast doze usporio je eliminaciju, a ubrzao depoziciju olova u spomenutim organima, ali nije utjecao na razlike u metabolizmu uvjetovane s dobi.

Olovo-210 je slab izvor beta zračenja koji se deponira u skeletu i zbog radioaktivnog raspada prelazi u polonij-210, kojega su alfa zrake glavni činilac u ukupnoj radioaktivnosti lanca olova-210 /2/. Količina olova-210 u čovjekovoj okolini raste /3/ tako da mu je radiaciona doza u kostima djece oko 3,4 puta viša od radiacione doze stroncija-90 /4/. U prethodnom pokusu iz ovoga laboratorija prikazana je različita distribucija olova-203 u organima mladih i odraslih životinja /1/. Svrha je sadašnjeg rada da ispita ovisnost kinetike retencije i distribucije različitih doza olova o dobi.

Pokus je izveden na 15 i 120 dnevnim ženkama bijelog štakora. Životinje su jednokratno primile intraperitonealnim

putem otopinu stabilnog olova u koncentraciji od 1 µg Pb/kg ili 500 µg Pb/kg označenu sa olovom-203 /50 µCi ^{203}Pb/kg/. Skupine od 5 do 14 životinja žrtvovane su u različitim razdobljima tijekom 192 sata nakon primjene izotopa. Retencija olova-203 u jetri, bubrezima, krvi, mozgu, femuru i zubima određena je u scintilacijskom brojaču, a rezultati su izraženi u postocima injicirane doze. Kinetiku distribucije olova-203 u svakome od ispitanih organa prikazao sam jednadžbom pravca /log.Y = log.A ± Blog.X/, a razlike u nagibu pravaca i odsječaka na ordinati ispitao sam t - testom.

U ispitanome razdoblju olovo se eliminiralo sporije iz jetre, bubrega i krvi mladih životinja. Porast doze usporio je eliminaciju olova u mladih i odraslih životinja ali nije utjecao na razlike nastale uslijed dobi. U istome razdoblju olovo se brže deponiralo u mozak, femur i zube mladih životinja. Porast doze bio je praćen ubrzanom depozicijom olova u te organe mladih i odraslih životinja, ali ni ovdje nije bilo utjecaja na razlike nastale uslijed dobi.

Rezultati ispitivanja retencije olova-203 u jetri, bubrezima, krvi,mozgu, femuru i zubima potvrdili su ranije preliminarne nalaze ovoga laboratorija o utjecaju dobi na kinetiku retencije i distribucije olova-203 /1/. Prijašnji nalaz ovoga laboratorija o mnogostruko povišenoj apsorpciji olova iz probavnog trakta 5 do 7 dana starih štakora /5,6/ zajedno sa ovim rezultatima o visokoj retenciji i sporijoj eliminaciji olova iz organizma mladih štakora potvrđuju pretpostavku da se postojeći standardi ekspozicije olovu nemogu nekritički primjeniti na sve dijelove populacije, posebno malenu djecu.

The purpose of this work was to examine the influence of various doses of lead marked with lead-203 on the kinetics of lead retention and distribution in young rats as compared to adults. In young rats the elimination of lead from the liver, kidneys and whole blood was slower, while its deposition in the brain, femur and teeth was faster. Higher lead doses were found to decrease the rate of lead elimination and increase its deposition in the mentioned organs, but had no influence on the age dependent metabolic differences.

1. MOMČILOVIĆ, B., KOSTIAL, K., Second European Congress of Radiation Protection - Health Physics Problems of Internal Contamination Budapest 3-5 May 1972, Abstracts, str.31.

2. STARA J.F. et al., Health Physics, 20, 113 /1971/.

3. JAWOROWSKI, Z., Nature, 212, 886 /1966/.

4. BLANCHARD, R.L., Nature 211, 995 /1966/.

5. KOSTIAL, K., ŠIMONOVIĆ, I., PIŠONIĆ, M., Nature, 233, 564 /1971/.

6. KOSTIAL, K., ŠIMONOVIĆ, I., PIŠONIĆ, M., Environmental Research, 4, 360 /1971/.

VII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Ljiljana Novak, Dušan Panov, Slavoljub Živančević, Vajo Višnjić
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR. Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

DISTRIBUCIJA ^{210}Po U KRVI PACOVA POSLE* INTRATRAHEALNE APLIKACIJE ^{210}Po i SiO_2

Rezime

Na grupi od 16 albino pacova, izučavana je distribucija polonijuma 210 u krvi posle zajedničke intratrahealne aplikacije sa kvarcnom prašinom.

Rezultati ispitivanja su pokazali da se od date aktivnosti veće koncentracije polonijuma 210 nalaze u punoj krvi i eritrocitima posle udružene aplikacije polonijuma 210 i kvarcne prašine. Oko 93% aktivnosti u krvi nalazi se u eritrocitima posle aplikacije polonijuma 210 i SiO_2, a 85,7% posle intratrahealne aplikacije čistog polonijuma 210.

Uvod

Veliko interesovanje za biološki efekat polonijuma 210 bilo je izraženo naročito poslednjih 15 godina i to iz dva razloga:

a) zbog radioaktivne kontaminacije koja može nastati u toku raznih faza dobijanja nuklearnog goriva.

b) zbog izvanrednih mogućnosti izučavanja radiobioloških efekata koja izaziva kao relativno čist alfa emiter.

Izučavanju biološkog delovanja polonijuma 210 posvećeni su mnogobrojni radovi (1-8). Isto tako veliki broj radova posvećen je metabolizmu i distribuciji polonijuma 210 (5, 6, 1o, 11).

* Rad je finansirala Zajednica medicinskih naučnih ustanova SR Srbije.

Rezultati ovih ispitivanja su pokazali da polonijum 210 ima izrazito radiotoksično delovanje na respiratorni sistem eksperimentalnih životinja izazivajući oko 30% slučajeva karcinom i fibrogenu degeneraciju pluća, nefrosklerotične promene u bubrezima i obliteraciju malih krvnih sudova.

Sva ova ispitivanja vršena su sa čistim polonijumom 210, koji je davan eksperimentalnim životinjama raznim putevima (peroralno, parenteralno, inhalacijom). Kako se polonijum 210 u prirodi javlja udružen sa mnogim supstancama (u rudnicima urana sa neaktivnom i kvarcnom prašinom) to smo mi u našim ispitivanjima izučavali distribuciju polonijuma 210 u krvi pacova posle zajedničke intratrahealne aplikacije polonijuma 210 sa kvarcnom prašinom, radi utvrdjivanja eventualnih promena u njegovoj distribuciji.

Metod rada

Za eksperiment je odabrano 16 pacova, koji su podeljeni u dve grupe po 8 životinja. Jednoj grupi je intratrahelnom aplikacijom dato po 0,5 ml/oko 0,6 μCi) /po životinji) neutralnog rastvora polonijumnitrata, dok je druga primila po 0,5 ml suspenzije SiO_2/20 mg/ u neutralnom rastvoru polonijum nitrata iste aktivnosti.

Po dve životinje su smeštene u metaboličke kaveze i posle 48^h krv je uzeta srčanom punkcijom. Za svaku životinju uradjen je hematokrit. Centrifugiranjem jednog dela krvi izdvojena je plazma, a eritrociti su ispirani fiziološkim rastvorom. Za razaranje uzoraka krvi i odredjivanje polonijuma 210 koristi se metoda Black-a /11/.

Uzorci pune krvi, plazme i eritrocita mineralizovani su azotnom kiselinom i polonijum 210 izdvojen elektrodepozicijom na srebru. Alfa aktivnost polonijuma 210 meri se na scintilacionom brojaču.

Rezultati i diskusija

Dosadašnja izučavanja metabolizma i distribucije polonijuma 210/1-4,12/, pokazala su da se polonijum 210 dat intravenski u krvi veže većim delom za eritrocite, a manjim za krvnu plazmu. Iz krvi on se dopunjuje u jetri, slezini, plućima, limfnim čvorićima i koštanoj srži. Pomenuti organi sa retikuloendotelijalnim sistemom /RES/ imaju fagocitnu moć, te stoga fagocitiraju polonijum 210 koji se kao koloidalne čestice nalazi u krvi. Različiti putevi aplikacije polonijuma 210 u organizam dovede do različitu distribuciju u krvi i organima. Tako na primer velika frakcija polonijuma 210 posle peroralne aplikacije nalazi se u krvi vezana za eritrocite, jer polonijum 210 dat peroralno u krvi ne pravi radioaktivne koloide već se nalazi u jonskom stanju /1,8; 13/. Thomasova ispitivanja /12/ su utvrdila da se on veže uglavnom za globulinsku frakciju hemoglobina.

Distribucija polonijuma 210 posle inhalacije je slična distribuciji posle peroralne aplikacije /I4/, jer polonijum 210 u krvi ne pravi radioaktivne koloide te se veća frakcija aktivnosti veže za eritrocite.

Naša ispitivanja tabele 1 i 2 i graf. 1, su pokazala da se od date aktivnosti posle intratrahealne aplikacije polonijuma 210 sa kvarcnom prašinom, veće koncentracije polonijuma 210, statistički značajne, nalaze u eritrocitima krvi u odnosu na one koje su nadjene posle intratrahealne aplikacije polonijuma 210 sa fiziološkim rastvorom (tabela 1). Ispitivanja su isto tako pokazala (tabela 2) da se posle aplikacije polonijuma 210 sa SiO_2 od ukupne aktivnosti u krvi 93% nalazi u eritrocitima a samo 7% u plazmi, dok kod aplikacije polonijuma 210 sa fiziološkim rastvorom u eritrocitima 85,7% a u plazmi 14,3%.

Ova ispitivanja ukazuju na činjenicu da je distribucija polonijuma 210 u krvi posle udružene aplikacije izmenjena, i da zahteva dalja izučavanja radi utvrdjivanja mehanizma koji utiču na promenjenu distribuciju.

TAB. 1

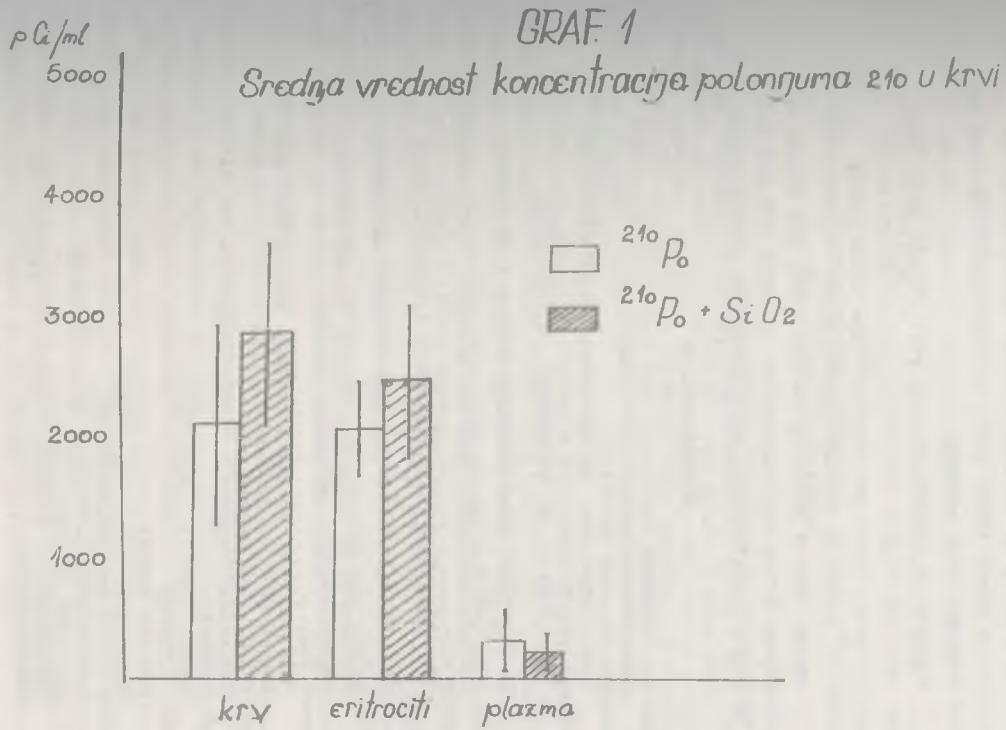
Distribucija polonijuma 210 u krvi posle intratrahealne aplikacije 0,6 μCi po životinji

Broj uzorka	Polonijum 210 pCi/ml			Polonijum 210+SiO_2 pCi/ml		
	puna krv	eritrociti	plazma	puna krv	eritrociti	plazma
1.	3937	3287	825	252o	3185	24o
2.	1478	882	246	3341	1541	26o
3.	14o2	2239	2o4	2498	28o1	257
4.	2554	1697	2o9	1174	2876	8o
5.	17oo	19o6	373	52o1	2oo6	232
6.	1371	2215	4o4	2169	1963	312
7.	2526	25o5	194	1562	1664	243
8.	-	-	-	262o	4o1o	345
Sred. vred. ± SD	2138±941	2104±74o	351±225	2635±1232	25o5±856	246±78
% od date akt.	o,36	o,35	o,o6	o,44	o,42	o,o4

TAB. 2

Procentualni odnos aktivnosti polonijuma 210 u krvi

Broj uzorka	Polonijum 210 pCi/ml			Polonijum 210+SiO_2 pCi/ml		
	Hematokrit %	eritrociti	plazma	Hematokrit %	eritrociti	plazma
1.	51	3287	825	53	3185	24o
2.	48	882	246	52	1541	26o
3.	51	2239	2o4	54	28o1	257
4.	51	1697	2o9	52	2876	8o
5.	45	19o6	373	56	2oo6	232
6.	45	2215	4o4	52	1963	312
7.	49	25o5	194	5o	1664	243
8.	-	-	-	54	4o1o	347
Sred. vred. ± SD	48	21o4±74o (85,7%)	351+225 (14,3%)	52	25o5±856 (93%)	246±78 (7%)


GRAF. 1
Srednja vrednost koncentracija polonijuma 210 u krvi
pCi/ml
5000
4000
3000
2000
1000
210Po
210Po + SiO2
kry
eritrociti
plazma

DISTRIBUTION OF ^{210}Po IN BLOOD OF RATS AFTER INTRATRACHEAL APPLICATION OF ^{210}Po AND SiO_2

Summary

In a group of 16 albino rats, distribution of polonium 210 in blood after joint intratracheal application of quartz dust has been studied.

Results of investigations were showed that form the given activity higher concentrations of polonium 210 are found in total blood and erythrocytes after joint application of polonium 210 and quartz dust.

Around 93% of activity in the blood are found in the erythrocytes after application of polonium 210 and SiO_2, and 85,7% after intratracheal application of pure polonium 210.

Bibliografija

1. Fernau A., Schramek Z.
Strahlentherapie, 3,333-342 /1913/
2. Lacassagne A., and Lattès J.
Compt. rend.Soc. de biologie, 1o,352-353/1924/
3. Lacassagne A., et al.
J. de Radiol. et dèlectrol., 9,1-14/1925/
4. Fink R.M.
Ma Graw-Hill Book Company, Inc.pp 1-53/195o/
5. Finkel P., et al.
Amer.J.Roentg.Rad.Therap.Nucl.Med.,7o,477-485/1953/
6. Casarett W.
Radiation Research supplement 5,256-321/1964/
7. Casarett W.
Radiation Research supplement 5,347-36o/1964/
8. Stannard N.J.
University of Rochester Atomic Energy Project,
Report UR-299, septembre 17/1954/
9. Stannard N.J.
University of Rochester Atomic Energy Project,
Report UR-376, january 4 /1955/
1o.Stannard N.J., and Baxter C.R.
Radiation Research V. 5,596/1956/
11.Stuart G.Black
Health Physics 7,87-91/1961/
12.Robert G. Thomas
Doctors Thesis
Rochester, New Jork, /1955/
13.Casarett J.L., and Stannard J.N.,
J.Pharm.Exptl.Therap.113/1,9-1o/1955/
14.Berke L.H., and Di Pasqua C.A.,
University of Rochester Atomic Energy Project
UR-495 /1957/

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973.

Mirjana STANTIĆ, Nevenka GRUDEN i Mirka BUBEN

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU, Zagreb

TRANSPORT RADIOAKTIVNOG STRONCIJA, OLOVA I KALCIJA KROZ CRIJEVNU STIJENKU

Koristivši in vitro tehniku "izvrnute crijevne vreće" ispitivali smo transport radioaktivnog stroncija, olova i kalcija u raznim segmentima tankoga crijeva 6 i 16 tjedana starih ženki bijelog štakora. Rezultati pokazuju da se kroz stijenku tankoga crijeva mladih i starih životinja kreće značajno više kalcija i stroncija nego olova; Medjutim, olovo se kod svih životinja značajno više zadržava u stijenci crijeva. Osim za kalcij (u duodenalnom segmentu) efekt dobi nismo primijetili.

Medju tvarima koje zagadjuju čovjekovu okolinu značajna uloga pripada radioaktivnom stronciju i olovu. To tim više što je njihov metabolizam sličan metabolizmu kalcija koji je čovjeku neophodan. Mi smo na 6-tjednim štakorima pokazali da je transport olova kroz stijenku tankoga crijeva znatno niži od transporta kalcija (1). Razlike su najizrazitije u duodenumu gdje se kalcij dobrim dijelom transportira aktivno. Zanimalo nas je kakvi odnosi u transportu radioaktivnog stroncija, olova i kalcija postoje kod štakora starije dobi i koliko se od ovih izotopa u toku kretanja kroz crijevo zadržava u njegovoj stijenci.

Segmente duodenuma, jejunuma i ileuma 6 i 26 tjednih ženki bijelog štakora smo preparirali prema Wilson-Wisemanovoj metodi (2). S mukozne i serozne strane izvrnute crijevne vreće nalazila se modificirana Krebs-Ringerova otopina. Radioaktivne izotope (^{85}Sr, ^{203}Pb i ^{45}Ca) smo dodali mukoznoj otopini. Nakon inkubacije od 45 minuta mjerili smo aktivnost mukozne i serozne otopine i crijevne stijenke. Mjerilo transporta izotopa bio nam je omjer aktivnosti otopine sa obje strane crijevne stijenke !S/M). Količina izotopa zadržanog u stijenci crijeva izražena je kao postotak od početne aktivnosti mukozne otopine (prije inkubacije).

Rezultati su pokazali da se starenjem štakora izrazito smanjuje jedino transport kalcija u duodenumu. Ovom metodom nismo pri-

mijetili bitan efekt dobi na transport stroncija i olova, a ni kalcija u distalnim dijelovima crijeva.

U starih i mladih štakora transport olova je duž čitavog tankog crijeva izrazito niži od transporta stroncija i kalcija. Medjutim, kod svih se životinja u stijenci tankog crijeva zadržava 1-3 puta više olova nego kalcija i stroncija.

The transfer of radioactive strontium, lead and calcium through different segments of small intestine was investigated by the "everted gut sac" technique in 6 and 26 week old female albino rats.

It was found that significantly more calcium and strontium than lead passes through the intestinal wall, irrespective of the animals' age. However, there was more lead retained within the intestinal wall of all animals. Age dependence was observed only for calcium transport through the duodenal wall.

1. GRUDEN,N., 8th Annual meeting of the Eupean Society for Radiation Biology, Baško Polje,Jugoslavija, 1971, Abstracts str, 53.
2. WILSON,T.H.,WISEMAN, G., J.Physiol.,London, 123,116 (1954).

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973

Višnjić V., Panov D, Kiliberda M. i Leposavić M.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS "Dr D. Karajović" - Beograd

UTICAJ DUGOTRAJNE INHALACIJE RADONA, PRODUKATA RASPADA I KVARCNE PRASINE NA RESPIRATORNI SISTEM PACOVA*

Rezime

Ispitivan je simultani uticaj inhalirane kvarcne prašine i radona sa produktima njegovog raspada na pluća pacova. Životinje su izlagane koncentraciji kvarcne prašine 50 do 100 mg/m^3 i radona 10^{-7}Ci/l vazduha. U toku i na kraju 18-mesečne ekspozicije posmatrano je:1. Mortalitet, 2. Morbiditet, 3. Telesna težina, 4. Težina vlažnih pluća, 5. Numeričke vrednosti uobličenih elemenata periferne krvi i koagulacija krvi i 6. Histopatološki nalazi u plućima. Rezultati pokazuju da inhalacije radona stimuliše razvitak silikoze.

Radnici u rudnicima urana izloženi su inhalaciji štetnih faktora: a) silikogene prašine, b) radioaktivne prašine, radiuma i urana i c) radona sa njegovim raspadnim produktima.

Štetnost silicijumdioksida odavno je poznata. Druga dva faktora posle inhalacije i prodiranja u organizam izazivaju promene usled dejstva jonizujućeg zračenja.

Još 1904 godine nadjeno je da radon izaziva promene u krvi i epitelu respiratornog trakta (1).

Veliki broj savremenih istraživača opisao je promene u respiratornim organima i pojavu malignih oboljenja pluća radnika(2)

* Ovaj je rad finansiran od Medjunarodne atomske agencije (IAEA), Zajednice medicinskih naučnih ustanova SR Srbije i instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS "Dr D. Karajović"

i životinja (3) izloženih udisanju radioaktivnih čestica. U sklopu ovih istraživanja ispitivan je uticaj radona i kvarcne prašine na disajne organe eksperimentalnih životinja i ljudi. Zapaženo je da kombinovani uticaj ovih faktora modificira silikotične procese i izaziva maligne alteracije (4,5).

U našem Institutu, prethodnim eksperimentima ustanovljeno je da 3-mesečna inhalacija radona (7,3 do 10,4 x 10^{-9} Ci/l) ne modificira silikozu pacova izazvanu intratrahealnim unošenjem 15 mg SiO_2 u pluća. Rezultati 9-mesečne inhalacija radona (10^{-7}Ci/l) i kvarcne prašine (50 do 100 mg/m^3) u potpunosti se poklapaju sa prethodnim (6).

Da bi objasnili izvesna neslaganja rezultata naših eksperimenata i rezultata nekih stranih istraživača preduzeli smo dugoročnu ekspoziciju pacova inhalaciji kvarcne prašine i radona, jer i priroda patoloških procesa koji se očekuju kao posledica simultanih efekata malih doza radona i silicijumdioksida zahteva dugotrajnu ekspoziciju.

MATERIJAL I METODI ISTRAŽIVANJA

Životinje

Za ovo ispitivanje uzeto je 128 pacova, soja "Wistar", ženskog pola, starosti 2,5 do 3 meseca. Pacovi su podeljeni u 4 podgrupe: 1. za inhalaciju radona, u daljem tekstu podgrupa "radon", 2. za inhalaciju kvarcne prašine, podgrupa "kvarc", 3. za inhalaciju radona i kvarca, podgrupa "radon-kvarc" i 4. podgrupa "kontrola".

Komore za inhalaciju

Za ekspoziciju životinja izgradjene su dve identične komore (Sl.1) od kojih je komora za inhalaciju radona hermetički zatvoren sistem. Za vreme inhalacije osnovni faktori mikroklimata:koncentracija kiseonika, ugljendioksida, vlažnost i temperatura vazduha korigovani su i održavani u tolernatnim granicama. Komora za inhalaciju kvarcne prašine predstavlja otvoren sistem

Sl.1. Komora za ekspoziciju pacova radonu i kvarcnoj prašini

u kome su parametri mikroklimata obezbedjeni stalnim protokom vazduha. /koeficijent ventilacije 10 do 12/.

Uslovi ekspozicije

Ekspozicija je vršena u toku 18 meseci. Tri puta nedeljno životinje su inhalirale prašinu kvarca i tri puta nedeljno radon sa produktima njegovog raspada. Dnevna ekspozicija iznosila je po 5 sati, što iznosi 1.170 sati inhalacije kvarcne prašine i isto toliko radona sa potomcima.

Hemijski sastav kvarcne prašine je: 98,80% SiO_2; 0,72% Al_2O_3; 0,03 Fe_2O_3; 0,14% glina. Koncentracija prašine bila je u toku prvih 6 meseci 50 mg/m^3, a u toku narednih 12 meseci 100 mg/m^3 vazduha. Na nivou disanja životinja 90% čestica bilo je prečnika manjeg od 3 mikrona.

Predhodnim ispitivanjem pomocu intratrahealnog testa sa 20 mg prašine po pacovu utvrdjeno je da ova prašina izaziva umerenu fibroproduktivnu reakciju pluća sa histološkom slikom karakterističnom za eksperimentalnu nodularnu silikozu.

Kao izvor radona korišten je Ra-226. U momentu unošenja u komoru za inhalaciju radon je bio u ravnoteži sa svojim potomcima. Koncentracija radona iznosila je 1 do 2 x 10^{-7} Ci/l vazduha komore.

Uzimanje i obrada materijala

Jedna polovina životinja iz svake podgrupe žrtvovana je posle 9 meseci, a druga polovina posle 18 meseci ekspozicije. Žrtvovanje je izvršeno u etarskoj narkozi iskrvarenjem u predelu abdominalnog krvotoka.

Radi ispitivanja toksičnih efekata radona i kvarcne prašine, kod životinja eksponovanim pod gore opisanim uslovima posmatrano je: 1. mortalitet, 2. morbiditet, 3. telesna težina, 4. težina vlažnih pluća, 5. numeričke vrednosti upbličenih elemenata periferne krvi i koagulacija krvi, 6. histopatološki nalazi u plućima.

REZULTATI I DISKUSIJA

1. Mortalitet

Za vreme eksperimenta uginulo je ili prinudno žrtvovano zbog bolesti ukupno 26 životinja, odnosno oko 20%. Broj ovih slučajeva podjednako je učestan u sve četiri podgrupe. Više od polovine slučajeva pada u poslednjih 5 meseci ekspozicije.

2. Morbiditet

Uzorci koji su doveli do uginuća ili prinudnog žrtvovanja su afekcije, na prvom mestu, respiratornog trakta, zatim unutrašnjeg uva, a urinarni i digestivni trakt javljaju se samo u malom broju slučajeva.

Pored napred navedenih slučajeva koji su isključeni iz eksperimenta, od interesa je da je počev od jedanaestog meseca ekspozicije klinički zapažena pojava tumora, podkožne lokalizacije, u predelu grudi i prepona. Anatomo-patološki i histopatološki je utvrdjeno da se radi o fibroadenomima.

Tumori se javljaju u svim podgrupama i to: "radon"- 2, "kvarc" - 1, "radon-kvarc" - 3 i "kontrola" - 2 slučaja. Prva pojava tumora opažena je u kontrolnoj podgrupi,a u podgrupi "radon-kvarc" nadjeni su najveći tumori (60 i 75 gr.).

3. Telesna težina kreće se u fiziološkim granicama,

4. Težina vlažnih pluća

Težina vlažnih pluća, ili odnos ove težine prema telesnoj težini najveći je u podgrupi "radon-kvarc" (0,69%), manji u podgrupi "kvarc" (0,62%), a u podgrupama "radon" i "kontrola" nalazi se u fiziološkim granicama (o,53% i 0,49%).

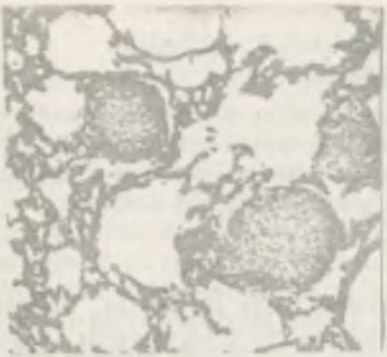
5. Periferna krv

Analiza srednjih vrednosti broja eritrocita, leukocita, retikulocita, sadržaja hemoglobina kao i ispitivanje koagulacije krvi pomoću tromboelastografa, nije dalo rezultate koji bi bili pogodni za utvrdjivanje toksičnih efekata radona i silicijumdioksida.

6. Patohistološki nalazi u plućima

U bronhijalnom stablu pacova podgrupe "radon" nalazi su istovetni kao u podgrupi "kontrola". Uporedjivanjem histološke slike parenhima pluća ovih podgrupa može se konstatovati da je parcijalna hiperemija, eksudacija i hipercelularnost alveolarnih zidova jače izražena u podgrupi eksponovanoj radonu.

U plućima pacova izloženih inhalaciji kvarcne prašine ističe se pojava silikotičnih čvorića, različite starosti, raspoređenih pojedinačno, (Sl.2) ili u grupama, gde su pojedinačni čvorići često konfluisali. Kolagena vlakna, morfološki, imaju izgled zrelih vezivnih vlakana, bez znakova distrofije. Limfni čvorići medijastinuma uvećani su. U njima se nalaze mnogobrojne ostrvca epitelioidnih ćelija, silikotični čvorići usamljeni, a najčešće sliveni tako da se granice izmedju njih ne raspoznaju. Najveći deo limfnog čvorića predstavljaju sklerotično promenjene oblasti u kojima se nalazi samo manji broj ćelijskih elemenata (Sl.3).



Sl.2. Podgrupa "kvarc" Silikotični čvorići u plućima pacova./H.E./

Sl.3. Grupa "kvarc" Skleroza medijastinalnog limfnog čvorića.(Impregnacija srebrom).

U histološkoj slici pluća pacova eksponovanih inhalaciji kvarcne prašine i radona sa njegovim potomcima dominiraju granulomi - silikotični čvorići, najčešće u svemu identični onima opisanim u prethodnoj grupi. U manjem broju slučajeva u histološkom isečku zapaža se da su čvorići brojniji, sliveniji i nešto zrelije evolucije /Sl.4./. Intersticijum je nešto jače izmenjen u smislu jačeg zadebljanja alveolarnih septa i polje izražene ćelijske infiltracije. U limfnim čvorićima medijastinuma ostrvca epitelоidnih ćelija su brojnija i veća (Sl.5.), a u difuzno sklerozovanim partijama mestimično je izražena hijalinoza vezivnog tkiva, (Sl.6). Parenhim limfnog čvorića sveden je na minimum.

Sl.4. Podgrupa "radon-kvarc". Konglomerat silikotičnih čvorića u plućima /H.E./

Sl.5. Podgrupa "radon-kvarc" Ostrvca epiteloidnih ćelija u limfnom čvoriću medijastinuma. /H.E./

Sl.6. Podgrupa "radon-kvarc" Skleroza limfnog čvorića medijastinuma sa hijalinom distrofijom./H.E./

ZAKLJUČAK:

Inhalacija radona i produkata njegovog raspada utiče na silikotične procese u plućima pacova. Taj se uticaj ogleda u stvaranju većeg broja silikotičnih čvorića, njihovoj češćoj konfluenciji i bržoj evoluciji.

Eksperimentalna silikoza pacova je nodularnog tipa i pod opisanim uslovima ekspozicije radon nije izazvao maligne alteracije.

SUMMARY:

It is studied the joint effects of radon and its decay products and SiO_2 on rats Lungs. It is examined the influence of these factors under a long term exposure of 18 months. The animals were exposed to radon in concentration of 10^{-7} Ci/l and to quartz dust from 50 to 100 mg/m^3. In order to examine the toxic effects of radon and quartz during and at the end of 18 month exposure it has been analized the following: 1. Mortality, 2. Morbidity, 3. Body weight of the animals, 4. Fresh lung weight, 5. Numerical values of cellular elements of peripheral blood and blood coagulation and 6. Pathohistologic findings in the

lungs. It is found that 18 months exposure to radon has influenced the silicotic processes in the lungs. This influence is reflected in producing of a larger number of silicotic nodules, its more frequent confluence and faster evolution. Experimental silicosis of the rats due to radon influence is of nodular type and under these conditions of exposure radon did not cause malignat alteration.

BIBLIOGRAFIJA:

1. Bouchard, Ch., Curie, P. et Balstazared, K.: Action physiologique de l'élimination de radium. C.R.Acad.Sci./Paris/. 138, 1348, 1904.

2. Saccomanno, G. et al.: Health physics 10, 1195, 1964

3. Šabad, L., M.: Očerki eksperimentalnoi onkologii, Moskva, 1947.

4. Kušneva, V.S.: Osobenosti tečenija eksperimentalnovo silikoza pri vdihanije radona. Gigiena truda i profesionalnije zabolevanija, No. 1, 22, 1960

5. Perraud, R. et al: Cancers poulmonaires expérimentaux chez le rat après l'inhalation de radon associé à des poussières non radioactives. C.R. Acad. Sc. Paris, t.270, p.2594, 1970.

6. Kilibarda, M. et al.: Etude sur l'influence du radon et de quartz sur les poumons des rats. Premièr Congres europien de radioprotection, Menton 9-11 octobre 1968.

PROMENE U PERIFERNOJ KRVI PACOVA ZRAČENIH MIKROTALASIMA(2400 MHz) U USLOVIMA PRODUŽENE EKSPOZICIJE.

dr.Zoran Djordjević,dr.Aleksandar Kolak
Vazduhoplovnomedicinski institut u Zemunu

Savremenu civilizaciju karakteriše široka primena elektronske tehnike.Medju sredstvima ove tehnike radari zauzimaju značajno mesto.Njihova osnovna funkcija je otkrivanje objekata u prostoru sa kojim nije uspostavljen vizuelni kontakt.Zahvaljujući ovoj funkciji radari su našli široku primenu u savremenoj vojnoj tehnici,kao i u civilnom vazdušnom i vodenom saobraćaju.Radari šalju u prostor elektromagnetske talase visoke frekvencije,koji se zbog svojih relativno malih talasnih dužina nazivaju mikrotalasima. Pošto ovi uredjaji predstavljaju moćne izvore mikrotalasnog zračenja to problem zaštite ljudi od nepoželjnog delovanja ovog zračenja postaje sve aktuelniji.

Poznato je da mikrotalasno zračenje visokog intenziteta može da dovede do teških poremećaja i oštećenja,pa i brze smrti organizma izloženog u polju zračenja(1,2,5,7,13,15).Stepen i brzina nastalih oštećenja u živom tkivu zavise od više faktora,medju kojim su najvažniji sledeći: 1. intenzitet zračenja,2. trajanje ekspozicije i 3. biološke karakteristike zračenog organizma (3,4,6,7,9,14). Kada se radi o visokim intenzitetima mikrotalasnog zračenja postoji saglasnost svih stručnjaka u svetu o biološkim efektima ovakvih intenziteta,medjutim kada se radi o manjim intenzitetima,mišljenja su često podeljena(7,8,14,15). Tako naprimer većina istrašivača SAD i drugih zapadnih zemalja smatra da mikrotalasno zračenje čiji intenzitet nije veći od 10 mW/cm^2 ne izaziva značajne promene u

zračenom organizmu (6,7,9,11,14),dok s druge strane sovjetski i drugi istraživači istočnih zemalja stoje na stanovištu da mikrotalasno zračenje intenziteta od samo nekoliko mW/cm^2 može da dovede do evidentnih promena i oštećenja u zračenom organizmu,(1,4,8,13). Ovakve kontradiktornosti ukazuju na činjenicu da biološki efekti mikrotalasnog zračenja nisu još dovoljno proučeni i da mnoga ključna pitanja iz ove oblasti još čekaju na prave odgovore.Sa namerom da daju svoj doprinos u rešavanju ove problematike koja postaje sve aktuelnija,stručnjaci Vazduhoplovnomedicinskog instituta u Zemunu već više godina rade na obimnom programu istraživanja bioloških efekata mikrotalasnog zračenja ispitujući i posmatrajući zdravstveno stanje reprezentativnih grupa tehničara koji rukuju raderskim uredjajima u RV i PVO,kao i proučavajući efekte zračenja u eksperimentalnim radovima na životinjama.

U radu čiji će rezultati biti prikazani ispitivani su biološki efekti relativno slabijih intenziteta mikrotalasnog zračenja(10 mW/cm^2) u uslovima produžene ekspozicije eksperimentalnih životinja u polju zračenja.

Materijal i metode

Ispitivanja su vršena na mužjacima pacova Wistar soja, težine 220-260 gr.Pre izlaganja mikrotalasnom zračenju životinje su bile podeljene u 4 eksperimentalne grupe (po 10 pacova). Prva grupa izlagana je mikrotalasnom zračenju u toku 10 dana (po 2 časa svakodnevno),druga grupa 20 dana i treća grupa 30 dana (po 2 časa svakodnevno).Četvrta grupa izlagana je u toku 20 minuta intenzitetu od 50 mW/cm^2.Svaka od navedenih eksperimentalnih grupa imala je svoju kontrolnu grupu (po 10 pacova). Eksperimentalne i kontrolne grupe životinja pre i u toku ek-

-sperimenta,bile su držane u istim uslovima nege i ishrane. Pre izlaganja mikrotalasnom zračenju i posle serije zračenja pacovima su uzimani sledeci biološki parametri: rektalna temperatura,telesna težina,krvna slika sa leukocitarnom formulom, trombociti,hematokrit,a takodje su vršena oftalmološka ispitivanja primenom oftalmoskopa i biomikroskopa.Po završenom zračenju eksperimentalne grupe,zajedno sa svojim kontrolnim grupama bile su stavljane u barokomoru gde su izlagane veštačkoj visini(11.500 met.) do uginuća,pri čemu je registrovano vreme preživljavanja svake životinje.

Eksperimentalne grupe izlagane intenzitetu od 10 mW/cm^2 mikrotalasnog zračenja bile su istovetno tretirane na navedeni način,dok je četvrta grupa zračena jednokratno u toku 20 minuta, intenzitetom od 50 mW/cm^2 bila podvrgnuta samo testu u barokomori,dok je u toku ekspozicije zračenju bila kontinuirano registrovana rektalna temperatura.Ova eksperimentalna grupa izlagana visokim dozama mikrotalasnog zračenja za kratko vreme (20 min.) služila je za proveru štetnih efekata visokih doza mikrotalasa,kao i za uporedjenje sa grupama koje su bile izlagane slabijim intenzitetima u produženom trajanju.

Kao izvor zračenja korišćen je mikrotalasni generator za medicinsku dijatermiju "Meditron 200" koji emituje mikrotalase frekvence od 2400 MHz,odnosno 12 cm talasne dužine. (Slika 1)

Intenzitet zračenja u eksperimentalnom polju odredjivan je meračem gustine elektromagnetskog polja tipa "Sperry"(SAD) (Slika 2)

Životinje su izlagane zračenju u kavezima posebno konstruisanim za ove eksperimente u Vazduhoplovnomedicinskom institutu u Zemunu.Za vreme zračenja životinje nisu bile aneste-

posle zračenja intenzitetima od 10 i 50 mW/cm^2.
(Slika 9)

Statističkom obradom podataka o dužini preživljavanja grupe pacova,predhodno zračenih 30 dana(po 2 časa svakodnevno), i kontrolne grupe,nije utvrdjena statistički značajna razlika.Medjutim,grupa zračena 20 minuta sa 50 mW/cm^2,signifikantno je kraće živela od svoje kontrolne grupe,što se može zapaziti i posmatranjem grafičkog prikaza preživljavanja u barokomori.Tako naprimer,odmah pada u oči da su sve eksperimentalne životinje ove grupe uginule do 5 minuta boravka u barokomori,dok su kontrolne životinje preživljavale i do 10 minuta.

Diskusija

U našim eksperimentima utvrdjeno je prisustvo termičke reakcije u pacova izazvane mikrotalasnim zračenjem intenziteta 10 mW/cm^2.Ovi rezultati posebno su zanimljivi,pošto o biološkim efektima mikrotalasnog zračenja intenziteta 10 mW/cm^2, postoje oprečna mišljenja u stručnoj literaturi. Tako naprimer, JOLY(7) u svojoj studiji o mikrotalasima navodi podatak da do porasta telesne temperature pacova dolazi tek pri primeni intenziteta zračenja od 40 mW/cm^2.Medjutim PRESMAN(13) u svojoj opširnoj monografiji o elektromagnetskim zračenjima,tvrdi da mikrotalasno zračenje,santimetarskog područja talasnih dužina, dovodi do povecanja telesne temperature pacova već kod primene intenziteta od 10 mW/cm^2.Naša ispitivanja su pokazala da zračenje pacova mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm^2 u uslovima produžene ekspozicije,dovodi do porasta rektalne temperature u toku prvih 30 minuta zračenja za oko 1°C,a zatim dolazi do stabilizacije temperature na tom nivou do kraja dvočasovnog izlaganja životinje zračenju.

Mada naša namera nije bila da istražujemo efekte visokih doza mikrotalasnog zračenja,mi smo ipak radi evidentiranja promena u organizmu pod uticajem mikrotalasa,podvrgli jednu grupu eksperimentalnih životinja kratkotrajnom zračenju(20 min.) u polju intenziteta 50 mW/cm^2.Tom prilikom je registrovan snažan termički efekat mikrotalasa,koji sigurno dovodi do smrti životinje ukoliko se ekspozicija produži.U toku 20 minuta zračenja zabeležen je porast rektalne temperature u pacova za oko 6°C,a pri kraju ovog perioda životinje su dolazile u stanje maksimalne iscrpljenosti.

Rezultati ispitivanja periferne krvi u pacova izlaganih mikrotalasnom zračenju intenziteta 10 mW/cm^2 ukazuju na neke karakteristične promene,koje bi se ukratko mogle opisati kao tendencija ka citozama u prvim fazama zračenja,do 20 dana izlaganja životinja u polju zračenja.Ove promene su lakšeg stepena i kod produžene ekspozicije,do 30 dana zračenja,zabeležena je tendencija ka vraćanju vrednosti krvnih slika na ishodni nivo.Navedena kolebanja broja nekih elemenata krvnih slika mi smo skloni da smatramo posledicama termičkog efekta,koji je mada slabog intenziteta ipak bio zabeležen u našim eksperimentima sa 10 mW/cm^2.Može se predpostaviti da termički efekat izaziva generalizovanu stres reakciju,uključujući i hipofizno-adrenalnu reakciju i porast tonusa simpatikusa,što konačno dovodi do promena u perifernoj krvi koje su evidentirane u našim ispitivanjima.Kasnija tendencija ka normalizovanju vrednosti u krvnim slikama dopušta predpostavku da se radi o pozitivnoj reakciji adaptacije na ovakav relativno slabiji intenzitet zračenja.

U nama dostupnoj literaturi nismo imali prilike da se sretnemo sa radovima koji su ispitivali mikrotalasne katarakte u

pacova.U radovima koje smo upoznali uglavnom su tretirani psi,zečevi i morska prasad i to visokim intenzitetima mikrotalasnog zračenja(1,3,6,11,13).Zanimljivo je da PRESMAN(13) navodi podatak da su sovjetski istraživači otkrili katarakte u ljudi koji su se hronično izlagali mikrotalasnom zračenju intenziteta manjeg od 10 mW/cm^2.,dok mi,u našim ranijim ispitivanjima izvršenim na ljudima zaposlenim u radarskim stanicama, nismo uspeli da otkrijemo mikrotalasne katarakte(5).Takodje ni BARRON sa saradnicima nije otkrio promene na očima koje bi se mogle staviti u vezu sa mikrotalasnim zračenjem,mada je ispitivanjima bila podvrgnuta veća grupa radarista sa dugim radnim stažom u zoni moćnih radara(2).Naši rezultati oftalmoloških ispitivanja u ovom eksperimentalnom radu potvrdili su našu predpostavku da mikrotalasno zračenje u uslovima ekspozicije kakvu smo mi primenili i intenziteta od 10 mW/cm^2,ne dovodi do stvaranja katarakti u oku zračenih pacova.

Test preživijavanja u barokomori na veštačkoj visini od 11.500 metara imao je za cilj da proveri stanje otpornosti na hipoksiju životinja predhodno izlaganih mikrotalasnom zračenju. Rezultati ovih ispitivanja pokazali su da produženo izlaganje pacova mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm^2 ne dovodi do poremećaja osnovnih fizioloških funkcija takvog stepena da bi se to značajno odrazilo na otpornost zračenih životinja prema hipoksičnom stresu.

Zaključci

Ispitivane su promene u perifernoj krvi u pacova zračenih mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm^2 u uslovima produženog izlaganja.Utvrdjena su izvesna kolebanja u broju pojednih elemenata krvne slike u toku 30-todnevnog izlaganja zračenju,sa tendencijom ka normalizaciji vrednosti posle 30og dana zračenja.

Ove promene su verovatno posledica lakog termičkog efekta koji je evidentiran u ovim eksperimentima. Tendencija vraćanja ovih vrednosti na ishodni nivo, posle 30 dana zračenja može se smatrati uspešnom reakcijom adaptacije organizma na intenzitet zračenja od 10 mW/cm^2.

Utvrdjen je termički efekat u pacova zračenih mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm^2, sa porastom rektalne temperature za oko 1°C u toku 2 časa izlaganja zračenju.

Mikrotalasno zračenje intenziteta 10 mW/cm^2 u uslovima produženog izlaganja u polju zračenja (30 dana po 2 časa zračenja) ne izaziva katarakte u oku pacova.

Izlaganje pacova mikrotalasnom zračenju intenziteta 10 mW/cm^2 u trajanju od 30 dana (po 2 časa zračenja dnevno), ne utiče značajno na otpornost ovih životinja u uslovima hipoksične hipoksije, te nije zabeležena značajna razlika u dužini preživljavanja u barokomori (veš. visina 11.500 met.) izmedju eksperimentalne i kontrolne grupe.

LITERATURA:

1. Baranski S.: Effects of chronic microwave irradiation on the blood forming system of guinea pigs and rabbits.Aerosp.Med.42(11):1196-1199.1971.

2. Barron C.J.,A.A.Baraff: Medical considerations of exposure to microwaves(radar).JAMA,168,1194-1199.1958.

3. Cleary S.F.: Considerations in the evaluation of the biological effects of exposure to microwave radiation.Am.Indus. Hyg.31(1),52-59,1970.

4. Czerski P.: Voprosi gigieni i ochrani truda pri obsluživanij generatorov mikrovoln.Med.Lotn.69,15-25,1965.

5. Djordjević Z.: Zdravstveni pregledi radarista.Vojnosanit.Pregl. 23,460-463.1966.

6. Ely T.S.,Goldman D.E.: Heat exchange characteristics of animal exposed to microwaves (10-cm).IRE Trans.Med.Electronics, 2,38-43.1956.

7. Joly H.: Effets biologiques et danget éventuel des rayonnements T.H.F. des "Aériens-Radars".Arch.Mal.Prof. et Secur.Sociall.29:3,121-130.1968.

8. Kolesnik F.A.: Klinika hroničeskogo vozdejstvia elektromagnetnih voln S.V.Č. VMA im.Kirov-Leningrad.1961.

9. Leary F.: Researching microwave health hazards.Electronics, 8:49-53,1959.

10. Michaelson S.M. and col.: The hematologic effeots of microwave exposure.Aerosp.Med.,35(9),824.1964.

11. Milroy W.C.,Michaelson S.: Microwave cataractogenesis.Aerosp. Med.,43(1):67-75,1972.

12. Palmisano A.W.,Peczenik A.: Some considerations of microwave hazards exposure criteria.Milit.Med.,7:611-618.1966.

13. Presman A.S.: Elektromagnetni volni i živaja priroda. Nauka. Moskva.1967.

14. Swanson J.R. and col.: A review of international microwave exposure guides.Am.Indus.Hyg.Assoc.J.31(5),623-629.1970.

15. Zaret M.M.: The biological effects of microwave radiation. Indust.Hyg.Rev.5,11,1962.

Izvod:

Ispitivane su promene u perifernoj krvi,kao i neki drugi biološki parametri u pacova izlaganih mikrotalasnom zračenju intenziteta 10 mW/cm^2 u produženom trajanju.Utvrdjen je termički efekat ovakvog intenziteta zračenja.Utvrdjene su izvesne promene u broju nekih elemenata krvne slike u smislu citoza,sa tendencijom ka normalizaciji vrednosti u toku produžene ekspozicije zračenju.Oftalmološkim ispitivanjima nisu otkrivene značajne promene u prozračnim sredinama oka posle 30-todnevnog izlaganja pacova u polju zračenja intenziteta 10 mW/cm^2. Ispitivanjem otpornosti na hipoksiju životinja predhodno izlaganih mikrotalasnom zračenju intenziteta 10 mW/cm^2,nije utvrdjena značajna razlika izmedju eksperimentalne i kontrolne grupe.

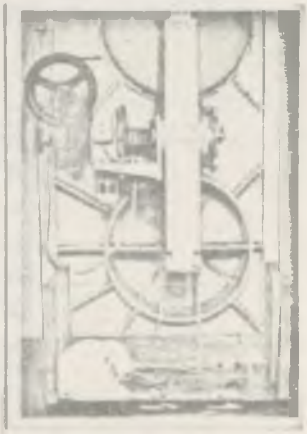
SUMMARY

Changes in peripheral blood and some biological parameters were investigated in rats chronically exposed to microwave radiation of a wave lenght of 12 cm and a power density of 10 mW/cm^2.A slight thermal effect was detected in the exposed animals as well as an increase in number of some blood elements during the first phases of irradiation with a later tendency towards normalization of these values. Ophtalmologic investigations were also carried out during chronical exposure to radiation and later on in order to discover changes in transparent coats of the eye.By exposing experimental animals to simulated altitude after chronic exposure to microwave radiation investigations were carried out to check resistance of the exposed animals to hypoxic hypoxia. No significant difference in survival time in a barochamber was detected in experimental animals in comparison to the control.

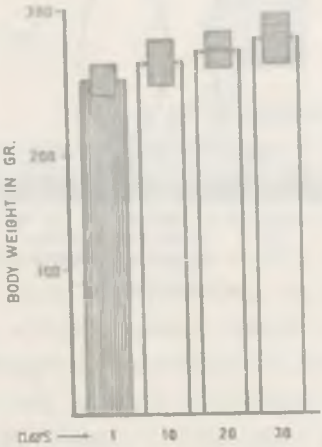
Sl.1 Generator mikrotalasnog zračenja "Meditron 200"

Sl.2 Detektor mikrotalasnog zračenja "Sperry".

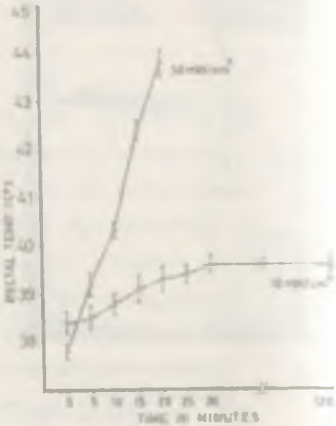
Sl.3 Izlaganje pacova mikrotalasnom zračenju.



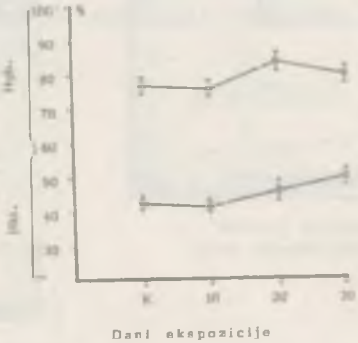
Sl.4 Izlaganje pacova veštačkoj visini u barokomori posle zračenja.



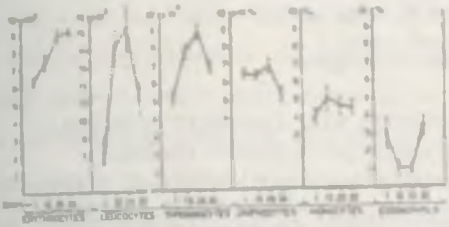
Sl.5 Rezultati telesnih težina(M±SE) u pacova posle 10,20 i 30 dana zračenja mikrotalasima(10mW/cm²).



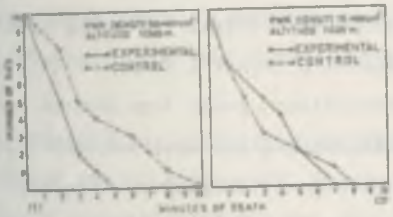
Sl.6 Kretanje rektalne temperature u pacova za vreme izlaganja mikrotalasnom zračenju intenziteta 1[illegible] i 50 mW/cm²).(M-SE).



Sl.7 Vrednosti hemoglobina i hematokrita u pacova pre i posle 10,20 i 30 dana zračenja mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm².(M±SE).



Sl.8 Rezultati krvnih slika u pacova pre i posle 10,20 i 30 dana zračenja mikrotalasima intenziteta 10 mW/cm^2.(M-SE).



Sl.9 Rezultati preživljavanja u barokomori eksperimentalnih i kontrolnih grupa posle zračenja intenzitetima 10 i 50 mW/cm^2.

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973.

Dipl. ing. Arpad Giser
Dr slobodan Milićević, san. major

Odeljenje za medicinu rada
Higijenski Zavod VMA - Beograd

OSNOVNI PRINCIPI RADA LASERSKIH UREDJAJA I KARAKTERISTIKE NJIHOVOG ZRAČENJA

Iznose se osnovni principi nastajanja laserskog zračenja i rada laserskih uredjaja. Opisuju se vrste laserskih uredjaja i glavne karakteristike njihovog zračenja /koherentnost, monohromatičnost i stroga usmerenost/.Na kraju se ukazuje na dejstvo ovog zračenja na materiju i principe njegove detekcije i merenja.

Uvod

Više od jedne decenije u centru pažnje naučnika,inženjera i stručnjaka iz raznih oblasti istraživačke i praktične delatnosti,nalazi se uredjaj,koji predstavlja jednood najkrupnijih naučnih otkriča.Taj uredjaj se zove LASER / Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation/ili optički kvantni generator.Teorijsku postavku o mogućnosti nastanka laserskog efekta dao je još 1917 godine Ajnštajn.Naučnici Šavlov i Tauns su 1958 godine razradili principe rada lasera.Uskoro posle toga,Maiman je 1960 godine realizovao prvi laser sa rubinom kao aktivnom materijom.Lasersko zračenje se po svojim osobinama razlikuje od zračenja koje stvaraju drugi poznati izvori,što je omogućilo njegovu široku primenu u skoro svim oblastima ljudske delatnosti.Ono je povećalo porodicu jonizujućih zračenja,ali pri interakciji sa živom materijom najčešće ne izaziva jonizaciju.To ne znači da je manje opasno, jer ima čitav niz štetnih dejstava na biološki materijal,a posebno na čoveka.Zbog toga je neophodno upoznati se sa principima rada ovih uredjaja i svojstvima njihovog zračenja,kako bi se blagovremeno

mogle preduzeti preventivne mere zaštite.

Princip nastajanja laserskog zračenja

Nastajanje laserskog zračenja je povezano sa procesima u kojima se menja ravnotežna raspodela energetskih stanja atoma materije koja služi kao izvor zračenja/1/.U toku ovih procesa ostvaruje se stanje tzv. inverzne naseljenosti,koje se karakteriše većim brojem atoma na višem energetskom nivou /E_n/,u odnosu na broj atoma sa nekom nižom energijom /E_m/.Ovo je osnovni preduslov za stvaranje laserskog efekta.Kada se pobudjeni atom nadje pod dejstvom elektromagnetnog polja čiji kvanti imaju energiju jednaku razlici energija na višem i nižem energetskom nivou /$E_n - E_m$/,dolazi do neke vrste rezonantnog procesa,čiji je rezultat emisija jednog novog kvanta,identičnog sa nailazećim.Nailazeći i stimulisani kvant imaju istu frekvenciju,fazu i pravac prostiranja,što znači da je došlo do maksimalnog pojačavanja.Proces stimulisane emisije moguće je ostvariti samo sa materijama čiji atomi imaju pogodne energetske nivoe.Za razliku od stimulisanog,zračenje običnih izvora svetlosti se dešava spontano.Lasersko zračenje ima odredjenu talasnu dužinu,dok drugi svetlosni izvori emituju široki spektar talasnih dužina.

Karakteristike i opis rada laserskih uredjaja

Postoji veliki broj raznih konstruktivnih rešenja za pojedine laserske uredjaje,medjutim,svi oni imaju neka zajednička svojstva /2/.Za rad laserskog uredjaja neophodna je aktivna materija ili laserska sredina.To je supstancija u bilo kom agregatnom stanju,koja je sposobna da pod određjenim uslovima održava stimulisanu emisiju zračenja.Izbor aktivne materije zavisi od više faktora,kao što su talasna dužina,energija i trajanje zračenja. Broj aktivnih materija se stalno povećava i do danas je pronadjeno više od 150 supstancija u kojima se može ostvariti laserski efekat.Me-

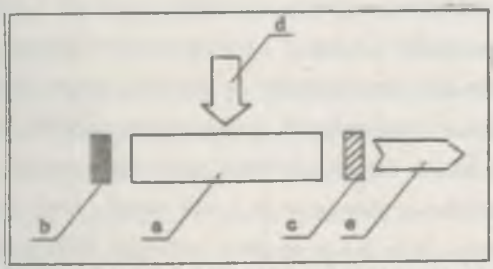
djutim,od ovako velikog broja samo se dvanaestak koristi za izradu lasera u komercijalne svrhe.

Optički rezonantni sistem je takodje obavezni deo svakog laserskog uredjaja /3/.On se sastoji od dve reflektujuće površine ili ogledala.Ogledale mogu biti u obliku plan-paralelnih ploča,poznati Fabry-Perot interferometar.Osim toga,ona mogu biti i sferna ili parabolična,kao i njihova kombinacija.Jedno od ogledala predstavlja totalni reflektor, dok je drugo delimično prozračno, što omogućava da jedan deo zračenja izadje u spoljnu sredinu.Površine ogledala su precizno ispolirane i posrebrene ili pokrivene nekim drugim reflektujućim materijalom /najčešće zlatom/. Na taj način se može postići koeficijent refleksije sve do 97%.Još veći koeficijent refleksije se postiže primenom višeslojnih dielektričnih premaza.Premaz koji se sastoji od 13 naizmeničnih slojeva cink-sulfida i magnezijum-fluorida omogućava da se u oblasti talasnih dužina od 11000 Å do 12000 Å dobije koeficijent refleksije čak do 98,9%.Uloga rezonantnog sistema je da poveća efikasnost medjusobnog delovanja elektromagnetnog zračenja i aktivne materije.

Da bi se aktivna materija dovela u pobudjeno stanje potrebno je na nju delovati nekim spoljnim izvorom ekscitacione ili pobudne energije.Pobudjivanje aktivne materije može se postići različitim uredjajima.Osnovni delovi sistema za pobudu su izvor nekoherentne svetlosti i reflektor.Najpoznatiji izvor ekscitacione energije predstavlja lampa bleštalica,sa gasom ksenonom. Kod ove lampe se ekscitaciona energija dobija električnim pražnjenjem,pri kome se javlja svetlosni blesak.Ovakav način pobudjivanja se često naziva i optičko pumpanje.Postoje i druge metode pobudjivanja,koje koriste zračenje Sunca,energiju pri eksplozivnom pregorevanju žice jakim strujnim impulsom,kao i katodno-luminiscentno pobudjivanje.Za izvor pobudne energije može poslužiti i lasersko zrače-

nje,a vrše se eksperimenti u kojima se pobuda aktivne materije izaziva pomoću nuklearnog zračenja.Uloga reflektora je da koncentrišu zračenje izvora za pobudjivanje na aktivnu materiju.Oni mogu biti različitog oblika.Od konstruktivnog rešenja sistema za pobudu zavisi stepen iskorišćenja ekscitacione energije.

Principijelna šema laserskog uredjaja prikazana je na sl.1.Aktivna materija/a/ se nalazi izmedju dva ogledala,totalnog reflektora/b/ i delimično prozračnog/c/.Njeno pobudjivanje se vrši izvorom ekscitacione energije/d/.Pri tome se ostvaruje inverzna naseljenost,što dovodi do pojave stimulisanog zračenja. U ovom procesu foton oslobodjen od strane pobudjenog atoma će stimulisati drugi pobudjeni atom na koji naidje,tako da ovaj emituje identičan foton.Na ovaj način se stvara zrak dvostrukog intenziteta.Pošto zrak prolazi kroz pobudjenu aktivnu sredinu,njegov intenzitet



Sl.1 - Principijelna šema laserskog uredjaja.

rapidno raste,slično lavinskom efektu.Pojačavaju se samo oni talasi čiji je pravac prostiranja strogo normalan na površine ogledala.Talasi drugih pravaca su izgubljeni za proces stimulisane emisije.Kada dospe do totalno reflektujućeg ogledala zrak se odbija i vraća u aktivnu sredinu,povečavajući intenzitet pomenutim procesom stimulisane emisije.Pri nailasku na delimično prozračno ogledalo jedan deo zraka izlazi u spoljašnju sredinu u vidu uskog snopa monohromatske svetlosti/e/.Opisani princip rada je uglavnom zajedni-

čki kod većine laserskih uredjaja.

Vrste laserskih uredjaja

Laseri se mogu klasifikovati na više načina,što zavisi od njihovih osobina i namene.Postoje dve osnovne grupe:laseri-generatori i laseri-pojačavači.Kod prvih,stimulisano zračenje nastaje pod uticajem spontanih prelaza u pobudjenoj aktivnoj sredini. Kod drugih,stimulisanje se vrši slabim spoljašnjim zračenjem koje se na taj način i pojačava/4/.

Prema agregatnom stanju aktivne materije,laseri se dele na čvrste,tečne i gasovite.Čvrste aktivne materije mogu biti u vidu kristala ili stakla.Prvi laserski uredjaj je ostvaren sa sintetičkim kristalom rubina.To je aluminijum oksid,kod koga su neki atomi aluminijuma zamenjeni trovalentnim atomima hroma.Primesa hroma i daje rubinu crvenu boju.Rubin zrači talasnu dužinu od 6943 Å. Od čvrstih aktivnih materija upotrebljavaju se i staklo sa primesom neodijuma/10600 Å/,kao i itrijum-aluminijum-granat sa primesom neodijuma,tzv.YAG laseri/10600 Å/.Posebnu grupu čvrstih aktivnih materija čine poluprovodnici galijum-arsenid/8400 Å/ i indijum-arsenid/31000 Å/.Od tečnih aktivnih materija koriste se:benzol,nitrobenzol,piridin,organske boje i niz drugih rastvora. Korišćenje organskih boja daje čitav spektar talasnih dužina,pa postoji mogućnost stvaranja lasera bele svetlosti.Gasovite materije su našle široku primenu u laserskoj tehnici.Najčešće se koriste ugljen-dioksid/106000 Å/,smeša helijuma i neona/6328 Å/i argon/4880 i 5145 Å/.

U pogledu režima rada laseri se dele na kontinualne i impulsne.Kontinualni rad podrezumeva režim u kome laser zrači duže vreme,naprimer nekoliko minuta ili časova.Impulsni laseri se dele u dve grupe.Prvu grupu čine normalni impulsni laseri sa trajanjem impulsa reda milisekunde.U drugu grupu spadaju tzv.Q-prekidački laseri,kod kojih se postiže trajanje impulsa reda mikro i nanosekun-

da tehnikom Q-modulacije/5/.

Lasersko zračenje obuhvata talasne dužine iz ultraljubičastog/50-4000 Å/,vidljivog/4000-7600 Å/i infracrvenog/7600-$7,5x10^6$ Å/dela spektra.Eksperimentiše se na izradi lasera koji bi emitovali rentgensko i gama zračenje.Kao što je navedeno,talasna dužina laserskog zračenja zavisi od vrste aktivne materije.

Vrlo važan parametar predstavlja snaga laserskog zračenja.Ona može biti reda milivata,pa do nekoliko desetina i stotina vati.Kod izvesnih tipova impulsnih lasera snaga može dostići nivo reda gigavata,pa i više.Snaga zračenja je tesno povezana sa režimom rada laserskog uredjaja.Kontinualni laseri obično daju manje snage,dok se impulsni odlikuju mnogo većim vrednostima.

Osobine laserskog zračenja

Jedno od osnovnih svojstava laserskog zračenja je njegova koherentnost.Postoje dve vrste koherentnosti,vremenska i prostorna.Vremenska ili fazna koherentnost je ostvarena ako izmedju amplituda zračenja u dva bilo koja trenutka vremena postoji korelacija.Vremenska koherentnost je posledica odvijanja sinhronog i sinfaznog stimulisanog zračenja svih pobudjenih atoma laserskog materijala.Zahvaljujući vremenskoj koherenciji širina spektralne linije laserskog zračenja je veoma uska,što je naročito izraženo kod gasnih lasera.Širina linije helijum-neon lasera ide do 1Hz,a rubinskog je reda 1GHz.Prostorna koherentnost se obezbedjuje ako postoje površine na kojima su amplitude elektromagnetnog zračenja, kao funkcije vremena,u tačno odredjenom odnosu.Zahvaljujući prostornoj koherenciji lasersko zračenje predstavlja ravanski elektromagnetni talas velike usmerenosti.Ona omogućava da se realizuje velika koncentracija energije u snopu zračenja.Pošto je zračenje koherentno,moguće je njegovo dalje kolimiranje pomoću sistema sočiva,sve do veličine ugla divergencije,odredjenog difrakcijom.

Monohromatičnost se karakteriše prisustvom samo jedne talasne dužine u laserskom zračenju.Stabilnost učestanosti je veoma visoka i može se porediti sa stabilnošću najtačnijih standarda učestanosti i "atomskim časovnicima".Medjutim,idealna monohromatičnost se ne može ostvariti.

Stroga usmerenost se ogleda u tome da se lasersko zračenje prostire u jednom odredjenom pravcu.Kao što je već rečeno,ona je posledica prostorne koherentnosti.Usmerenost može biti poremećena pojavom difrakcije,što je ipak neznatno u odnosu na nekoherentno zračenje.

Ugao zračenja/divergencije/ koherentne svetlosti lasera moguće je smanjiti do graničnog ugla,odredjenog talasnom dužinom zračenja i dijametrom otvora kroz koji ono izlazi.Kolimiranjem zračenja pomoću optičkih elemenata postiže se smanjenje ugla divergencije.Sa rubinskim laserom dijametra 6,3 mm postignut je snop zračenja sa uglom divergencije reda 1',a daljim kolimiranjem dobija se divergencija reda 1".Koherentnost i monohromatičnost omogućuju fokusiranje zraka na površine dimenzija reda talasne dužine zračenja.Sa ovom okolnošću je povezano dobijanje izvanredno visoke koncentracije snage,koja može ići do 10^{12} W/cm^2,pa čak i više. Za rubinski laser,minimalni prečnik svetlosne mrlje je 0,7 μ. Da bi se zrak doveo do željenog cilja od mesta izlaska iz lasera, mogu se koristiti razna sočiva,prizme i "svetlovodi".Svetlovodi su tanka staklena vlakna debljine nekoliko mikrona.Ova tehnika se koristi pri primeni laserskog zračenja za medicinske svrhe.

Primena lasera postavila je neophodnost proučavanja pojava pri uzajamnom dejstvu njegovog intenzivnog zračenja i materije. Proučavanje dejstva je usmereno na tri osnovne pojave:1/ električni proboj i stvaranje plazme u gasovima,2/ procese pri prostiranju laserskog zračenja kroz prozračne sredine i 3/ razarajuće

dejstvo.U optičkoj sredini sa nelinearnim indeksom prelamanja intenzivni laserski zrak može obrazovati sopstveni optički talasovod i prostirati se bez difrakcionog rasturanja/6/.Jedan od rezultata interakcije laserskog zračenja i prozračnog materijala je nastajanje harmonika primarnog zračenja.Kao primer za ovu pojavu može poslužiti nastajanje ultravioletne svetlosti/3471 Å/ pri prolazu intenzivnog zračenja rubinskog lasera/6943 Å/ kroz kristal kvarca.

Velika raznovrsnost talasnih dužina i opseg izlaznih energa,uslovljava nekoliko različitih instrumenata za merenje laserskog zračenja.Merni komplet se sastoji od detektora i indikacionog instrumenta.Jedna vrsta detektora radi na principu fotoelektričnog efekte.Tu spadaju fotodiode i fotomultiplikatorske cevi. Drugi tip detektuje zračenje koristeći termalni efekat.U ovu grupu spadaju kalorimetri i termoelementi.Merenje laserskog zračenja je složeni proces i zahteva veliku stručnost.Teškoće se javljaju pri merenju energija gigantskih impulsa i reflektovanog zračenja.

Summary

The basic principles of generation of laser radiation and operation of lasers are discussed.Types of lasers and main features of its radiation/coherence,monochromaticity and strict directivity/are then considered.Finally,the effects of laser radiation on matter and principles of its measurement are briefly described.

Literatura

1. Allen L.: Essentials of lasers, 8,1969, Pergamon Press,London.

2. Sobolev N.: Lazeri i ih budućee,40,1968, Atomizdat,Moskva.

3. Allen L, D.G.C. Jones: Principles of Gas Lasers,7, 1967, Butterworths, London.

4. Bunkin F.V.: Optičeskie kvantovie generatori,109,1966, Mir, Moskva.

5. Levine K.A.: Lasers,I,253,1966,Marcel Dekker,Inc.,New York.

6. Raizer P.J.: Deistvie lazernovo izlučenija,195,1968, Mir, Moskva.

VII Simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22 - 26. oktobra 1973.

Asim Kurjak i Branko Breyer

Klinika za ženske bolesti i porode Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

DA LI DIJAGNOSTIČKI ULTRAZVUK MOŽE DOVESTI DO OŠTEĆENJA PLODA I MAJKE?

Opisane su mogućnosti i prednosti dijagnostike ultrazvukom u ginekologiji i opstetriciji s posebnim ostvrtom na teorijski moguće štetne učinke ultrazvuka. Eksperimentalno je istražen utjecaj pulzirajućih i kontinuiranih valova ultrazvuka na kromosome majke i čeda. Nisu nadjena oštećenja kromosoma niti nakon osamsatnog izlaganja ultrazvuku od 3,5 W/cm². Zaključuje se da dijagnostički intenzitet ultrazvuka nije štetan ni za majku ni za plod.

Ultrazvukom nazivamo zvučne valove čija se frekvencija nalazi iznad granice koju ljudsko uho još može registrirati. Ta granica se nalazi negdje izmedju 15.000 i 20.000 titraja u sekundi. U medicinske dijagnostičke svrhe koristi se ultrazvuk čija se frekvencija nalazi izmedju 1 i 10 miliona titraja u sekundi (1 - 10 mHz), odnosno čija je valna dužina približno 0,15 - 1,5 mm. Kod ovih frekvencija zvuk se širi u obliku snopa te se na granici dvaju različitih sredstava ponaša poput zraka svjetlosti. Refleksija, refrakcija ili apsorpcija zvuka zbiva se po istim zakonima po kojima se šire i zrake svjetlosti, na granici optički različitih sredstava. Refleksija nastaje na granicama tkiva s različitom akustičnom impedansom pa to svojstvo ultrazvuka omogućuje razlikovanje promatranih tkiva na osnovu jeke koju su proizveli valovi odbijeni od tkivnih površina.

Zbog brojnih mogućnosti i prednosti ultrazvuk je vrlo brzo postao jedna od najdragocjenijih metoda pretrage u ginekologiji i opstetriciji. U ranom otkrivanju višestruke trudnoće, dijagnostici mole

hidatidoze te lokalizaciji posteljice ultrazvuk je danas metoda izbora. Serijska mjerenja biparijetalnog promjera fetalne glavice vrlo su pouzdan postupak za utvrdjivanje intrauterine zrelosti i rasta ploda. Korisne podatke daje i otkrivanje rane trudnoće, tumora u maloj zdjelici, rana detekcija srčane akcije ploda te kontinuirano registriranje kucaja čedinjeg srca pomoću monitora koji takodjer rade na principu ultrazvuka (dijapozitivi na predavanju).

Zbog svega navedenog opravdano je očekivati da će dijagnostički ultrazvuk imati u budućnosti još širu primjenu pa je to i jedan od razloga da su u svijetu i u nas sve češći radovi o sigurnosti ovog novog postupka[1-14].

Teorijske mogućnosti štetnog učinka ultrazvuka

Postoji nekoliko načina na koje bi ultrazvuk mogao oštetiti strukture ljudskog organizma. Budući da po svojoj prirodi predstavlja mehaničko titranje, prevelike amplitude tog titranja mogle bi dovesti do prekida molekularnih veza. Iznos amplitude titranja ovisi o intenzitetu zvuka i svojstvima sredstva. Danas se koriste intenziteti reda veličine 20 m W/cm^2 u uredjajima s kontinuiranim valom a čak i niži srednji intenziteti u sistemima s impulsnim režimom. Treba medjutim istaći da teorijski moguće kidanje molekularnih veza nije još potpuno proučeno.

Teorijski je takodjer moguće da ultrazvuk izazove i zagrijavanje tkiva, naročito kod velikih prosječnih intenziteta. Ovo je medjutim isključeno kod suvremenih aparata za dijagnostiku.

Slijedeća pojava koja bi mogla biti štetna je takozvana k a v i t a c i j a. Pri dovoljno velikom intenzitetu zvuka mjestimično dolazi do stvaranja negativnog tlaka tj. "rastezanja" tekućine. Na tim mjestima mogu se stvoriti prazni prostori što bi moglo izazvati oštećenja na mekim tkivima a i kostima. Da bi došlo do kavitacije nužno je da visoka frekvencija bude udružena s velikim intenzitetom. Kavitaciju medjutim, ne treba očekivati kod

intenzitata koji se koriste u dijagnostici i uobičajenih frekvencija.

Valja znati da je situacija u živom organizmu geometrijski, fizikalno i kemijski vrlo složena pa zbog toga mogu nastati i razni drugi neželjeni efekti poput fokusiranja, stojnih valova i učinka tlaka zvuka. Refleksije na konkavnim površinama (npr. unutrašnjost lubanje) mogu u fokusu izazvati neželjeno veliku intenzitete a odredjeni geometrijski uvjeti mogu dovesti do stvaranja stojnih valova. Isto tako bi tlak zvučnog vala na sitne čestice (npr. krvna zrnca) ili granice raznih tkiva, mogao usporiti proticanje krvi kroz žile ploda u maternici.

Sve ove teorijske mogućnosti postale su posebno aktualne nakon saopćenja Macintosha i Davey-a[10,11], koji su našli povećanu frekvenciju prekida kromosoma u stanicama koje su ozračene dijagnostičkom količinom ultrazvuka.

Tokom jednogodišnjeg usavršavanja u dijagnostici ultrazvukom u londonskom Institutu za ginekologiju i opstetriciju prvi autor (A.K.) je učestvovao u eksperimentalnim istraživanjima utjecaja kontinuiranih i pulzirajućih zraka ultrazvuka na kromosome majke i čeda.

Vlastita iskustva

U suradnji s citogenetičarima izveli smo eksperimente in vivo i in vitro, a koje smo potanko opisali u našim ranijim radovima[1,4,8,9].

U in vivo eksperimentu i u kontrolnu i u testiranu skupinu ukijučili smo trudnice u kojih je histerotomijom trebalo prekinuti trudnoću. Testirane trudnice prethodno smo detaljno informirali i dobili njihov potpisani pristanak za učešće u projektu. Imali smo 35 ispitanica u ozračenoj skupini i 11 u kontrolnoj koje nisu bile podvrgnute pregledima pomoću ultrazvuka. Ispitanice smo ozračili ultrazvukom iz aparata za dijagnostiku Diasonograph 4.101 (pulzirajući valovi) ili kontinuiranim zracima iz aparata Sonicaid D 205 i Sonicaid FM_2 koji služe za

detekciju fetalne srčane akcije, odnosno za kontinuirano registriranje kucaja čedinjeg srca.

Trajanje ozračenja s aparatom Diasonograph 4.101 iznosilo je 1 sat dok su monitori 10 sati usmjeravali valove ultrazvuka prema trbuhu majke i plodu u uterusu. Zračenje u svim slučajevima je počinjalo 16 do 20 sati prije nego što su uzimani uzorci krvi za citogenetsku obradu. Svaki uzorak je posebno označen ali laboratorijsko osoblje nije znalo da li je poslata krv iz ozračene ili kontrolne skupine ispitanica.

Kromosomske pretrage venske krvi majke i fetalne krvi iz pupčanika citogenetičari su vršili na kulturi limfocita. Detaljan opis citogenetske metode obrade zainteresirani čitalac može naći u našim ranijim radovima[1,8].

U dvostrukom slijepom pokusu ukupno je pregledano 1.900 stanica majke i 2.000 stanica ploda. Prosjek stanica s kromosomskim aberacijama u ozračenim skupinama majke kretao se od 0,82 - 1,75 dok je u kontrolnoj neozračenoj skupini bio čak nešto veći - 2,36. Slični rezultati dobiveni su i s fetalnim limfocitima gdje se grupni prosjek stanica s eberacijama kretao od 0,64 - 1,10 dok je u kontrolnoj skupini iznosio 1,45.

U eksperimentu in vitro koristili smo specijalno konstruiran aparat koji je omogućavao točnu ocjenu svih eksperimentalnih činilaca (dijapozitivi na predavanju). Kultura periferne krvi pripremljena je od 3 zdrava davaoca. Za svaki eksperiment korištene su dvije kulture istog davaoca koje su stavljane u polistirenske tube i vodenu kupelj u aparatu. Jedan uzorak je korišten kao kontrolni dok je drugi ozračen ultrazvukom čija se snaga kretala od 23 m W do 3,5 W. Vrijeme ozračivanja variralo je od 2 - 8 sati. Pregledano je 1.200 stanica iz ozračene i kontrolne skupine. Kao i u eksperimentu in vivo ni ovdje nismo utvrdili signifikantnu razliku niti u tipu ni u frekvenciji kromosomskih aberacija izmedju promatranih i kontrolnih kultura.

R A Z M A T R A N J E

U svjetskoj literaturi pobudio je veliki interes rad

Macintosha i Davey-a[10,11] koji su kulturu limfocita izložili kontinuiranim valovima ultrazvuka kroz polietilensku membranu tokom 90 minuta. Na kulturi tako ozračenih limfocita našli su značajno visok postotak kromosomskih aberacija. Nekoliko autora je nakon toga ponovilo te eksperimente i kako nisu nadjene kromosomske aberacije svi zaključuju da je za rezultate Macintosha i Davey-a kriv artefakt a ne ultrazvuk[1,2,3,4,14]. Misli se da su kromosomi bili oštećeni izlučivanjem štetnih produkata iz polietilenske membrane. Nekoliko autora je sigurnost ultrazvuka provjerilo u eksperimentu na životinjama. Tako je Smith[12] ozračio gravidne zečice i mišice. Nije našao porast kongenitalnih nakaznosti ili promjena u ponašanju u odnosu na kontrolnu skupinu životnja. Woodward i Warwick[14] su 223 gravidne mišice izložili vrlo širokom spektru ultrazvučne energije (20 - 490 W/cm^2). Čak u tako snažno ozračenoj skupini nisu utvrdjeni nikakvi patološki učinci na podmlatku koji je u svom kasnijem razvoju takodjer bio sposoban za normalnu reprodukciju.

Na nekoliko stotina rodilja Donald i Abdulla[6] nisu našli nikakav štetni efekt na majci i plodu nakon što su ultrazvuk koristili u svim fazama trudnoće. Hellman i suradnici su analizirali djecu od 1.114 normalnih trudnica koje su antenatalno pregledavane ultrazvukom. Našli su fetalne nakaznosti u 2,7% slučajeva što je isti postotak kao i u skupini neozračenih.

U našem vlastitom eksperimentu in vitro nismo našli oštećenja kromosoma niti nakon 0sam satnog izlaganja ultrazvuku od 3,5 W/cm^2, što je jačina slična snazi nekih terapijskih aparata. Nužno je medjutim naglasiti da različiti utjecaji koji bi mogli dovesti do kromosomskih aberacija mogu biti pouzdano utvrdjeni samo ako se stanice citogenetski pregledaju u prvoj mitozi nakon ozračenja. Ovo zbog toga što nakon 48 sati dolazi do značajnog oštećenja kultura. Ako se stanice pregledaju nakon dužeg perioda kultivacije neke od njih će biti u svojoj drugoj ili čak trećoj diobi, kada izokromatidne aberacije mogu nastati replikacijom kromatidnih aberacija. Stanice tada pokazuju mnogo kompleksnije otklone kao što su dicentrizmi koji mogu biti izgubljeni u prvoj mitozi[13].

Z A K L J U Č A K

Dijagnostika ultrazvukom predstavlja jednu od najkorisnijih metoda pretrage u modernoj ginekologiji i opstetriciji. Po rezultatima najvećeg broja istraživača dijagnostički intenzitet ultrazvuka nema nikakav štetan učinak na majku i plod. Postupak je u upotrebi preko 10 godina pa je opravdano očekivati da bi se neki štetni učinci već morali opaziti na djeci koja su antenatalno istraživana. Postoji, medjutim, potreba da se nadje bolja mjerna jedinica za opisavanje opasnosti nego što je to intenzitet u W/cm^2. Nužna je i bolja standardizacija dijagnostičkih aparata u kojih bi najveći intenzitet trebao biti što je moguće manji. Valjalo bi dobiti i pouzdanije informacije o stvarnoj dozi koju prima svaki pojedini organ kao i o putanjama snopa ultrazvuka u ljudskom tijelu.

S U M M A R Y

Possible hazards of diagnostic ultrasound on maternal and fetal structures

A. Kurjak and B. Breyer

The authors described the properties of ultrasound with special attention to possible hazard of diagnostic ultrasound. In vitro and in vivo experiments were undertaken to asses the effect of ultrasound at diagnostic and therapeutic levels on chromosomes of human lymfocityte cultures. There was no increase in the number of chromosome aberrations in blood cultures from the mothers and foetuses who were insonated when compared with mothers and foetuses who were not insonated. It has been concuded that the ultrasound, as used in modern diagnostic systems, does not induce significant chromosome aberrations.

LITERATURA

1. ABDULLA, U., et al., Jug. ginek. i opstet. 12:472, 1972.
2. BOBROW, M., et al., J. obstet gynaec. Brit. Cwlth, 78:730, 1971.
3. BOYD, E., et al., Brit. med. J: 2:501, 1971.
4. BREYER, B., KURJAK, A; Rad. Med. fak.-bit će tiskano, 1973.
5. Buckton, K. E., BAKER, N.B., J. Brit. J. Radiol. 45:340, 1972.
6. DONALD, I., ABDULLA, U; Brit. J. Radiol, 40:604, 1967.
7. HELLMAN, L., et al., Lancet, i:1.133, 1970.
8. KURJAK, A., et al, Genetika, u tisku, 1973.
9. KURJAK, A., Medicinar, 13:379, 1973.
10. MACINTOSH, I.J.C., Davey, D.A., Brit. med. J., 4:92, 1970.
11. MACINTOSH, I.J.C., DAVEY, D.A., Brit. J. Radiol., 45:320, 1972.
12. SMYTH, M.C., u Diagnostic Ultrasound, C.C. Grossman, Plenum Press, New York, 1966.
13. U.N. Scientific Commitie: Report on the Effect of Atomic Radiation, New York, United Nationd, 1969.
14. WOODWARD, B., WARWICK., R., Brit. J. Radiol., 43:719, 1972.

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973.

Dr Slobodan Milićević, san. major
Dipl. ing. Arpad Giser

Odeljenje za medicinu rada
Higijenski zavod VMA - Beograd

PRIMENA LASERSKOG ZRAČENJA I MERE ZAŠTITE

Opisana su najvažnija dostignuća primene laserskog zračenja u pojedinim granama ljudske delatnosti: industriju, telekomunikacije, tehnologija, biologija, medicina, primena u vojne svrhe itd. Navode se osnovni mehanizmi dejstva laserskog zračenja na organizam čoveka i mogucnosti oštecenja pojedinih organa. Opisuju se tehničke, medicinske i administrativne preventivne mere zaštite. Od ličnih zaštitnih sredstava najefikasnije su naočare za oči sa specijalnim filtrima, rukavice od filca i odelo. Medicinske mere zaštite se sastoje od pregleda pre stupanja na posao i periodičnih pregleda svakih šest meseci.

Uvod

Osnovni princip nastajanja laserskog zračenja je teoretski utvrdjen još 1917. god. od strane Ajnštajna, a prvu praktičnu izradu laserskog uredjaja je ostvario 1960. god. američki naučnik Maimen. Od tada, pa do danas broj i vrste laserskih uredjaja, kao i njihova praktična primena dostiže impozantni nivo skoro u svim granama ljudske delatnosti. Glavna svojstva laserskog zračenja su: koherentnost, monohromatičnost i stroga usmerenost. Lasersko zračenje obuhvata ultraljubičasti, vidljivi i infracrveni deo spektra. Principi rada laserskog uredjaja su opisani u tehničkoj literaturi /1,2/. Glavna odlika laserskog zračenja je i snaga, koja obuhvata širok raspon od nekoliko delova milivata do gigavata. Koncentracija energije deluje razorno na svaku materiju, a pogotovo na biološki materijal, odnosno na organizam čoveka. Zbog toga su i neophodne odgovarajuće mere zaštite pri radu sa laserskim uredjajima.

Primena laserskog zračenja

Laseri se primenjuju u raznim oblastima nauke, tehnike, biologije i medicine /3/. U telekomunikaciji služe za prenos telefonije, telegrafije, raznih slika i signala na velikim rastojanjima. U astronautici se koriste za održavanje veze sa satelitima, a posebno sa kapsulom kosmonauta /4/. Pri ulasku u gušće slojeve atmosfere oko kapsule se stvara sloj jonizovanog vazduha, koji je prepreka za radiotalase, ali ne i za snažni laserski zrak. Jedna od najinteresantnijih primena gasnih lasera je holografija ili trodimenzionalna fotografija. Ona predstavlja takav postupak snimanja i reprodukcije neke slike, scene ili objekta, pri kome se dobija stereoskopski utisak. Ako se pri posmatranju holograma promeni vidni ugao, delovi predmeta koji se nisu uočavali dolaze u vidno polje. Na taj način gledaoc dobija utisak dubine ili trodimenzionalne slike. Očigledno je da će se u budućnosti ostvariti prostorna slika filma ili televizije.

U industriji laser je takodje našao veliku primenu. Laserski zraci mogu dovesti do topljenja bilo kog materijala. To omogućuje njegovo korišćenje za zavarivanje retkih metala sa savremenim keramičkim materijalima u elektrotehnici. U mikroelektronici laser se koristi za izradu minijaturnih elektronskih blokova velike pouzdanosti rada. Korišćenjem lasera omogućena je laka obrada dijamanata, korunda i specijalnih legura. U časovničarskoj industriji vreme bušenja dijamanata je višestruko skraćeno. U tehnologiji i hemiji laser se koristi za dobijanje novih jedinjenja i materija /plastičnih/, putem kontrolisanja hemijskih reakcija.

U gradjevinarstvu, pri izradi visokih objekata: višesprratnica, televizijskih tornjeva, fabričkih dimnjaka i dr., laserski zrak se koristi za održavanje pravca. Istu namenu ima i u tunelogradnji. U putogradnji služi za nivelaciju terena i trasiranje.

Laserski mikroskop predstavlja veliko dostignuće za napredak biologije i medicine /5/. Njime je omogućen dalji korak u izučavanju ćelije i njenih delova, pa čak i gena. Naročit doprinos ovome daje holografski mikroskop. Za lečenje očnih oboljenja koristi se najčešće argonski termokauter. Ovaj aparat imaju i neke očne klinike u našoj zemlji. Zaustavljanje krvavljenja u želudcu se postiže laserskim zrakom za nekoliko sekundi. U hirurgiji laser se koristi kao "vazdušni skalpel" za bezkrvne operacije. Lečenje kožnjih oboljenja, tumora i tetoviranih površina, obavlja se čak i ambulantno. Uspešnu primenu i perspektivu laser ima i u lečenju malignih tumora u onkologiji. Engleski LIDAR sistem koristi lasersko zračenje za odredjivanje koncentracije aerozagadjenja u vazduhu. Čak se laserom vrši i obaranje ili taloženje aero čestica. Drugi sistemi koriste laser za odredjivanje sastava vazduha, odnosno zagadjenja radnih prostorija.

U vojne svrhe laser ima različitu namenu /6/. Laserski daljinomeri su skratili vreme pripreme za dejstvo i povećali preciznost svih artiljeriskih orudja. Laser se koristi za precizno navodjenje projektila i avionskih bombi na cilj. U avijaciji se koristi za razna izvidjanja i precizno sletanje aviona. Konstruisan je snažni laser tzv. laserski top, koji služi za probijanje tenkova, obaranje aviona, za uništenje ili aktiviranje eksplozivnih projektila i atomskih bombi pre dolaska na cilj itd. Izradjen je čak i laserski pištolj, kao lično naoružanje za zaslepljivanje neprijatelja.

Primena lasera je ostvarena i u mnogim drugim granama ljudske delatnosti: u pozorištu za dobijanje raznih scenskih efekata, u kriminalistici za identifikaciju otisaka prstiju i kao "merač vremena smrti", laserski žiroskop za navigaciju, laserski svetionici u moreplovstvu, u meteorologiji za merenje debljine i

brzine kretanja oblaka, u kibernetici za brži rad kompjutera itd.

U našoj zemlji se lasersko zračenje koristi, pored primene za medicinske svrhe, u manjoj meri i u nekim drugim oblastima. Uglavnom razvoj laserske tahnike je u eksperimentalnoj, laboratorijskoj fazi. Postoje nekoliko laboratorijskih centara na univerzitetima, koji se bave teoretskim razvojem i praktičnom primenom laserskog zračenja. Pored ovoga, neke ustanove vrše i proizvodnju pojedinih tipova laserskih uredjaja, čak i za komercijalne svrhe.

Kao što se vidi, zaista je ostvarena višestruka primena lasera, a perspektivne mogućnosti su još i veće. To nam nameće potrebu da pratimo njegov razvoj i primenu. Za sada ovo zračenje neugrožava čoveka kao jonizujuće zračenje, ali to ne znači da do toga neće doći. Blagovremenim izučavanjem dejstva lasera na biološki materijal i ljudski organizam, bićemo u mogućnosti da razvijemo i primenjujemo adekvatne mere zaštite.

Uticaj laserskog zračenja na čoveka

Sadašnje saznanje o dejstvu laserskog zračenja se nalazi u početnoj fazi, kao nekada znanje o efektima jonizujućeg zračenja. Svi efekti laserskog zračenja na biološki materijal i organizam čoveka nisu poznati. Stepen oštećenja zavisi od mnogih faktora: vrste lasera, talasne dužine, jačine ili snage, kao i režima rada. Isti značaj imaju i osobine tkiva ili organa: stepen pigmentacije, sadržaj vode, prokrvljenost i kompaktnost.

Mehanizam dejstva laserskog zračenja na biološko tkivo može biti različit. Visoka temperatura, koja nastaje pod dejstvom zračenja, ima primarni i najveći efekat. Za vrlo kratko vreme ona dostiže nivo od nekoliko stotina stepena. Povećana temperatura dovodi do brzog isparavanja tkiva, što povećava pritisak u njemu. Pritisak ide i do nekoliko desetina atmosfera, a to ne-

kad proizvodi bukvalno prskanje tkiva i organa. Udarni mikrotalasi nastaju češće kod impulsnog režima rada. Pored ovoga, značajni efekat u oštećenju tkiva imaju: nastajanje slobodnih radikala, pojava endotoksina, stvaranje elektromagnetnih polja i izmena specifičnog dejstva enzima /7/.

Najosetljiviji organ čoveka je oko. Preko 90% vidljivog i infracrvenog spektra zračenja dioptrički aparat oka propušta i fokusira. Tako nastaju oštećenja svih delova oka kroz koje prolazi zračenje. Mogućnost fokusiranja laserskog zračenja dovodi do oštećenja očnog dna i sa manjim intenzitetom zračenja. Usled apsorpcije zraka i povećanja temperature dolazi do zamućenja sočiva. Ovo zamućenje je slično katarakti sočiva kod duvača stakla. Ultraljubičasti deo spektla izaziva upale rožnjače, koje su otporne na lečenje. Često se to završava i njenim zamućenjem. Oštećenjem bilo kog dela oka nastaje delimičan ili totalan gubitak vida. Pragovi oštećenja su različito definisani, kao i dozvoljene doze ozračenja, od strane pojedinih zemalja i stručnih ustanova.

Oštećenje kože zavisi, pored ostalog i od pigmentacije i individualnih osobina ili alergične predispozicije. Najčešće nastaju dugotrajne upale i opekotine različitog stepena. Kod većih intenziteta zračenja može nastati i ugljenisanje kože. Oštećenje podkožnog tkiva ide do različite dubine. Zračenje izaziva prvenstveno obliteraciju krvnih sudova. Povrede unutrašnjih organa su moguće, a da koža ostane nepromenjena. To zavisi od vrste i snage zračenja, kao i od načina fokusiranja.

Zaštita od laserskog zračenja

Preventivne mere zaštite mogu se podeliti u tri grupe: tehničke, medicinske i administrativne /8/.

Tehničke mere obuhvataju zaštitu na samim uredjajima, što može konstruktivno da se reši na razne načine. To znači da

već pri konstrukciji laserskog uredjaja treba misliti na zaštitu, što naravno zavisi od njegove namene. Tu spada i automatizacija rada, oklopljavanje uredjaja ili primena internih televizijskih sistema. Oklopljavanje i automatizacija procesa rada pri upotrebi lasera moguća je u industriji i nekim drugim granama. Primena televizijskih sistema je najprikladnija pri korišćenju lasera u medicinske svrhe. Pored navedenog postoje i specifične mere zaštite, zavisno od namena lasera i pojedinih grana primene.

Lična zaštitna sredstva su neophodna pri radu sa laserom. Za zaštitu očiju koriste se naočare sa specijalnim filtrima. Oblik naočara mora da bude takav da dobro naležu uz lice, kako bi se sprečio ulazak reflektovanih zraka. Stakleni filtri naočara štite samo od odredjene talasne dužine i snage lasera. Najbolje su naočare kod kojih je moguće vršiti laku i brzu zamenu filtera. Apsolutnu zaštitu ne daju ni naočare, pa direktan pogled u laserski zrak treba izbegavati. Okretanje glave na suprotnu stranu od zraka i zatvaranje očiju /žmurenje/ štiti samo od reflektovanog zračenja. Vrše se eksperimenti zaštite oka sa foto hemijskim rastvorima, koji se ubacuju izmedju dva sloja stakla. Ovi rastvori za veoma kratko vreme postaju ne prozračni od dejstva laserskog zračenja, a postaju prozračni isto tako po prestanku zračenja vrlo brzo. Za lice je moguće načiniti specijalne štitnike ili kapuljače od platna. Za zaštitu kože koriste se specijalne paste ili masti. Odelo je dovoljna zaštita najvećeg dela tela. Za zaštitu ruku upotrebljavaju se rukavice od filca ili kože. Pri upotrebi snažnih lasera treba voditi računa o zapaljivosti zaštitnih sredstava.

Medicinske mere zaštite se ostvaruju putem specijalnih pregleda od strane specijaliste za medicinu rada. Pre stupanja na posao vrše se tzv. prethodni pregledi. Za ove preglede je oba-

vezan i oftalmološki pregled, a po potrebi dermatolog i neuropsihijatar. Postoji lista telesnih mana i oboljenja koja su kontraindikacija za rad sa laserima. Ova lista nije definitivna i pri svakom pregledu mora da se individualno odlucuje o sposobnosti za rad sa laserima, na osnovu dosadašnjeg znanja o štetnom dejstvu laserskog zračenja. Biohemijske i laboratorijske pretrage treba da obuhvate sve parametre, koji su neophodni za utvrdjivanje zdravstvenog stanja i njegovog daljeg praćenja. Na odredjeni period vremena vrše se tzv. periodični pregledi. Oni obuhvataju iste parametre kao i predhodni, a po potrebi se mogu i proširiti. Ovi pregledi se vrše u raznim zemljama na različit period vremena. Smatramo da bi kod nas trebalo prihvatiti period od 6 meseci, s obzirom da se mere zaštite slabo primenjuju u našim laboratorijama. Vanredni pregledi se mogu vršiti po potrebi, a obavezno posle svakog akcidenta ili nekog intezivnog rada. Kao što se vidi, svi ovi pregledi imaju za cilj da ne dozvole pogoršanje i oštećenje zdravlja ljudi. Ukoliko se pri pregledu konstatuje da je došlo do pogoršanja zdravstvenog stanja, treba obezbediti prekid rada i lečenje.

Administrativne mere se sastoje u regulisanju rada sa laserskim uredjajima putem zakona i propisa. Ovo treba da se ostvari opštim zakonom, a isto to su dužni da učine i proizvodjači i korisnici lasera. Proizvodjač propisuje osnovne mere za pravilno korišćenje i garantuje bezbedan rad sa laserskim uredjajima. Korisnik treba da obezbedi pravilan smeštaj i rukovanje sa laserom. On treba da odredi mere zaštite i da zaduži odgovorno lice, koje će sve to da sprovede u delo. U administrativne mere spadaju i propisi o obaveznoj obuci ljudstva u pravilnom rukovanju sa laserom i sprovodjenju mera zaštite. U nekim zemljama se ide toliko strogo da se znanje iz ove oblasti proverava svake godine

/9/. Ovde spadaju još: propisi o obaveznom medicinskom pregledu ljudstva, propisi o dozvoljenim nivoima ozračenja, propisi o evidenciji povreda, kao i njihovog načina prijavljivanja.

Na osnovu izloženog, vidi se da je cilj svih preventivnih mera jedinstven: SPREČAVANJE OŠTEĆENJA LJUDI SA LASERSKIM ZRAČENJEM. Naša zemlja se nalazi na pragu ovih mera i poslova oko njihove realizacije. To zahteva sinhronizovan rad tehničkih, medicinskih i drugih stručnjaka.

Summary

Authors describe the most interesting applications of laser in particular areas of human activity: industry, telecommunications, technology, biology, medicine, military applications and so on. The biological effects of laser radiation and possibilities for damage some internal organs are then disscused. Protective measures are threefold: technical, medical and administrative. Anti-lasers eyeshield, protective gloves and clothing are the most effective personal protective equipment. Medical safety measures consist of examinations before work and periodical examinations each six months.

Literatura

1. Allen L, D.G.C. Jones: Principles of Gas Lasers, 5, 1967, Butterworths, London,
2. Levine K.A.: Lasers, I, 4, 1966, Marcel Dekker, Inc: New York.
3. Sobolev N.: Lazeri i ih buduščee, 91, 1968, Atomizdat, Moskva,
4. Černišev V.N.: Lazeri v kosmose, na zemle i pod vodoi, 19, 1964, Voenoe izdateljstvo minesterstva oboroni SSSR, Moskva,
5. Kavecki O. et al.: Lazeri v biologii i medicine, 33, 1969, "Zdorovja", Kiev.
6. Černišev V.N.: Primenenie lazerov v voenom dele, 13, 1966, voenoe izdateljstvo ministerstva oboroni SSSR, Moskva,
7. Hromov M.V., N.V. Frigin: Vestnik dermatologii i venerologii, 4, 14, 1969,
8. Gamalea N.F.: Lazeri v eksperimente i klinike, 36, 1972, "Medicina", Moskva,
9. Dettmers D.: Jugoslovenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu, 5, 59, 1969.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26. oktobar 1973.

Djordje Ristić, Slobodan Gnjatović
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

O DOSADAŠNJIM AKCIDENTIMA SA GROMOBRANIMA U KOJIMA SU UGRADJENI IZVORI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA - RADIOAKTIVNIM GROMOBRANIMA

Rezime

U radu su prikazane opasnosti i posledice do kojih može da dodje u slučaju akcidenta sa radioaktivnim gromobranom. Dat je kratki opis akcidenata koji su se do sada dogodili u našoj zemlji. Dosadašnja iskustva ne ukazuju na mogućnost većeg ozračivanja stanovništva, pod uslovom da su preduzete odgovarajuće mere.

Uvod

Razmatranja mogućnosti korišćenja gromobrana sa ugradjenim izvorima gama zračenja (Co-60) i opasnosti koje bi nastale u slučaju akcidenta sa ovakvim gromobranom (na primer, pad gromobrana usled nepredvidjenih okolnosti kao što su: udar, zemljotres, jak vetar, požar i dr.), a i kasnija pisanja o tom problemu, kada još nismo imali nikakvog iskustva, su pretpostavljala da je moguća, i kod najnepovoljnijih slučajeva akcidenta, samo opasnost od spoljašnjeg ozračivanja. S obzirom na način pakovanja izvora zračenja-radioaktivnog izotopa isključena je mogućnost pojave kontaminacije.

Iskustva stečena u dužem vremenskom periodu korišćenja ovakvih gromobrana su trebala da nam pokažu realno: stepen opasnosti, vrste opasnosti i posledice u slučajevima akcidenta.

Kratki opisi dosadašnjih akcidenata

1. Akcidenat se dogodio septembra 1969 godine u Paraćinu. RAG je bio postavljen na krovu zgrade železničke stanice u Paraćinu. Visina hvataljke 4,5m. Do pada RAG-a došlo je prilikom popravke

krova. Nepažnjom je oslobodjena jedna zatega usled čega je hvataljka pala. Hvataljku je odmah podigao radnik koji je i izazvao pad. Odgovorno lice je o tome izvestilo Institut "Boris Kidrič" - Vinča. Jedan saradnik Instituta je sutradan stigao na mesto akcidenta i ustanovio je da hvataljka normalno uvršćena i da nije došlo do većeg ozračivanja spomenutog radnika.

2. Akcident se dogodio decembra 1969 godine na planini Čvrsnica, nadmorska visina 2.228m. RAG je bio montiran na stubu van objekta koji se štiti. Visina stuba 9m. Savijanje i pad stuba sa radioaktivnim gromobranom izazvao je jak vetar, koji je duvao brzinom preko 200 km/h. Pad gromobrana su ustanovili pripadnici JNA čiji je objekat štitio gromobran. Odmah je o akcidentu obavešten Institut "Boris Kidrič"-Vinča. Zbog nevremena nije odmah usledila intervencija. Data su uputstva šta da se preduzme do dolaska ekipe. Posle sedam dana ekipa od pripadnika JNA, saradnika Instituta i proizvodjača gromobrana Elektroindustrijskog preduzeća "Elind"-Valjevo je stigla na objekat i intervenisala. Integritet radioaktivnog izvora je sačuvan. Izlaganje zračenju je bilo uobičajeno kao u toku postavljanja gromobrana.

3. Akcident se dogodio marta 1970. u Hrasnici kod Sarajeva. RAG je bio postavljen na krovu zgrade preduzeća "Famos". Jak vetar praćen snegom izazvao je pad RAG-a. Uzrok pada je i nesolidno izvedeno učvršćenje gromobranske hvataljke. Odgovorno lice je odmah obavestilo Institut za higijenu i socijalnu medicinu u Sarajevu. Ovaj Institut im je dao odredjene savete i uputio ih da obaveste Institut "Boris Kidrič u Vinči. Sutradan je ekipa sastavljena od saradnika Instituta "Boris Kidrič"-Vinča i preduzeća "Elind" iz Valjeva stigla na mesto akcidenta i intervenisala. Izlaganje zračenju bilo je uobičajeno, kao pri postavljanju RAG-a.

4. Akcident se dogodio aprila 1971 godine u Krnjači kod Beograda. RAG je bio postavljen na krovu zgrade preduzeća "Antikor". Visina hvataljke 4,5m. Usled vetra brzine oko 160 km/h došlo je do podizanja lima na krovu i pada RAG-a, u toku noći. Ujutru je primećen pad gromobrana i odgovorno lice zaduženo za preduzimanje mera zaštite u slučaju akcidenta obavestilo je Institut "Boris Kidrič" u Vinči. Ekipa sastavljena od saradnika Instituta i preduzeća "Elind" je u toku istog prepodneva intervenisala. Integritet kontejnera sa radioaktivnim izvorom je očuvan. Izlaganje zračenju bilo je uobiča-

jeno, kao pri postavljanju RAG-a.

5. Akcidentsse desilo marta 1973. u Subotici. RAG je bio postavljen na krovu zgrade hemijske industrije "Zorka". Visina hvataljke 4,5m. Jak vetar je oborio hvataljku sa radioaktivnim izvorom. Odgovorno lice obavestilo je "Elind"-Valjevo. U toku istog dana ekipa saradnika Instituta i "Elinda" je intervenisala. Integritet kontejnera sa izvorom zračenja je sačuvan. Izlaganje zračenju bilo je uobičajeno, kao pri postavljanju RAG-a.

6. Akcident se dogodio marta 1973. u Škrljevu kod Rijeke. Gromobran je bio postavljen na krovu železničke stanice Škrljevo. Vetar brzine preko 200 km/h je oborio RAG na krov zgrade. Istog dana je obavešteno preduzeće "Elind"-Valjevo, a zatim Institut "Boris Kidrič"-Vinča. U toku sutrašnjeg dana usledila je intervencija. Izlaganje zračenju bilo je uobičajeno, kao pri postavljanju RAG-a.

7. Akcident se dogodio maja 1973. u Zemunu. RAG je bio postavljen na krovu zgrade preduzeća "Teleoptik". Visina hvataljke 4,5m. Vetar brzine oko 160 km/h je podigao lim na krovu što je izazvalo pad RAG-a, u toku noći. Rano ujutru primećen je pad RAG-a i odgovorno lice je obavestilo Institut "Boris Kidrič"-Vinča. Ekipa Instituta i preduzeća "Elind" je u toku prepodneva intervenisala. Intengritet kontejnera sa radioaktivnim izvorom je sačuvan. Izlaganje zračenju bilo je uobičajeno, kao pri postavljanju RAG-a.

8. Akcident se desio juna 1973 u Kikindi. RAG je bio postavljen na krovu pogona za sušenje crepa preduzeća IGM "Toza Marković". U toku noći je izbio požar. U požaru je potpuno izgorela zgrada i gromobranska hvataljka. Odgovorno lice javilo je Institutu "Boris Kidrič"-Vinča i "Elind" iz Valjeva. Ekipa Instituta i preduzeća "Elind" stigla je u podne na mesto akcidenta. Intervencija je usledila sutradan zbog visoke temperature u prostoru oko srušenog RAG-a. U požaru je kontejner u kojem je smešten radioaktivni izvor potpuno izgoreo-ispario. Nosač izvora je ostao da visi o šiljku na visini od šest metara (sl.1). Naknadno je ustanovljeno da na nosaču izvora nije bilo kontaminacije odnosno da je hermetičnost radioaktivnog izvora Co-60 sačuvana. Izuzetnih ozračivanja prilikom intervencije nije bilo.

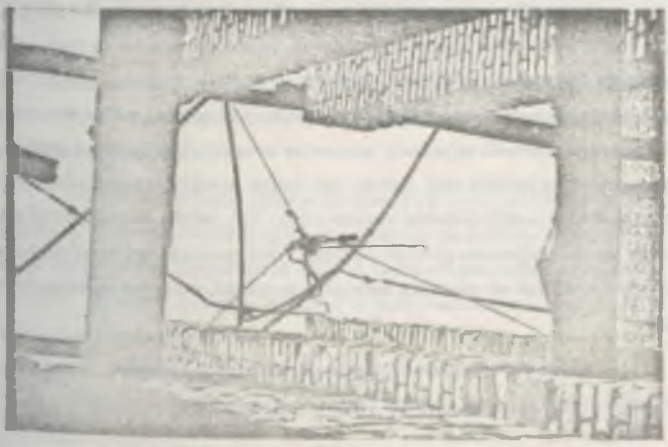
Vidimo da je u većini slučajeva uzrok akcidenta jak vetar. To znači da je projektant loše predvideo učvršćenje nosećeg stuba ili da su nesolidno izvedeni radovi. Takodje se uočava da su u svakom akcidentu odmah preduzimane predvidjene mere zaštite: usmeravanje korisnog snopa zračenja u stranu gde neće nikog ozračivati, ogradjivanje prostora u zoni oko gromobrana, postavljanje oznaka, obaveštavanje nadležnih za intervenciju i dr.

Zaključak

Sedam godina, vreme od kada je postavljen prvi radioaktivni gromobran, je relativno kratak vremenski period za donošenje konačnih zaključaka o stvarnim opasnostima i posledicama. Akcidenti će se ubuduće češće javljati, jer stalno raste broj postavljenih gromobrana. Ali iz dosadašnjeg iskustva, s obzirom na vrstu i broj dosadašnjih akcidenata i rezultujućih posledica, može se zaključiti da nema mogućnosti većeg ozračivanja stanovništva i pojedinaca, pa prema tome i značajnih posledica, pod uslovom da se unapred predvidjene mere zaštite preduzimaju.

Resume

This paper represents the possible hazards and their consequencies in case of accidents with radioactive lightnings. A short description is given of accidents which accuard in our country. They do not indicate that exist a greater danger that the population be irradiated with higher doses in case when the measures are adequate.



VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Djordje Ristić, Slobodan Gajatović
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

KONTROLA GROMOBRANA SA UGRADJENIM IZVORIMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA - RADIOAKTIVNIH GROMOBRANA

Rezime

U radu je razmatran problem kontrole gromobrana u kojima su ugradjeni izvori jonizujućih zračenja. Dat je sadržaj, način i ritam kontrole.

Uvod

Radioaktivni gromobrani sa ugradjenim izvorima zračenja - RAG služe za zaštitu od atmosferskog pražnjenja. Danas se u Jugoslaviji koriste uglavnom Co-60 i Eu-152, kao izvori jonizujućih zračenja koji se ugradjuju u gromobrane. Do sada je u našoj zemlji postavljeno oko 2.500 komada ovakvih gromobrana. Sa praktične strane gledišta, kada se posmatraju problemi zaštite i stepena opasnosti, Co-60 i Eu-152 ugradjeni u RAG mogu da se posmatraju kao čisti gama emiteri.

Dosadašnja pisanja (1,2) o radijacionoj opasnosti koja nastaje pri korišćenju RAG-a i dosadašnja iskustva pokazuju da se ona svodi samo na rizik spoljašnjeg ozračivanja gama zračenjem. Iako su jačine doza niske, u prostoru ispod RAG-a savremeni naučni podaci govore o tome da, izgleda, za ogromnu većinu kako somatskih tako i genetskih povreda ne postoje minimalne doze ozračivanja ispod kojih bi verovatnoća povrede bila jednaka nuli. Dakle, bez obzira na veličinu primljenih doza od jonizujućih zračenja postoji izvestan konačan rizik. Cilj zaštite od jonizujućih zračenja jeste da spreči radijacione povrede i smanji rizik posledica pri ozračivanju pojedinih lica, kao i svodjenje na minimum neželjenih genetskih posledica za stanovništvo kao celinu.

Pored ostalih mera za zaštitu od jonizujućih zračenja, u slučaju korišćenja RAG-a, bitni su ocena projekta i provera odredjenih parametara u toku i posle

postavljanja RAG-a. Stvoreni neophodni uslovi za bezbedno korišćenje RAG-a moraju se održavati u toku korišćenja. Kontrola RAG-a, kako je mi zovemo, ima za cilj da se stvoreni uslovi za bezbedno korišćenje, održavaju permanentno.

Cilj ovog rada je da damo sadržaj spomenute kontrole.

Kontrola RAG-a

Naše iskustvo je pokazalo da bi, radi postizanje krajnjeg cilja zaštite od zračenja, pri korišćenju RAG-a u normalnim uslovima i u slučaju akcidenta, sadržaj kontrole trebao da obuhvati:

1. Rezultati provera i merenja:

U smislu nastanka nove situacije koja je dovela do karakterističnog povećanja ljudi izloženih zračenju.

a) eventualne promene u zoni zaštite gromobrana,

b) stanje tehničke ispravnosti RAG-a: šiljak, izolator, prsten, stub, zatege, odvodne trake i mehaničke zaštite,

c) topografija jačina ekspozicionih doza zračenja ispod RAG-a

d) vrednost izmerenog otpora uzemljenja

2. Provera postojanja neophodne dokumentacije o RAG-u: projekat, uputstvo za postupak u slučaju akcidenta, svedočanstvo o merenju radioaktivnog izvora, rešenje kojim se odobrava nabavka i korišćenje izvora, atest o merenju otpora uzemljenja i topografija jačina ekspozicionih doza zračenja u zoni ispod radioaktivnog gromobrana.

3. Provera koja će utvrditi da su lica, iz radne organizacije, zadužena za zaštitu od zračenja - upoznata sa postupkom u slučaju akcidenta, zadržala ova zaduženja ili je došlo do promene.

U saglasnosti sa postojećim propisima (5, 6) kontrola RAG-a se obavlja jedamput godišnje. Kontrolu obavljaju ustanove ovlašćene za poslove zaštite od jonizujućih zračenja Socijalističke Republike na čijoj je teritoriji postavljen gromobran. O izvršenoj kontroli ovlašćena ustanova dostavlja izveštaj nadležnom republičkom sanitarnom inspektoratu i korisniku RAG-a.

Resume

This paper deals with the problems concerned with the radioactive lightuing contral. The programme, procedure and frequence of control are represented.

Literatura

1. P.Marković, Dj.Ristić, M.Ninković, S.Vuković: Dozimetrija zračenja oko radioaktivnog gromobrana (RAG-a), sa ugradjenim Co-60 kao radioaktivnim izvorom, IBK-1141.

2. Dj.Ristić: Vorbeungungsmassnahmen und Verhalten im Schadenstall mit radioaktiven Blitzableitern 11. Internationale Blitzschutzchutzkonferenz. 13-17 September 1971. München

3. P.Marković: Radijacione norme, IBK-1117

4. P.Marković, M.Ninković: Kriterijumi, parametri i norme za ozračivanje stanovništva, IBK-1126

5. Pravilnik o tehničkim propisima o gromobranima ("Sl. list SFRJ", br.13/68)

6. Pravilnik o povremenim merenjima i proveravanju kontaminacije stvari i lica i o proveravanju ispravnosti mernih instrumenata i zaštitnih sredstava ("Sl. list SFRJ", 52/69)

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Split 22. do 26. oktobra 1973

Mr.dipl.fiz. Tomašević Miroslav

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

IZLOŽENOST MEDICINSKIH SESTARA JEDNOG UROLOŠKOG ODELJENJA X-ZRAČENJU

Rezime

Osoblje koje vrši urološke intervencije pod rendgenskim zračenjem izloženo je ekspozicionim dozama zračenja koje su vrlo često više od maksimalno dozvoljenih.

U radu su iznete vrednosti ekspozicionih doza zračenja koje smo izmerili u jednoj urološkoj ustanovi na mestu medicinskih sestara. Izneta je i sugestija da se ove intervencije ne smeju vršiti bez posebnih zaštitnih sredstava (zaštitne rukavice, zaštitna kecelja).

UVOD

Kada se govori o izloženosti zdravstvenih radnika jonizujućem zračenju uglavnom se misli na izloženost lekara radiologa, ftiziologa i rendgen tehničara. Zaboravlja se činjenica da su još mnogi drugi u izvesnim slučajevima daleko više izloženi jonizujućem zračenju. Tako su na primer lekari hirurzi, urolozi, stomatolozi i pomoćno osoblje koje im asistira ili samostalno obavlja izvesne intervencije vrlo često izloženi veoma visokim vrednostima ekspozicionih doza zračenja.

Na ovom mestu razmotrićemo samo slučaj medicinskih sestara jednog urološkog odeljenja koje ili uz lekara urologa ili samostalno obavljaju snimanja te su izložene rendgenskom zračenju.

METOD ISPITIVANJA

U jednom rendgen kabinetu posmatrali smo rad medicinskih sestara sa urološkog odeljenja. One su uglavnom samostalno, uz povremenu pomoć lekara urologa, obavljale sledeća snimanja:

a) intravenozna pielografija
b) infuziona pielografija
c) retrogradna pielografija
d) simanja po "Ševasiju"
e) cistografija
f) uretrocistografija

Kod izvesnih snimanja (a, b, c), posle pripreme pacijenata, medicinske sestre su se povlačile iza zaštitnog paravana. Tek nakon njihovog povlačenja rendgen tehničar je obavljao snimanje. U tim slučajevima medicinske sestre su izložene jonizujućem zračenju isto toliko kao i rendgen tehničar.

Kod drugih snimanja (d, e, f), medicinske sestre se ne zaklanjaju iza zaštitnog paravana već stoje uz pacijenta za svo vreme snimanja. Za vreme ovih snimanja one se izlažu vrlo visokim ekspozicionim dozama zračenja. Ruke im se nalaze u direktnom snopu dok je glava i telo na periferiji snopa.

Za vreme obavljanja ovih snimanja vršili smo merenje ekspozicionih doza zračenja u visini glave, sternuma, genitalnih organa i ruku medicinskih sestara. Merenje je obavljeno Rčentgen Gamma Dosimeter-om VA-J-15A.

Snimanje je obavljeno četvoropulsnim rendgen aparatom Grafoskop-Selenos 4. Kondicije snimanja odabirao je rendgen tehničar prema pacijentima koji su bili snimani i one su iznosile od 85 do 90 kV, 120 mAs sa vremenom od 0,6 do 1 sekunde.

U verodostojnost odabranih kondicija nismo ulazili, tako da postoji mogućnost da se u nekoj drugoj ustanovi snimanje obavlja i sa nižim kondicijama pri čemu je i osoblje manje izloženo zračenju.

REZULTATI MERENJA

Rezultate naših merenja iznećemo prema vrsti uka-

zane intervencije.

a) INTRAVENOZNA PIELOGRAFIJA

Pacijent se nalazi na stolu. Posle davanja injekcije medicinska sestra se povlačila iza zaštitnog paravana. Tek tada rendgen tehničar je uključivao visok napon i obavio snimanje. Snimanje je vršeno posle 7 i 8 minuta od davanja injekcije; ukupno 3 ekspozicije u trajanju od po 0,6 sekundi.

Jačina ekspozicione doze zračenja iza zaštitnog paravana iznosila je 7 mR/h.

Ukupna izloženost medicinske sestre iza zaštitnog paravana pri obradi jednog pacijenta iznosila je:

0,003 mR

b) INFUZIONA PIELOGRAFIJA

Postupak je sličan kao i kod intravenozne pielografije. Za vreme snimanja medicinske sestre se nalaze iza zaštitnog paravana. Jačina ekspozicione doze zračenja koju smo izmerili iza paravana iznosila je 7 mR/h. Na jednom pacijentu su obavljena 4 snimanja i to nakon 5 minuta, 10 minuta i 10 minuta u trajanju od po 0,6 sekundi.

Ukupna izloženost medicinske sestre iza zaštitnog paravana pri obradi jednog pacijenta iznosila je:

0,004 mR

c) RETROGRADNA PIELOGRAFIJA

U ovom slučaju postupak je sličan ranijem, ali se može zahtevati da se snimanje obavi za vreme ubrizgavanja kontrasta ili tek nakon toga.

U prvom slučaju sestre se nalaze uz pacijenta tako da su izložene zračenju za svo vreme snimanja. U drugom slučaju one se za vreme snimanja nalaze iza zaštitnog paravana, pa je i njihovo izlaganje jonizujućem zračenju znatno manje.

Kada se snimanje obavlja za vreme ubrizgavanja kontrasta ruke medicinske sestre se nalaze i direktnom snopu ili na njegovoj periferiji, što zavisi uglavnom od veličine otvora blende. Njena glava se nalazi u neposrednoj blizini zračnika. Tako je celo telo izloženo vrlo visokim vrednostima ekspozicionih doza zračenja.

Obično se naprave dva snimka, tako da je izloženost pojedinih delova tela medicinske sestre sledeća:

(dve ekspozicije u trajanju od po 0,6 sec)

GLAVA	26 mR
STERNUM	26 mR
GENITALNI ORGANI	33 mR
ŠAKE	2400 mR

Ukoliko su sestre zaklonjene zaštitnim paravanom njihova izloženost iznosi:

0,002 mR

d) SNIMANJE PO "ŠEVASIJU"

Za vreme snimanja medicinska sestra se nalazi pored pacijenta. Kao i u ranijem slučaju njene ruke - šake nalaze se u direktnom snopu zračenja, te su izložene vrlo visokim dozama zračenja. U ovom slučaju snima se ili dva ili četiri filma u trajanju od po 0,6 sekundi.

Ukupna izloženost u zavisnosti da li se snima dva ili četiri filma iznosi:

GLAVA	34	-	68 mR
STERNUM	34	-	68 mR
GENITALNI ORGANI	44	-	88 mR
ŠAKE	4000	-	8000 mR

e) CISTOGRAFIJA I URETROCISTOGRAFIJA

Za vreme ovih snimanja kao i ranijih sestra obalja slične operacije (ubrizgava kontrast). Za vreme snimanja ona se ne zaklanja iza zaštitnog paravana. Kod cistografije prave

se dva snimka - dve ekspozicije u trajanju od 0,8 sekundi ukupno 1,6 sekundi, dok kod uretrocistografije samo jedan snimak u trajanju od 0,8 sec.

Izloženost medicinske sestre pri obradi jednog pacijenta iznosi:

	CISTOGRAFIJA	URETROCISTOGRAFIJA
GLAVA	20 mR	10 mR
STERNUM	26 mR	13 mR
GENITALNI ORGANI	20 mR	10 mR
ŠAKE	3000 mR	1500 mR

Rezultati naših ispitivanja dati su na tabeli 1. Vrednosti se odnose na obradu jednog pacijenta i izražene su u mR.

Tabela br.1

IZLOŽENOST MEDICINSKE SESTRE JONIZUJUĆEM ZRAČENJU PRI UROLOŠKIM INTERVENCIJAMA

ORGAN	Izloženost pri različitim intervencijama izražena u mR							
	1	2	3	4	5	6	7	8
GLAVA	0,003	0,004	26	0,002	34	68	20	10
STERNUM	0,003	0,004	26	0,002	34	68	26	13
GONADE	0,003	0,004	33	0,002	44	88	20	10
ŠAKE	0,003	0,004	2400	0,002	4000	8000	3000	1500

1. Intravenozna pielografija
2. Infuziona pielografija
3. Retrogradna pielografija (sestra nezaklonjena)
4. " " (sestra se zaklanja)
5. Snimanje po "Ševasiju" (dva snimka)
6. " " (četiri snimka)
7. Cistografija
8. Uretrocistografija

ZAKLJUČAK

Osoblje urološkog odeljenja u izvesnim slučajevima izloženo je vrlo visokim ekspozicionim dozama zračenja.

To su lekari urolozi, ali mnogo češće medicinske sestre koje samostalno ili uz lekara urologa obavljaju pripremu pacijenta za snimanje.

Kako se vidi iz rezultata do kojih smo došli posmatrajući rad medicinskih sestara u jednoj urološkoj ustanovi, doze zračenja kojima se ovo osoblje izlaže često puta su više od dozvoljenih. Naročito su izložene šake koje se zbog specifičnosti posla ne mogu zaštititi klasičnim zaštitnim rukavicama. U ovakvim slučajevima treba raditi sa specijalnim rukavicama od olovne gume koje omogućavaju držanje šprica.

Ostali delovi tela su takodje znatno izloženi te se rad bez zaštitne kecelje ne sme dozvoliti.

Takodje se ne sme dozvoliti da jedna ekipa obradi više od jednog pacijenta dnevno jer bez obzira na vrstu zaštite ona u ovakvom slučaju nije apsolutno efikasna.

SUMMARY

EXPOSURE TO X-RAY OF MEDICAL SISTERS IN AN UROLOGY DEPARTMENT

The hospital staff who perform urological treatment under Roentgen radiation is exposed to the radiation doses that are often higher than maximum permissible.

In the work there are presented the values of radiation doses that are monitored at the place where sisters stand during treatment. It is adviced that this kind of treatment must not be performed without application of special protective means (protective gloves, protective apron).

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22-26.Oktobra 1973

Radotić M.,S.Škodrić i V.Ćirić
Institut "Boris Kidrič",Republički sekretarijati za zdravlje i socijalnu politiku i Opštenarodnu odbranu S.R.Srbije

ZAŠTITA OD NUKLEARNIH ZRAČENJA U PROGRAMU OBUKE IZ RATNOG MEDICINSKOG MINIMUMA ZA LEKARE U S.R.SRBIJI

Iznose se iskustva iz obuke lekara za zadatke Teritorijalne odbrane i Civilne zaštite u zaštiti od nuklearnih zračenja.Medicinski program je shvaćen kao deo ratnog medicinskog minimuma.Nastava je organizovana u vidu instruktorskih kurseva /prva nastavna baza/ za lekare specijaliste koji su zatim u većim gradovima SR Srbije održali opšte kurseve sa jedinstvenim programom za sve lekare bez obzira na specijalnost,pol i godine starosti.

Iznose se zapažanja o programsko-nastavnim jedinicama,metodologiji i dosadašnjim rezultatima obuke.

Pod pojmom "ratnog medicinskog minimuma" podrazumevamo sistematski sredjene osnovne informacije u vidu jasno opisanih akcija i postupaka čiji je cilj očuvanje zdravlja stanovništva,medicinsko zbrinjavanje obolelih i ozledjenih, rehabilitovanje sposobnosti za rad i vodjenje opštenarodnog odbranbenog rata i,u slučaju nuklearnog rata,očuvanje biološkog integriteta društva kroz posebnu brigu za podmladak.

Posle nekoliko pokušaja integrisanja stručne medicinske literature u monografiju specijalne namene,možemo reći da se u našoj zemlji tek pre nekoliko godina pojavio takav jedan minimum u kojem je eksplicitno izneseno ono što je,za dato vreme, odgovaralo gore navedenom cilju.Pošto se u medjuvremenu nastavni rad naročito na području zaštite od nuklearnih zračenja integrisao u sistem podizanja opšte odbranbene sposobnosti samoupravnog sicijalističkog društva kroz Teritorijalnu odbranu i Civilnu zaštitu,neki učesnici ove akcije,medju koje spadaju i autori saopštenja,iznose svoje skromno iskustvo na ovom radu.

SISTEM I ORGANIZACIJA OBUKE

Opšta koncepcija obuke lekara u pripremi za Opštenarodni odbranbeni rat u SR Srbiji - a ona je predstavljala okvir za sve dalje poduhvate - regulisana je dvama propisima:

1.Pravilnikom o programu obuke kadrova koji rade na poslovima ONO, i 2.Programom obuke. Pošto je,prema propisima Republičkog zakona o opštenarodnoj odbrani,Republički sekretarijat za zdravlje i socijalnu politiku obavezan da donese "Pravilnik o programu posebnog dela obuke za opštenarodnu odbranu za zdravstvene radnike" koji je još uvek u stanju projekta,to je u proteklom periodu nastava izvodjena prema programu obuke u sistemu I i II nastavne baze.

Naime,komisija za RHB-zaštitu Republičkog štaba Civilne zaštite smatrala je da je najpogodniji stepenasti sistem izvodjenja obuke lekara.Ovaj sistem se sastoji u tome što se prvo obuči izvestan broj instruktora predavača koji su već pružili garantije u pogledu svojih stručnih kvaliteta i profesionalne orijentisanosti u sopstvenim regionalnim centrima - svim većim gradovima SR Srbije.Obuka je izvodjena u Beogradu i to pretežno u VMA, a manjim delom u Institutu "Boris Kidrič" i u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović". Ovaj stepen obuke instruktora dobio je naziv " I /prva/ nastavna baza". Lekari specijalisti koji su završili kurseve za instruktore u I nastavnoj bazi prihvatili su na sebe obavezu da sprovode obuku za ostale lekare po regionalnim centrima.Obuka po regionalnim centrima nazvana je " II /druga/ nastavna baza". Ovakav sistem je prihvaćen zbog toga što ne postoje kadrovske, materijalne,finansijske i vremenske mogućnosti da se obuka sprovede u relativno kratkom vremenskom periodu na jednom mestu, tj.u Beogradu, gde su uslovi za izvodjenje nastave objektivno najpovoljniji.

Za osposobljavanje instruktorskog kadra formirane su 4 vrste kurseva ratnog medicinskog minimuma i to za lekare specijaliste instruktore za hirurški minimum, za R-medicinski minimum, za H-zaštitu i za B-zaštitu. Kursevi su u II nastavnoj bazi izvodjeni po jedinstvenom nastavnom programu, a ne po specijalnostima, i nosili su naziv "Opšti kurs iz ratnog medicinskog minimuma za lekare". Broj časova za sve kurseve -specijalizovane i opšti - i u jednoj i u drugoj bazi je jedinstven i iznosio je 120 časova.

Nastava na kursevima I nastavne baze se izvodila svakodnevno tj. 5 dana u sedmici po 6 časova dnevno. Za vreme trajanja kursa slušaoci su bili oslobodjeni radne obaveze. Na kraju kursa polagali su ispit i dobijali potvrdu.

Za razliku od I nastavne baze, slušaoci kurseva II nastavne baze su,uglavnom,imali skraćeno radno vreme, a nastava se izvodila po podne od 16 do 21 čas u toku 5 dana u sedmici. U nedostatku sopstvenih predavača,za pojedine teme su angažovani predavači iz Beograda. Kursevima u II nastavnoj bazi obuhvaćeni su svi lekari bez obzira na pol,specijalnost i godine starosti. U II nastavnoj bazi predvidja se organizovanje i specijalizovanih kurseva nalik na kurseve u I nastavnoj bazi,ako se za to pokaže potreba,uslovi su povoljni a broj slušalaca dovoljan.Takav jedan kurs je planiran za teritoriju SAP Vojvodine.

Obuka lekara prema programu "Ratnog medicinskog minimuma" doprineće daljem razvoju nastave preko III nastavne baze koja tek treba da obuhvati srednji i ostali medicinski kadar.

Na donjoj tabeli dati su ukupni broj časova svakog od četiri kursa po specijalnostima, i onog jednog opšteg kursa za II nastavnu bazu, i broja časova koji je dodeljen izvodjenju programa iz zaštite od zračenja.

NAZIV KURSA	BROJ ČASOVA UKUPNO	BROJ ČASOVA IZ R-ZAŠTITE
1.Instruktori za hirurški minimum	111	30
2.Instruktori za H-zaštitu	115	30
3.Instruktori za B-zaštitu	120	22
4.Instruktori za R-zaštitu	110	50
Opšti kurs za lekare i stomatologe u II nastavnoj bazi	95	24

Razlika koja se javlja kao manjak do 120 časova nastaje zbog toga što su neki časovi predvidjeni kao rezervno vreme, ili su utrošeni za ispit.Medjutim, u materijalu za polaganje ispita ponovo se javljaju elementi R-zaštite što nije uračunato u gornju tabelu.

PROGRAMSKO-NASTAVNE JEDINICE

Pri sastavljanju, a naročito pri realizaciji nastavnog programa,polazili smo od pretpostavke da je medijum na koji se transferuje znanje već prethodnim obrazovanjem pripremljen za usvajanje specifične sadržine.Zahvaljujući tome mi smo čitavo gradivo organizovali u obliku pet približno jednako o-

bimnih i na izgled nezavisnih logičko-nastavnih jedinica.

1.Pojmovna definicija radijacione i ratne nuklearne povrede sa osvrtom na specifičnosti u poredjenju sa dejstvom drugih štetnih agenasa nerradijacione prirode.Tri načela Opšte radiobiologije respektuju tri osnovna parametra posmatranih dogadjaja: diskrepanciju izmedju količine apsorbovane energije i obima posledica, umetanje vremenskog intervala izmedju jonizacije i manifestovanja očekivanog oštećenja u vidu latencije, i zavisnost efekta od doze zračenja prema i kvantitativnim /kontinualnim, parametarskim/ i kvalitativnim /diskretnim,neparametarskim/ obeležjima posmatranja.Ovaj uvod u pojam radijacione lezije legitimiše njeno svojstvo kritičnosti po održanje života objašnjavajući ga kao replikativnost sopstvenih osobina /autoreplikativnost/.Objašnjenja na molekulskom nivou infraćelijskih struktura je preduslov uspešnog suprotstavljanja fatalizmu time što racionalizuje verovatnoću spontanog oporavka kao neminovnost kojom se maksimalno inicijalno oštećenje po završenoj amplifikaciji redukuje na jednu desetinu.Dimenzija rezidualnog oštećenja je ujedno okvir za teorijski cilj zaštite u smislu prevencije evolutivnosti primarne lezije kada se apsorbovanje zračenja ne može izbeći.

2.Pošto se prethodnom logičko-nastavnom jedinicom slušaocima pruže ključne informacije,delji nastavni časovi predstavljaju kumulisanje po hijerarhijskom načelu. Akutna radijaciona bolest se izlaže prema klasičnom načinu medicinskih udžbenika - etiopatogeneza, simptomatologija,klasifikacija kliničkih sindroma,dijagnoza i diferencijalna dijagnoza sa posebnim osvrtom na kvantitativnu dijagnozu stepena ozračenja,terapija, komplikacije i prognoza uključujući ocenu radne i borbenes sposobnosti.

Svrha ove jedinice je da pamćenje slušalaca zadrži samo na elementima humane radiobiologije i isključi konfuzije do kojih neminovno dolazi pri široj analizi eksperimentalne ili komparativne radiobiologije.

3.Kada nastavnik proveri iz nevezanog razgovora da su slušaoci shvatili humanu radiopatologiju i osnovne kliničke karakteristike akutne radijacione bolesti,on pristupa rasvetljavanju pojedinosti interne kontaminacije,infektivne i neinfektivne radioimunologije,odloženih i poznih posledica zračenja i zbirno prikazuje one nozološke forme čija se radi-

jaciona etiologija samo naslućuje,kao što su sistemno-degenerativna oboljenja,maligna alteracija,prevremeno starenje i skraćenje očekivanog trajanja života.

Svrha ovog izlaganja je racionalizacija varijabilnosti bioloških efekata zračenja u funkciji doze i vremena kada se javljaju.

4. Sada se celovita slika radijacione povrede čoveka u svim kvalitativnim i kvantitativnim varijantama diskutuje pomoću polifunkcionalnih tabela sa kojih se čitava simptomatologija hronološki i po priraštaju intenziteta dovodi u korelaciju sa dozom zračenja.Iskusan nastavnik ovakvu tabelu razradjuje zajedno sa slušaocima,navodeći ih da arbitrarno ranguju prognostičku i dijagnostičku važnost pojedinih simptoma i dozu zračenja posle koje se ovi očekuju.Na osnovu ovih podataka revidira se pojam o dozi zračenja u pogledu njene medicinske sadržine i objašnjava paralelizam i odstupanje od rezultata fizičkih merenja.Ovim se ujedno objašnjava njen probabilitetni karakter.

Na kraju ovog dela izlažu se udružene radijacione povrede kroz fenomen sindroma uzajamnog pogoršanja, učenje o preosetljivoj podpopulaciji,većem prinosu manjih doza zračenja i kumulaciji ukupnog oštećenja prema teoriji Bikira.

5.Završna jedinica sadrži izlaganje trijažnih principa,etapnog lečenja i evakuacije po naznačenju i u sklopu sa teritorijalnom odbranom. Posebna pažnja se posvećuje praktičnoj akciji za orijentisanje o dimenziji gubitaka,merama zbrinjavanja masovnih radijacionih povreda i likvidaciji posledica nuklearnog napada.

Dosadašnja praksa je pokazala da su neki izvorni podaci neusaglašeni i da se reflektuju na jedinstvenost ratne medicinske doktrine,budući da se kvalitetna pomagala kao što su tablice,norme,proračuni oboljevanja,predvidjanje medicinske evolucije radijacione situacije namenjani potrebama armije i prema tome,od velike ali ograničene koristi za potrebe heterogene populacije pod specifičnim lokalnim uslovima teritorijalne odbrane.Stanje se donekle popravlja širokim razvijanjem improvizacije i primene tzv malih sredstava budući da se lako prilagodjuju lokalnim uslovima pa se često kao zahvalna tema razgovora na rezervnom nastavnom času spontano pretvore u seminar i završnu konsultaciju.

Sam završni seminar,u načelu, i ima zadatak da organizuje prikupljanje relevantnih medicinskih informacija,da ih klasifikuje i obradi i na osnovu njih sprovede zbrinjavanje.Obično tada jedan od slušalaca koji se prethodno istakao postignutim uspehom,na osnovu sanitetsko-taktičkih pretpostavki koje daje predavač, analizira radijacionu situaciju i predlaže rešenja, s u diskusiji o opravdanosti i alternativama učestvuju ostali slušaoci.

METODOLOGIJA IZLAGANJA

Uobičajeno je, a od većine nastavnika prihvaćeno kao pravilo,da se gradivo izlaže uz pomoć projekcije dijapozitiva. Ovakav način rada ima ogromne prednosti.Osnovnu prednost čini sinoptičnost pojmovnih elemenata koji se pozivaju upomoć upravo u momentu kada je to potrebno i koji dozvoljavaju da se izmedju ponekad udaljenih delova jasno sagledava celina.Dodatna prednost projekcije je i očiglednost.

Nedostatak projekcije dijapozitiva predstavlja to što se slušaoci teže mobilišu na aktivnu saradnju,destimulisani su da vode beleške /a to je zasada jedina zamena za udžbenik/, i lakše podležu iskušenjima razne vrste usled kojih prestaju da prate rad.Istovremeno projekcija dijapozitiva ponekad doduše približava predavača problemu,ali ga udaljuje od auditorijuma.

Filmova u ovoj oblasti i na tom nivou ima veoma malo. Prikazuju se filmovi opšteg karaktera iz repertoara obaveznog fonda jedinica civilne zaštite.Neosporno je da ovi filmovi doprinose stvaranju jedne vizije teških situacija,složenih zadataka i sprovodjenja mera i postupaka zaštite u slučaju upotrebe nuklearnog oružja.Medjutim, nedostaju filmovi koji bi,na visokom stručnom nivou,razmatrali sva pitanja,od organizacije zbrinjavanja,preko trijaže, do primarnih radiobioloških procesa i patoloških fenomena u pojedinim fazama radijacione bolesti.Treba naglasiti da je - zbog ovakvog stanja stvari - celishodnije što više koristiti tablu i postupnost u uvodjenju novih pojmova s tim da se slušaoci maksimalno uključe u proces rada predavača.Dobar predavač mora umeti da prisili slušaoce da svaki novi pojam "otkrivaju zajedno sa predavačem" i time neprestano povećavaju svoju radoznalost koja je osnova uspeha.

Praktičan rad polaznika kurseva odvijao se u sledećim oblastima: detekcija i dozimetrija jonizujućih zračenja, dekontaminacija kože čoveka, merenje radioaktivnosti mokraće kontaminovanih ljudi i mikroskopsko ispitivanje belih krvnih elemenata periferne krvi ozračenih životinja.

Tehnika detekcije dozimetrije i merenja radioaktivnosti uzoraka mokraće prikazivana je kao demonstracija s tim što je glavna pažnja koncentrisana na trajanje postupka,formu dobijenog rezultata i njegove precizione pokazatelje i okolnosti koje povećavaju ili smanjuju dijagnostičko-prognostičku vrednost.

Svi slušaoci su izvodili dekontaminaciju kože na sopstvenoj ruci.Kao kontaminant je upotrebljavan jedan od kratkoživećih radioizotopa.U Institutu "Boris Kidrič" slušaocima je demonstriran i rad merača celog tela /Whole body counter/ ne u cilju njegovog uključenja u sistem zaštite od zračenja po "ratnom medicinskom minimumu", nego kao ilustracija potpunog uspeha samodekontaminacije kože.Zahvaljujući ovoj okolnosti u toku izvodjenja nastave sa nekoliko stotina slušalaca nijednom nije došlo do, inače čestih, psihogenih subjektivnih reakcija u pojedinaca koje rutinska kontrola radioaktivnosti kože ne zadovoljava.

Kao vrlo značajna metodska jedinica u praktičnoj nastavi sa organizacionog i stručnog aspekta pokazalo se prikazivanje rada punkta za dekontaminaciju ljudi.Ovaj punkt dobija svoje puno značenje u slučaju da se za dekontaminaciju odjednom javi veliki broj ljudi sumnjivih, ili sa ličnim žalbama na radioaktivnu kontaminaciju.Punkt funkcioniše na principu diskontinuirane jednopredmetne linije sa umetnutim tačkama kontrole kvaliteta koje rade na principu redukovane trijaže.

Dijagnoza stepena ozračenosti na osnovu nalaza broja belih krvnih elemenata periferne krvi odredjeno vreme posle ekspozicije obično indukuje živo interesovanje i sadržajnu diskusiju sa slušaocima.Od posebnog značaja je proračun vremena i materijalno-tehničko-kadrovskih potreba za obavljanje laboratorijskog pregleda krvi.

Sve praktične vežbe i demonstracije,sem detekcije i dozimetrije,izvedene su u laboratorijama Odeljenja za medicinsku zaštitu Instituta "Boris Kidrič".Iste vežbe organizovane su i za slušaoce kurseva II nastavne baze.

EVALUACIJA PROGRAMA KROZ KRITIČKI OSVRT NA DOSADAŠNJI RAD

Tako je,ustvari,arbitrarna, ocena postignutih rezultata nije loša.Mi smo pokušali da uspeh kvantifikujemo sposobnošću slušalaca da diskriminišu ratne nuklearne povrede od ozračenja niskih nivoa mirnog dobaNešto bolju evidenciju o uspehu daje ocena sposobnosti svakog slušaoca da izradi procenu ugroženosti i potrebnih mera sanitetskog obezbedjenja povredjenih od zračenja za sopstvenu zdravstvenu ustanovu ili opštinu,što je, usotalom,i deo završnog ispita.

Prelomne tačke uključenja slušalaca u program nastave su motivisanost slušalaca i veština predavača pri definisanju pojmova vanredne situacije, MDD, gradacija akutne radijacione bolesti i njena dinamika i sindroma uzajamnog pogoršanja.

Nastava iz "ratnog medicinskog minimuma" u oblasti zaštite od nuklearnih zračenja,više nego ijedna naučna oblast,zahteva kontinuanu naučno-tehničku inovaciju i stalnu reviziju prema aktuelnim naučnim dostignućima.Izmene u ovom smislu koje su registrovane u zemljama sa najviše iskustva iz rada na zaštiti od jonizujućeg zračenja - kao što je promena koncepcije sigurnosnih mera 1969 u SSSR i konflikt sa nuklearnom industrijom i zdravstvom u SAD - nisu zabeležene i kod nas.Svakako da savetovanje kroz Društvo za zaštitu od zračenja donosi krupan prilog i treba ga planski sprovoditi.

Nije na nama da ocenjujemo kako su predavači obavili svoj posao,ali nam je jasno da je orijentacija na poboljšanje kvaliteta predavanja zaloga uspeha u obuci.Ovaj rad je zasada prepušten entuzijazmu i savesti pojedinaca uz malu pomoć I nastavne baze.

Najzad,inkorporacija ovako iznesenih načela "Minimuma" u programe fakultetske nastave je zadatak koji tek očekuje svoje rešenje kroz reformu univerzitetske nastave. Ova proces nikako ne bi smeo da se ogluši o dosada prikupljena iskustva u radu iz aspekata Teritorijalne odbrane i Civilne zaštite.

- izvidanju rejona verovatne kontaminacije radi utvrdivanja vrste i stepena opasnosti.

NHB-osmatranje izvode osmatračke stanice, koje pored opšteg osmatranja imaju zadatak da sprovode i NHB-osmatranje teritorije.

Za rad osmatračkih stanica neophodna je odgovarajuća oprema i obučeno ljudstvo. Sve stanice na odredenoj teritoriji su povezane sa centrom za izvidanje, obaveštavanje i uzbunjivanje. Sa pomenutim centrom takođe su povezane stručne službe i organi koji kroz redovnu delatnost vrše osmatranje i praćenje radijacione opasnosti. Ovakva organizacija NHB-osmatranja predstavlja deo opšteg sistema kontrole teritorije.

2.2. Jedinice civilne zaštite

Na osnovu procene ugroženosti, opštine, mesne zajednice, organizacije udruženog rada i druge organizacije obrazovale su univerzalne (opšte namene) i specijalizovane jedinice civilne zaštite. Posebno značajna vrsta specijalizovanih jedinica predstavljaju jedinice za NHB-zaštitu. Ove jedinice organizuju i sprovode otkrivanje i utvrdivanje opasnosti od NHB-sredstava (vrsta, intenzitet i obim kontaminacije), vrše dozimetrijsku kontrolu stanovništva i dekontaminaciju nepovredenih ljudi, materijalno-tehničkih sredstava i objekata. Zavisno od vrste zadataka, ove jedinice imaju sledeće delove: za izvidanje i za dekontaminaciju.

Jedinice za NHB-zaštitu osposobljavaju se za izvršavanje sledećih posebnih zadataka iz radijacionog izvidanja: prikupljaju osnovne podatke o izvršenim nuklearnim eksplozijama, otkrivaju nailazak radioaktivnih padavina i radijacionu kontaminaciju vazduha, vode, zemljišta i objekata, izvidaju radijaciono kontaminiranu teritoriju i mere intenzitet zračenja, obeležavaju radijaciono kontaminirano zemljište i objekte i prikupljaju uzorke kontaminiranog materijala radi detaljnije analize.

Jedinice za NHB-zaštitu se takođe osposobljavaju za

izvršavanje dekontaminacije nepovrđenog ljudstva, domaćih životinja, hrane, odeće i opreme, transportnih sredstava, saobraćajnica i objekata. Ove jedinice uglavnom obrazuju organizacije udruženog rada i druge organizacije koje raspolažu osposobljenim ljudstvom, objektima i tehničkim sredstvima.

2.3. Zaštita putem skloništa

RHB-zaštita, odnosno zaštita od zračenja, putem skloništa predstavlja osnovnu zaštitu u urbanizovanim, pa i drugim sredinama.

Skloništa treba da, pored ostalog, pruže određenu zaštitu i od početnog radioaktivnog zračenja i radioaktivnih padavina, pa se konstruktivni elementi skloništa računaju i na te uticaje. Instalacije za snabdevanje vazduhom,vodom, el. energijom i odvodnje otpadnih voda, kao i svi otvori, moraju da imaju otpornost propisanu za određenu vrstu skloništa.

Do sada je izdat Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju skloništa za osnovnu zaštitu,(4) a za ostale vrste skloništa izrađeni su nacrti pravilnika i dati na javnu diskusiju (za te vrste skloništa već duže vremena postoje privremeni pravilnici). Naša preduzeća su usvojila i proizvode za tržište uglavnom svu zaštitnu opremu i instalacije za skloništa, a neka se delimično i uvozi. Preduzete su mere za osposobljavanje projektantskih i urbanističkih organizacija za rad na problematici skloništa i već su postignuti određeni rezultati.

Skloništa, koja su izgrađena u poslednje vreme, građena su prema navedenim pravilnicima i obezbeđuju zaštitu stanovništva i od zračenja, ali je činjenica da savremenih skloništa nema dovoljno i da je proizvodnja odn. primena zaštitne opreme i instalacija još uvek nedovoljna, pa i prilično skupa.

2.4. Obuka

U civilnoj zaštiti, u okviru RHB-zaštite, sprovodi se obuka iz zaštite od zračenja za: stanovništvo, pripadnike jedinica civilne zaštite i kadrove, koji rade na realizovanju mera

Za razliku od I nastavne baze, slušaoci kurseva II nastavne baze su,uglavnom,imali skraćeno radno vreme, a nastava se izvodila po podne od 16 do 21 čas u toku 5 dana u sedmici. U nedostatku sopstvenih predavača,za pojedine teme su angažovani predavači iz Beograda. Kursevima u II nastavnoj bazi obuhvaćeni su svi lekari bez obzira na pol,specijalnost i godine starosti. U II nastavnoj bazi predvidja se organizovanje i specijalizovanih kurseva nalik na kurseve u I nastavnoj bazi,ako se za to pokaže potreba,uslovi su povoljni a broj slušalaca dovoljan.Takav jedan kurs je planiran za teritoriju SAP Vojvodine.

Obuka lekara prema programu "Ratnog medicinskog minimuma" doprineće daljem razvoju nastave preko III nastavne baze koja tek treba da obuhvati srednji i ostali medicinski kadar.

Na donjoj tabeli dati su ukupni broj časova svakog od četiri kursa po specijalnostima, i onog jednog opšteg kursa za II nastavnu bazu, i broja časova koji je dodeljen izvodjenju programa iz zaštite od zračenja.

NAZIV KURSA	BROJ ČASOVA UKUPNO	BROJ ČASOVA IZ R-ZAŠTITE
1.Instruktori za hirurški minimum	111	30
2.Instruktori za H-zaštitu	115	30
3.Instruktori za B-zaštitu	120	22
4.Instruktori za R-zaštitu	110	50
Opšti kurs za lekare i stomatologe u II nastavnoj bazi	95	24

Razlika koja se javlja kao manjak do 120 časova nastaje zbog toga što su neki časovi predvidjeni kao rezervno vreme, ili su utrošeni za ispit.Medjutim, u materijalu za polaganje ispita ponovo se javljaju elementi R-zaštite što nije uračunato u gornju tabelu.

PROGRAMSKO-NASTAVNE JEDINICE

Pri sastavljanju, a naročito pri realizaciji nastavnog programa,polazili smo od pretpostavke da je medijum na koji se transferuje znanje već prethodnim obrazovanjem pripremljen za usvajanje specifične sadržine.Zahvaljujući tome mi smo čitavo gradivo organizovali u obliku pet približno jednako o-

bimnih i na izgled nezavisnih logičko-nastavnih jedinica.

1.Pojmovna definicija radijacione i ratne nuklearne povrede sa osvrtom na specifičnosti u poredjenju sa dejstvom drugih štetnih agenasa nerradijacione prirode.Tri načela Opšte radiobiologije respektuju tri osnovna parametra posmatranih dogadjaja: diskrepanciju izmedju količine apsorbovane energije i obima posledica, umetanje vremenskog intervala izmedju jonizacije i manifestovanja očekivanog oštećenja u vidu latencije, i zavisnost efekta od doze zračenja prema i kvantitativnim /kontinualnim, parametarskim/ i kvalitativnim /diskretnim,neparametarskim/ obeležjima posmatranja.Ovaj uvod u pojam radijacione lezije legitimiše njeno svojstvo kritičnosti po održanje života objašnjavajući ga kao replikativnost sopstvenih osobina /autoreplikativnost/.Objašnjenja na molekulskom nivou infraćelijskih struktura je preduslov uspešnog suprotstavljanja fatalizmu time što racionalizuje verovatnoću spontanog oporavka kao neminovnost kojom se maksimalno inicijalno oštećenje po završenoj amplifikaciji redukuje na jednu desetinu.Dimenzija rezidualnog oštećenja je ujedno okvir za teorijski cilj zaštite u smislu prevencije evolutivnosti primarne lezije kada se apsorbovanje zračenja ne može izbeći.

2.Pošto se prethodnom logičko-nastavnom jedinicom slušaocima pruže ključne informacije,dalji nastavni časovi predstavljaju kumulisanje po hijerarhijskom načelu. Akutna radijacioana bolest se izlaže prema klasičnom načinu medicinskih udžbenika - etiopatogeneza, simptomatologija,klasifikacija kliničkih sindroma,dijagnoza i diferencijalna dijagnoza sa posebnim osvrtom na kvantitativnu dijagnozu stepena ozračenja,terapija, komplikacije i prognoza uključujući ocenu radne i borbenes sposobnosti.

Svrha ove jedinice je da pamćenje slušalaca zadrži samo na elementima humane radiobiologije i isključi konfuzije do kojih neminovno dolazi pri široj analizi eksperimentalne ili komparativne radiobiologije.

3.Kada nastavnik proveri iz nevezanog razgovora da su slušaoci shvatili humanu radiopatologiju i osnovne kliničke karakteristike akutne radijacione bolesti,on pristupa rasvetljavanju pojedinosti interne kontaminacije,infektivne i neinfektivne radioimunologije,odloženih i poznih posledica zračenja i zbirno prikazuje one nozološke forme čija se radi-

jaciona etiologija samo naslućuje,kao što su sistemno-degenerativna oboljenja,maligna alteracija,prevremeno starenje i skraćenje očekivanog trajanja života.

Svrha ovog izlaganja je racionalizacija varijabilnosti bioloških efekata zračenja u funkciji doze i vremena kada se javljaju.

4. Sada se celovita slika radijacione povrede čoveka u svim kvalitativnim i kvantitativnim varijantama diskutuje pomoću polifunkcionalnih tabela sa kojih se čitava simptomatologija hronološki i po priraštaju intenziteta dovodi u korelaciju sa dozom zračenja.Iskusan nastavnik ovakvu tabelu razradjuje zajedno sa slušaocima,navodeći ih da arbitrarno ranguju prognostičku i dijagnostičku važnost pojedinih simptoma i dozu zračenja posle koje se ovi očekuju.Na osnovu ovih podataka revidira se pojam o dozi zračenja u pogledu njene medicinske sadržine i objašnjava paralelizam i odstupanje od rezultata fizičkih merenja.Ovim se ujedno objašnjava njen probabilitetni karakter.

Na kraju ovog dela izlažu se udružene radijacione povrede kroz fenomen sindroma uzajamnog pogoršanja, učenje o preosetljivoj podpopulaciji,većem prinosu manjih doza zračenja i kumulaciji ukupnog oštećenja prema teoriji Bikira.

5.Završna jedinica sadrži izlaganje trijažnih principa,etapnog lečenja i evakuacije po naznačenju i u sklopu sa teritorijalnom odbranom. Posebna pažnja se posvećuje praktičnoj akciji za orijentisanje o dimenziji gubitaka,merama zbrinjavanja masovnih radijacionih povreda i likvidaciji posledica nuklearnog napada.

Dosadašnja praksa je pokazala da su neki izvorni podaci neusaglašeni i da se reflektuju na jedinstvenost ratne medicinske doktrine,budući da se kvalitetna pomagala kao što su tablice,norme,proračuni oboljevanja,predvidjanje medicinske evolucije radijacione situacije namenjani potrebama armije i prema tome,od velike ali ograničene koristi za potrebe heterogene populacije pod specifičnim lokalnim uslovima teritorijalne odbrane.Stanje se donekle popravlja širokim razvijanjem improvizacije i primene tzv malih sredstava budući da se lako prilagodjuju lokalnim uslovima pa se često kao zahvalna tema razgovora na rezervnom nastavnom času spontano pretvore u seminar i završnu konsultaciju.

Sam završni seminar,u načelu, i ima zadatak da organizuje prikupljanje relevantnih medicinskih informacija,da ih klasifikuje i obradi i na osnovu njih sprovede zbrinjavanje.Obično tada jedan od slušalaca koji se prethodno istakao postignutim uspehom,na osnovu sanitetsko-taktičkih pretpostavki koje daje predavač, analizira radijacionu situaciju i predlaže rešenja, s u diskusiji o opravdanosti i alternativama učestvuju ostali slušaoci.

METODOLOGIJA IZLAGANJA

Uobičajeno je, a od većine nastavnika prihvaćeno kao pravilo,da se gradivo izlaže uz pomoć projekcije dijapozitiva. Ovakav način rada ima ogromne prednosti.Osnovnu prednost čini sinoptičnost pojmovnih elemenata koji se pozivaju upomoć upravo u momentu kada je to potrebno i koji dozvoljavaju da se izmedju ponekad udaljenih delova jasno sagledava celina.Dodatna prednost projekcije je i očiglednost.

Nedostatak projekcije dijapozitiva predstavlja to što se slušaoci teže mobilišu na aktivnu saradnju,destimulisani su da vode beleške /a to je zasada jedina zamena za udžbenik/, i lakše podležu iskušenjima razne vrste usled kojih prestaju da prate rad.Istovremeno projekcija dijapozitiva ponekad doduše približava predavača problemu,ali ga udeljuje od auditorijuma.

Filmova u ovoj oblasti i na tom nivou ima veoma malo. Prikazuju se filmovi opšteg karaktera iz repertoara obaveznog fonda jedinica civilne zaštite.Neosporno je da ovi filmovi doprinose stvaranju jedne vizije teških situacija,složenih zadataka i sprovodjenja mera i postupaka zaštite u slučaju upotrebe nuklearnog oružja.Medjutim, nedostaju filmovi koji bi,na visokom stručnom nivou,razmatrali sva pitanja,od organizacije zbrinjavanja,preko trijaže, do primarnih radiobioloških procesa i patoloških fenomena u pojedinim fazama radijacione bolesti.Treba naglasiti da je - zbog ovakvog stanja stvari - celishodnije što više koristiti tablu i postupnost u uvodjenju novih pojmova s tim da se slušaoci maksimalno uključe u proces rada predavača.Dobar predavač mora umeti da prisili slušaoce da svaki novi pojam "otkrivaju zajedno sa pr davačem" i time neprestano povećavaju svoju radoznalost koja je osnova uspeha.

Praktičan rad polaznika kurseva odvijao se u sledećim oblastima: detekcija i dozimetrija jonizujućih zračenja, dekontaminacija kože čoveka, merenje radioaktivnosti mokraće kontaminovanih ljudi i mikroskopsko ispitivanje belih krvnih elemenata periferne krvi ozračenih životinja.

Tehnika detekcije dozimetrije i merenja radioaktivnosti uzoraka mokraće prikazivana je kao demonstracija s tim što je glavna pažnja koncentrisana na trajanje postupka,formu dobijenog rezultata i njegove precizione pokazatelje i okolnosti koje povećavaju ili smanjuju dijagnostičko-prognostičku vrednost.

Svi slušaoci su izvodili dekontaminaciju kože na sopstvenoj ruci.Kao kontaminant je upotrebljavan jedan od kratkoživećih radioizotopa.U Institutu "Boris Kidrič" slušaocima je demonstriran i rad merača celog tela /Whole body counter/ ne u cilju njegovog uključenja u sistem zaštite od zračenja po "ratnom medicinskom minimumu", nego kao ilustracija potpunog uspeha samodekontaminacije koža.Zahvaljujući ovoj okolnosti u toku izvodjenja nastave sa nekoliko stotina slušalaca nijednom nije došlo do, inače čestih, psihogenih subjektivnih reakcija u pojedinaca koje rutinska kontrola radioaktivnosti kože ne zadovoljava.

Kao vrlo značajna metodska jedinica u praktičnoj nastavi sa organizacionog i stručnog aspekta pokazalo se prikazivanje rada punkta za dekontaminaciju ljudi.Ovaj punkt dobija svoje puno značenje u slučaju da se za dekontaminaciju odjednom javi veliki broj ljudi sumnjivih, ili sa ličnim žalbama na radioaktivnu kontaminaciju.Punkt funkcioniše na principu diskontinuirane jednopredmetne linije sa umetnutim tačkama kontrole kvaliteta koje rade na principu redukovane trijaže.

Dijagnoza stepena ozračenosti na osnovu nalaza broja belih krvnih elemenata periferne krvi odredjeno vreme posle ekspozicije obično indukuje živo interesovanje i sadržajnu diskusiju sa slušaocima.Od posebnog značaja je proračun vremena i materijalno-tehničko-kadrovskih potreba za obavljanje laboratorijskog pregleda krvi.

Sve praktične vežbe i demonstracije,sem detekcije i dozimetrije,izvedene su u laboratorijama Odeljenja za medicinsku zaštitu Instituta "Boris Kidrič".Iste vežbe organizovane su i za slušaoce kurseva II nastavne baze.

EVALUACIJA PROGRAMA KROZ KRITIČKI OSVRT NA DOSADAŠNJI RAD

Iako je,ustvari,arbitrarna, ocena postignutih rezultata nije loša.Mi smo pokusali da uspeh kvantifikujemo sposobnošću slušalaca da diskriminišu ratne nuklearne povrede od ozračenja niskih nivoa mirnog dobaNešto bolju evidenciju o uspehu daje ocena sposobnosti svakog slušaoca da izradi procenu ugroženosti i potrebnih mera sanitetskog obezbedjenja povredjenih od zračenja za sopstvenu zdravstvenu ustanovu ili opštinu,što je, usotalom,i deo završnog ispita.

Prelomne tačke uključenja slušalaca u program nastave su motivisanost slušalaca i veština predavača pri definisanju pojmova vanredne situacije, MDD, gradacija akutne radijacione bolesti i njena dinamika i sindrome uzajamnog pogoršanja.

Nastava iz "ratnog medicinskog minimuma" u oblasti zaštite od nuklearnih zračenja,više nego ijedna naučna oblast,zahteva kontinuanu naučno-tehničku inovaciju i stalnu reviziju prema aktuelnim naučnim dostignućima.Izmene u ovom smislu koje su registrovane u zemljama sa najviše iskustva iz rada na zaštiti od jonizujućeg zračenja - kao što je promena koncepcije sigurnosnih mera 1969 u SSSR i konflikt sa nuklearnom industrijom i zdravstvom u SAD - nisu zabeležene i kod nas.Svakako da savetovanje kroz Društvo za zaštitu od zračenja donosi krupan prilog i treba ga planski sprovoditi.

Nije na nama da ocenjujemo kako su predavači obavili svoj posao,ali nam je jasno da je orijentacija na poboljšanje kvaliteta predavanja zaloga uspeha u obuci.Ovaj rad je zasada prepušten entuzijazmu i savesti pojedinaca uz malu pomoć I nastavne baze.

Najzad,inkorporacija ovako iznesenih načela "Minimuma" u programe fakultetske nastave je zadatak koji tek očekuje svoje rešenje kroz reformu univerzitetske nastave. Ova proces nikako ne bi smeo da se ogluši o dosada prikupljena iskustva u radu iz aspekata Teritorijalne odbrane i Civilne zaštite.

- izviđanju rejona verovatne kontaminacije radi utvrđivanja vrste i stepena opasnosti.

NHB-osmatranje izvode osmatračke stanice, koje pored opšteg osmatranja imaju zadatak da sprovode i NHB-osmatranje teritorije.

Za rad osmatračkih stanica neophodna je odgovarajuća oprema i obučeno ljudstvo. Sve stanice na određenoj teritoriji su povezane sa centrom za izviđanje, obaveštavanje i uzbunjivanje. Sa pomenutim centrom takođe su povezane stručne službe i organi koji kroz redovnu delatnost vrše osmatranje i praćenje radijacione opasnosti. Ovakva organizacija NHB-osmatranja predstavlja deo opšteg sistema kontrole teritorije.

2.2. Jedinice civilne zaštite

Na osnovu procene ugroženosti, opštine, mesne zajednice, organizacije udruženog rada i druge organizacije obrazovale su univerzalne (opšte namene) i specijalizovane jedinice civilne zaštite. Posebno značajna vrsta specijalizovanih jedinica predstavljaju jedinice za NHB-zaštitu. Ove jedinice organizuju i sprovode otkrivanje i utvrđivanje opasnosti od NHB-sredstava (vrsta, intenzitet i obim kontaminacije), vrše dozimetrijsku kontrolu stanovništva i dekontaminaciju nepovređenih ljudi, materijalno-tehničkih sredstava i objekata. Zavisno od vrste zadataka, ove jedinice imaju sledeće delove: za izviđanje i za dekontaminaciju.

Jedinice za NHB-zaštitu osposobljavaju se za izvršavanje sledećih posebnih zadataka iz radijacionog izviđanja: prikupljaju osnovne podatke o izvršenim nuklearnim eksplozijama, otkrivaju nailazak radioaktivnih padavina i radijacionu kontaminaciju vazduha, vode, zemljišta i objekata, izviđaju radijaciono kontaminiranu teritoriju i mere intenzitet zračenja, obeležavaju radijaciono kontaminirano zemljište i objekte i prikupljaju uzorke kontaminiranog materijala radi detaljnije analize.

Jedinice za NHB-zaštitu se takođe osposobljavaju za

izvršavanje dekontaminacije nepovređenog ljudstva, domaćih životinja, hrane, odeće i opreme, transportnih sredstava, saobraćajnica i objekata. Ove jedinice uglavnom obrazuju organizacije udruženog rada i druge organizacije koje raspolažu osposobljenim ljudstvom, objektima i tehničkim sredstvima.

2.3. Zaštita putem skloništa

RHB-zaštita, odnosno zaštita od zračenja, putem skloništa predstavlja osnovnu zaštitu u urbanizovanim, pa i drugim sredinama.

Skloništa treba da, pored ostalog, pruže određenu zaštitu i od početnog radioaktivnog zračenja i radioaktivnih padavina, pa se konstruktivni elementi skloništa računaju i na te uticaje. Instalacije za snabdevanje vazduhom,vodom, el. energijom i odvođenje otpadnih voda, kao i svi otvori, mora da imaju otpornost propisanu za određenu vrstu skloništa.

Do sada je izdat Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju skloništa za osnovnu zaštitu,(4) a za ostale vrste skloništa izrađeni su nacrti pravilnika i dati na javnu diskusiju (za te vrste skloništa već duže vremena postoje privremeni pravilnici). Naša preduzeća su usvojila i proizvode za tržište uglavnom svu zaštitnu opremu i instalacije za skloništa, a neka se delimično i uvozi. Preduzete su mere za osposobljavanje projektantskih i urbanističkih organizacija za rad na problematici skloništa i već su postignuti određeni rezultati.

Skloništa, koja su izgrađena u poslednje vreme, građena su prema navedenim pravilnicima i obezbeđuju zaštitu stanovništva i od zračenja, ali je činjenica da savremenih skloništa nema dovoljno i da je proizvodnja odn. primena zaštitne opreme i instalacija još uvek nedovoljna, pa i prilično skupa.

2.4. Obuka

U civilnoj zaštiti, u okviru RHB-zaštite, sprovodi se obuka iz zaštite od zračenja za: stanovništvo, pripadnike jedinica civilne zaštite i kadrove, koji rade na realizovanju mera

RHB-zaštite.

Obuka s t a n o v n i š t v a se izvodi po nastavnom planu i programu koji načelno sadrži do 30 nastavnih časova.(5) Ovom obukom su obuhvaćeni obveznici civilne zaštite (svi građani od 16 do 65 godina) koji nisu raspoređeni u jedinice civilne zaštite.

Cilj obuke je da se stanovništvo upozna sa karakterom i suštinom opštenarodne odbrane, najvažnijim karakteristikama savremenih napadnih sredstava i da stekne osnovna znanja o korišćenju sredstava za zaštitu i ukazivanje prve pomoći.

Obuka stanovništva se uglavnom sprovodi na kursevima i drugim pogodnim oblicima osposobljavanja.

Zaštita od zračenja, u pomenutom programu je zastupljena u okviru tema: NHB napadna sredstva, lična i kolektivna zaštita i dekontaminacija. Za ove teme je predviđena 1/3 ukupnog fonda časova.

U cilju osposobljavanja p r i p a d n i k a j e d i n i c a civilne zaštite za izvršavanje zadataka zaštite i spasavanja, sprovodi se obuka po odgovarajućim nastavnim planovima i programima. Svi pripadnici jedinica obučavaju se i iz oblasti zaštite od zračenja. Zavisno od vrste jedinica, tj. da li su opšte ili specijalne namene, programi obuke sadrže različit broj nastavnih časova predviđenih za savladavanje problematike zaštite od zračenja. To znači, da je zaštita od zračenja najviše zastupljena u programima obuke RHB specijalizovanih jedinica, dok je ista problematika manje zastupljena u obuci ostalih specijalizovanih jedinica (za spasavanje, vatrogasne, veterinarske, sanitetske i za asanaciju terena). U obuci jedinica opšte namene, zaštita od zračenja je srazmerna obimu zadataka koje ove jedinice izvršavaju. Na primer: U RHB specijalizovanim jedinicama, obim RHB-zaštite iznosi oko 74%, dok samo R-zaštite iznosi oko 35% od ukupnog fonda časova.(6) U ostalim specijalizovanim jedinicama civilne zaštite, RHB-zaštita je zastupljena do 45% od ukupnog fonda časova.(6) U programima obuke univerzal-

nih jedinica[7] RHB-zaštita je zastupljena sa 25% od ukupnog broja časova.

1970. godine počelo se sa obukom k a d r o v a koji uglavnom rade u laboratorijama i proizvodnji u: zdravstvu, farmaciji, veterinarstvu, poljoprivredi, hemijskoj i prehrambenoj industriji, obrazovanju i još nekim granama delatnosti. Republika je organizovala i finansirala kurseve za obuku instruktorskog kadra. Ovi kursevi su trajali od 20 do 30 dana sa 100 do 150 nastavnih časova. Cilj ovih kurseva i obuke uopšte jeste da se visokokvalifikovani stručnjaci, koji rade u laboratorijama ili u proizvodnji, osposobe da kontrolišu prisustvo RHB-agenasa i preduzimaju mere zaštite proizvodnih kapaciteta, sirovina, gotovih proizvoda i ostalih predmeta ili objekata koji su od bitnog interesa za proizvodnju. Na ovim kursevima se izvodila teorijska i praktična nastava. Kursevi ili njihovi delovi, koji su tretirali problematiku iz zaštite od zračenja, su se izvodili u specijalizovanim ustanovama, institutima i fakultetima. U okviru nastavnog gradiva na ovim kursevima, zaštita od zračenja je bila zastupljena sa 20-80% od ukupnog fonda časova, što je zavisilo od vrste kursa. Na primer na kursu za fizičare "Merenje radioaktivnog zračenja i RHB-zaštita", nuklearna problematika je bila zastupljena sa oko 80% od ukupnog fonda časova, a ostatak iz ostalih disciplina.

1972. godine se otpočelo sa obukom ostalih kadrova koji mogu i treba da rade na sprovođenju mera RHB-zaštite u radnim organizacijama. Na ovim kursevima programi obuke su po obimu i po sadržaju slični kursevima za instruktore. Ovi kursevi se održavaju u većim regionalnim centrima Srbije.

Paralelno ovim kursevima Viša škola civilne odbrane je organizovala kurseve za obuku kadrova koji mogu i treba da sprovode mere RHB-zaštite u svojim radnim organizacijama (na pr. kursevi za veterinare, građevinske i mašinske inženjere i tehničare za problematiku skloništa i sl.). Isto tako Škola je organizovala kurseve za kadrove koji rade u organima narodne odbrane skup-

štinâ opštinâ i većim radnim organizacijama, zatim za instruktore i starešine jedinica RHB-zaštite.

2.5. Opremanje civilne zaštite sredstvima za zaštitu od zračenja

Sve strukture civilne zaštite opremaju se, pored ostale opreme, i sredstvima za zaštitu od zračenja. Zaštitnom opremom se snabdeva stanovništvo, jedinice civilne zaštite i organizacije udruženog rada i druge radne organizacije koje su dužne da sprovode mere RHB-zaštite.

Opremanje s t a n o v n i š t v a sredstvima za ličnu zaštitu sprovodi se na osnovu Odluke o minimumu obaveznih sredstava za ličnu i kolektivnu zaštitu od ratnih dejstava.(6) Prema ovoj odluci građani su dužni da nabave priručna sredstva za zaštitu organa za disanje od radioaktivnih padavina i za dezinfekciju i dekontaminaciju.

Na osnovu materijalne formacije j e d i n i c a civilne zaštite, sprovodi se opremanje istih sredstvima za ličnu zaštitu pripadnika i sredstvima za rad - intervenciju.

Organizacije udruženog rada i druge organizacije određene za sprovođenje m e r a RHB-zaštite nabavljaju specijalnu opremu, namenjenu uglavnom za merenje radioaktivnosti uzoraka životne sredine (LABA-2, LABA-10 i sl.). Za sprovođenje preventivnih mera zaštite od zračenja, takođe se nabavljaju određena sredstva, koja nisu u potpunosti definisana. Prema propisanim kriterijumima organizacije udruženog rada i druge organizacije vrše nabavku određene opreme za zaštitu, dezinfekciju i dekontaminaciju svojih radnika.

3. Problemi civilne zaštite

Da bi razvoj civilne zaštite odn. zaštite od zračenja išao u korak sa sve većom primenom nuklearne energije u mirnodopske svrhe, kao i sa brzim razvojem sredstava za masovno uništavanje, neophodno je da se permanentno i intenzivno rešavaju problemi, koji su od neposrednog i perspektivnog značaja za za-

štitu od zračenja. Tu pre svega dolaze u obzir sledeći p r o b l e m i:

1) Praktična obuka iz zaštite od zračenja u civilnoj zaštiti je nedovoljno zastupljena.

2) Uključivanje nastavne materije iz zaštite od zračenja, u nastavne planove i programe srednjih, viših i visokih škola, u odgovarajuće predmete.

3) Razvijanje i proizvodnja sredstava za detekciju i dozimetriju, koja bi bila zasnovana na savremenim naučnim i tehnološkim dostignućima.

4) Izrada procene ugroženosti teritorije za mirnodopsku primenu R-agenasa.

5) Postavljanje opšteg sistema kontrole teritorije od R-sredstava.

6) Sprovođenje masovne dozimetrijske kontrole stanovništva.

7) Dati bliže podatke za projektovanje, izgradnju i opremanje skloništa, kao i uslove i vreme boravka u njima za vreme radijacione opasnosti.

Za rešavanje navedenih problema, pored ostalih faktora, trebalo bi i Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja da uzme vidno učešće.

4. Zaključci

Civilna zaštita SR Srbije je ispoljila vidnu aktivnost u u oblasti zaštite od zračenja.

Za brži razvoj zaštite od zračenja, u okviru civilne zaštite, potrebno je neodložno pristupiti rešavanju ukazanih problema.

Radi bržeg i ekonomičnijeg rešavanja problema zaštite od od zračenja, potrebno je objediniti postojeće snage i sredstva.

Abstract

CIVIL DEFENCE ACTIVITY ON EMERGENCY RADIATION PROTECTION IN SR SERBIEN

Mean Civil Defence activities last years at the radiation protection field, particulary in emergency conditions are described. Basic forms are: detection of radiation dangers, Civil Defence organisation, instruction and education of Civil Defence staff and population, protection means and measurements. In each of the Civil Defence domain at the Radiation protection field cited above, meny problems, solutions and experiences are elaborated.

Reference

(1) Zakon o narodnoj odbrani, "Službeni glasnik SFRJ", broj 8/69.

(2) Zakon o opštenarodnoj odbrani, "Službeni glasnik SR Srbije", broj 27/70.

(3) Pravilnik o merama za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada, "Službeni glasnik SR Srbije", broj 14/73.

(4) Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju skloništa osnovne zaštite, "Službeni list SFRJ", broj 15/70.

(5) Nastavni plan i program za obuku stanovništva; Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije, Beograd, 1969.

(7) Nastavni plan i program za obuku univerzalnih jedinica civilne zaštite; Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu SR Srbije, Beograd, 1969.

(6) Nastavni plan i program za obuku specijalizovanih jedinica civilne zaštite; Republički sekretarijat za opštenarodnu odbranu, Beograd, 1969.

(8) Odluka o minimumu obaveznih sredstava za ličnu i kolektivnu zaštitu od ratnih dejstava, "Službeni list SFRJ", broj 15/70.

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Kaštel Stari, 22-26. oktobar 1973.

K.Buraei, N.Marinković, Dj.Bek-Uzarov, A.Milojević

Boris Kidrič Institute, Belgrade

GAS GAIN AND SPACE CHARGE EFFECTS IN THE CASE OF ALPHA PARTICLE DETECTION IN METHANE PROPORTIONAL COUNTER

Gas gain has been measured using α sources under different pressures of the filling gas. In case of detection of α particles, having hign specific ionization, there exists certain unproportionality in the proportional region due to the space charge effect. Influence of the source intensity on the pulse height at the output of the counter has been investigated. The obtained values of gas gain have been fitted to the theories given by Diethorn and Rose Korff and according to this, space charge effect could be interpreted qualitatively.

INTRODUCTION

Characteristics of a proportional counter, being a powerful tool in the field of nuclear radiation and spectrometry needs to be investigated. Gas gain is one of the most important characteristics that should be studied whenever a proportional counter has to be used. Unproportionality of the proportional counter is one of the serious effects that should be accounted for, especially when applying the proportional counter as a spectrometer. Such effect is controlled by the deformation of the field due to space charge effects. However, the quantitative analysis of space charge effects is tedious to solve; but qualitative approach could be shown.

APPARATUS AND CALIBRATION

The counter used was a "pillbox" 4π one, with stainless steel cathode of radius 2.1 cm, and gold plated wolfram anode wire of radius 12.5 10^{-4} cm. The counter had two 2π identical halves and only the upper one was used during the experiment. The filling gas was methane of purity 99.95%. Capacity of the counter and leads was

measured and found to be (25±1)pF. Amplifier system consisted of White type emitter follower and linear amplifier P-200, with 0.1 μs and 100 μs integral and differential time constants respectively. Calibration was performed by a fast pulse generator with 100 μs differential time constant. Least square fit was applied to the results for different settings of the amplifier, as well as for the multichannel analyser calibration.

MEASUREMENTS AND DISCUSSION

The gas gain value A can be calculated from the relation: $A = P/P_o$, if the pulse height P_o (due to the dissipation of α particle energy or a part of it) could be measured at low counter potential where electron multiplication process does not take place, i.e. in the ionization chamber region and by measuring the pulse height P at higher potential values, where multiplication occurs. The pulse heights P_o and P at the output of the proportional counter, where measured applying a multichannel analyser and tracing the position of the spectrum peak as a function of the high voltage applied to the counter. Assuming that attenuation of the pulse height, due to the RC constants of the amplifier circuit, is neglected the pulse height at the output of the counter can be expressed as:

$$P = \frac{n\,e}{C} A \; ; \quad A > 1 \; ; \quad P_o = \frac{n\,e}{C} \; ; \quad A = 1 \qquad (1)$$

where n represents the number of primary ion pairs, $n = E_\alpha/w$, E_α is the energy of alpha particle lost within the counter volume w the energy per ion pair, e, electronic charge, C capacity of the counter and leads. (P and P_o were calculated from the observed pulse heights at the amplifier system applying the calibration data of the amplifier and multichannel analyser.)

In a good approximation, the RC constants attenuate pulse height by a factor k and Eq.1 takes the form

$$P_o = k\,\frac{n\,e}{C} \qquad (2)$$

The value of k can be calculated from the general formula of pulse size in proportional counter /5/. Under the condition that $\tau/t_+ = a/b$, then the value of k is $k = 1/2$. In general k depends on the mobility of positive ions (pressure of the filling gas) nature of the filling gas and dimensions of the counter. τ is the time constant and t_+ the transit time of positive ions. In the present experiment

the upper condition is fulfilled.

P_o was measured experimentally, at high pressure (p = 114 cmHg) and found to be $P_o = 5.8\ 10^{-1}$ mV. The calculated value according to formula (2) is

$$P_o = \frac{1}{2}\frac{E_\alpha}{w}\frac{e}{C} = \frac{1}{2}\frac{5.157 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19}}{29 \times 25 \times 10^{-12}} = 5.7 \times 10^{-1}\ \text{mV} \qquad (3)$$

which proves a good agreement. (E_α = 5.157 MeV for ^{239}Pu source /8/ w = 29 eV for pure methane /7/).

In this way gas gain in proportional counter has been measured applying the alpha particles of ^{239}Pu. The gas pressure covered the range 10-114 cmHg. To investigate the influence of source intensity two sources were used having counting rates (in 2π geometry) of 318 and 8950 CPS. Obtained values of gas gain as a function of anode voltage are shown in Fig.1 for the weak source.

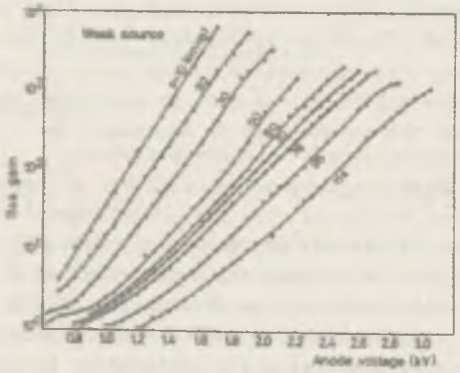


Fig. 1

From Fig.1 it can be seen that gas gain as a function of anode voltage has an exponential form as it is expected in proportional region, where multiplication takes place. It is also obvious that gas gain increases with the decrease of the pressure at constant anode voltage. At the lower value of pressure the mean free path of ionization, by impact, is higher and electron energy will be higher. Under the assumption that in this region of electron energy, the cross section of ionization is directly proportional to the electron energy, the amplification for the same counter voltage will be higher at lower pressures.

As the anode voltage increases the gas gain curves do not keep the exponential form, and proportionality does not hold anymore. In this region, known as limited proportionality, avalanche is so large that the space charge effect becomes outstanding. It was shown

that the space charge effect has an influence on the pulse height in the region of proportionality as well. Two different space charge effects have been defined, first known as selfinduced and the second referred to as total space charge effect depending on the counting rate /2/. When pulse height due to the weak source is compared to that due to the strong one, under the same conditions, it can be seen that there exists a difference between them, Fig.2 (a,b).This

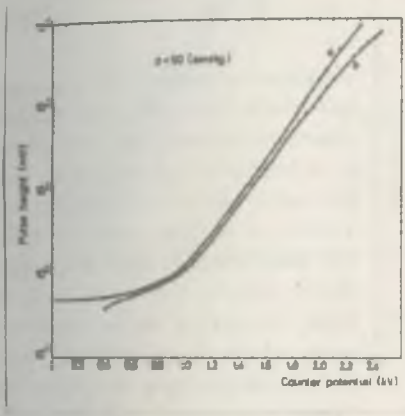


Fig.2a

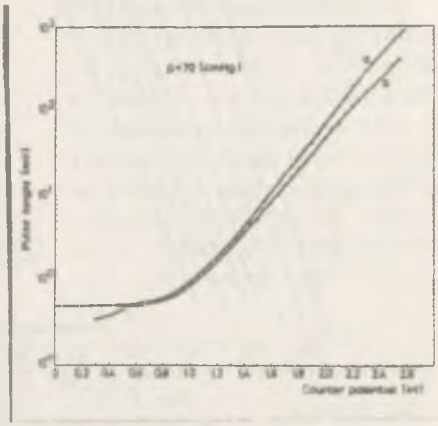


Fig.2b

results from the influence of the total space charge effect. Strong source forms a greater number of avalanches per second than the weak one. This means that the local concentration of positive ions in the vicinity of the anode wire will increase in case of the strong source. Since a great number of avalanches is formed, the electric field intensity is decreased, and the pulse height will be lower.

Fig.3 shows the difference between the pulse height for the weak and that for the strong source as a function of anode voltage. This difference increases with the increase of anode voltage and shows an exponential dependence on anode voltage.

Experimentally obtained values of gas gain have been fitted to the theories given by Diethorn /3/, Rose and Korff /6/. The two theories are based on the assumption that the space charge effect, photoefect, recombination and formation of negative ions can be neglected.

Disagrement between the theory and experimental data may be

Fig.3

due to different forms of the function α/p assumed by different authors, due to errors in measurements or due to the fact that some assumptions given by the theory are not justified.

Gas gain is usually given in the following form:

$$\ln A = \int_{c}^{a} \alpha \, dr \, , \qquad (4)$$

α being the number of secondary electrons formed by one primary electron per unit of its path/1/, c is the critical distance from the anode where multiplication starts, a is the anode radius. The main problem was the definition of $\alpha/p = f(E/p)$, E is the field intensity and p the pressure. Diethorn formula for gas gain as a function of anode voltage, pressure of the gas and parameters of the counter is given by /3/:

$$\frac{\ln A \, \ln\frac{b}{a}}{V} = \frac{\ln 2}{\Delta V} \ln S - \frac{\ln 2}{\Delta V} \ln S_o \, , \qquad (5)$$

where ΔV is the potential difference that an electron crosses between two ionizing collisions, S_o is the critical value of E/p where multiplication starts, $S_o = V_t/pa \ln\frac{b}{a}$, $S = V/pa \ln\frac{b}{a}$, V_t is the threshold voltage of proportional region. From Eq.(5) it is expected for S_o and ΔV to be constant independent of the pressure and type of ionizing particles. If $\frac{1}{V} \ln A \ln\frac{b}{a}$ is plotted versus ln S a straight line should be obtained. Slope of the curve $\ln 2/\Delta V$ and intercept $-(\ln 2/\Delta V)\ln S_o$ should be independent of gas pressure and electric fiel intensity i.e. they are supposed to be characteristic constants of the filling gas. Results of the fitting with the Diethorn formula are shown in Fig.4. It shows a straight line is obtained for every single value of pressure, meaning that proportionality exists, but for different value of pressure the parameters

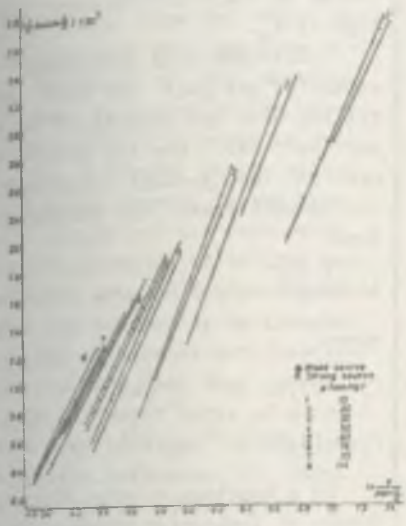


Fig.4

$\ln 2/\Delta V$ and $-(\ln 2/\Delta V)\ln S_o$ change. It can easily be seen from Fig. 4 that S_o increases with the increase of pressure. Discontinuity of the curves referring to different values of pressure shows the influence of total space charge effect and its dependence on the pressure. Total space charge effect is proportional to pressure being in accordance with the theories of Campion /2/ and Hendricks/4/. By comparing the values of threshold voltage experimentally obtained with those obtained from the fitting to the formula of Diethorn, it can be seen that a difference exists (Table I).

TABLE I

p(mmHg)	Diethorn V_t Weak source	Diethorn V_t Strong source	Rose-Korff V_t Weak source	Rose-Korff V_t Strong source	Present experiment V_t
100	311.1	216.6	328.4	248.6	150
200	433.8	302.4	448.3	326.4	200
300	584.2	450.4	586.6	468.4	250
500	709.3	732.4	699.8	608.6	400
600	717.0	782.5	706.0	726.4	500
700	792.9	797.7	879.0	792.0	600
760	857.0	857.0	908.6	870.6	700
950	1022.0	981.0	1036.0	1026.0	950
1140	1178.0	1195.0	1190.0	1196.0	1150

Theoretical values of threshold voltage are higher than experimental ones. Differences are more expressive at lower values of pressure. If experimental values of threshold voltage are put in the formula of Diethorn, a continuous curve independent of pressure is obtained. (Fig.5) The space charge effect increases the value of threshold voltage. It could be possible to determine the total space

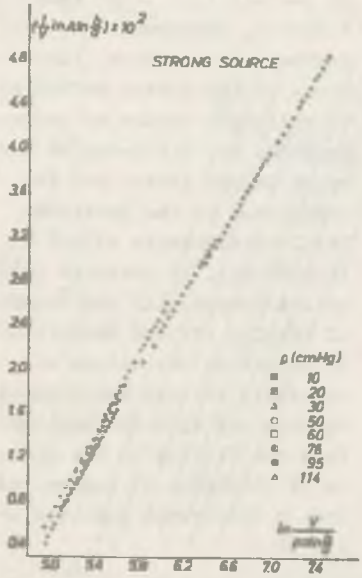


Fig.5

charge by means of threshold voltage or S_o.

Experimentally determined values of gas gain are used for fitting with the formula of Rose and Korff /6/. For the counter used in the present experiment the formula takes the following form:

$$\ln A\frac{1.398}{V} = K_1 S^{1/2} - K_2 \qquad (6)$$

where

$$K_1 = (3.55\ 10^{16}\ a_k \frac{\lambda_p}{V_i})^{1/2}$$

$$K_2 = (3.55\ 10^{16}\ a_k)^{1/2}$$

a_k is a constant showing the increase of ionization cross section with increase of energy, λ_p is the mean free path for ionization, V_i ionization potential. It is foreseen by Rose and Korff that K_1 and K_2 should be constant independent of pressure. Fig.6 shows that curves obtained from this fitting, behave the same deviation as those from the fitting with the formula of Diethorn. Comparison of experimental values of threshold voltages with those from the fitting are shown in Table I and the same kind of dissagrement can be seen as in the previous case.

By substituting the experimental values of threshold voltage into the formula of Rose-Korff, a continuous curve is obtained (Fig. 7).

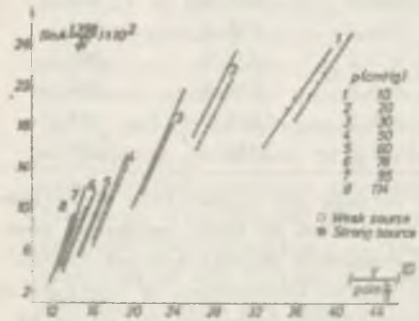


Fig.6

CONCLUSION

Both the theory of Diethorn and Rose and Korff used in this work show the same kind of behaviour of the obtained curves. Existance of the space charge effect is shown as well as its influence on the multiplication process in the counter volume and its dependence on the pressure of filling gas. Discord between the experimental and theoretically foreseen values in case of both mentioned theories does not result from different forms of supposed functions $\alpha/p = f(E/p)$ but from the influence of total space charge effect which is neglected by both theories.

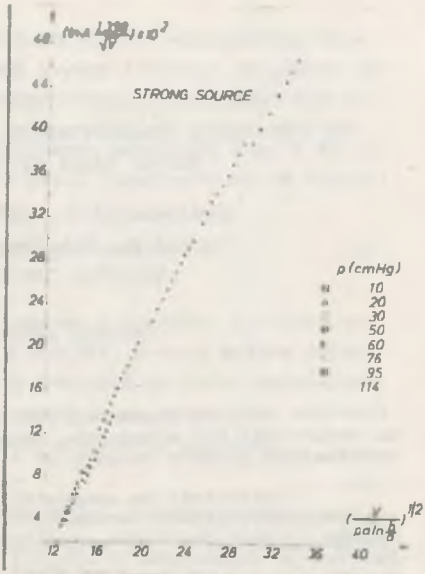


Fig. 7

R E Z I M E

U eksperimentu je korišćen α-izvor za merenje faktora gasnog pojačanja pri različitim vrednostima pritiska radnog gasa u brojaču. Prilikom detekcije α-čestica koje imaju veliku specifičnu jonizaciju javlja se odstupanje od proporcionalnosti u proporcionalnoj oblasti usled pojave efekta prostornog naelektrisanja. Ispitivan je uticaj intenziteta izvora na amplitudu impulsa iz brojača. Merenjem odredjene vrednosti faktora pojačanja uporedjene su sa teorijama Diethorn-a i Rose-a Korff-a i u saglasnosti sa ovim data je kvalitativna interpretacija efekta prostornog naelektrisanja.

REFERENCES

1. W.Bambynek, 1st International Summer school on Radionuclides Metrology, August 21-Sept.1, Herceg-Novi, 1972.
2. J.P.Campion. Int.J.of Applied Radiation and Isotopes (1968).
3. W.Diethorn, NYO-6628 (1956).
4. R.W.Hendricks, The Review of Scient.instrum., Vol.40, Sept.1969.
5. W.T.Price, Nuclear Radiation Detection, McGraw-Hill Book Company New York-San Francisco-Toronto-London (1964).
6. M.E.Rose and S.A.Korff, Physical Review 59, 85 (1941).
7. K.Siegbahn, α, β, γ Ray Spectroscopy, North Holland Publishing Comp., Amsterdam, 1968.
8. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman, Table of Isotopes, John Willey and Sons, Inc., New York-London-Sidney (1968).

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22 - 26. oktobra 1973.

Hadžišehović M., Močilnik I., Novković D.,
Buraei K., Bek-Uzarov Dj., Milojević A.
Institut "Boris Kidrič"- Vinča

MERENJE AKTIVNOSTI TRITIJUMA

Dati su rezultati jednog uporednog odredjivanja specifične aktivnosti HTO standarda, metodom internog gasnog brojanja, sa maksimalnom greškom merenja od + 2,3%
- 0,9%

Diskutuje se energetska efikasnost brojanja i njena veza sa spektrometrijskim karakteristikama brojača. Data je osetljivost metode i način povećanja osetljivosti od 10^{-8} do 10^{-14} Ci/g vode. Praćena je kontaminacija brojača od mesinga tritijumom i ukazano na veličinu i prirodu kontaminacije.

Dozvoljena koncentracija tritijuma u vazduhu je znatna jer tritijum emituje beta čestice male prodorne moći (domet za vodu i meko tkivo reda 10^{-6} m. (1)). Za tritijum u obliku HTO* MDK je, medjutim, 100-1000 puta manja (MDK = 5.10^{-6}Ci/m^3 vazduha) jer je HTO najtoksičniji oblik tritijuma pošto brzo prodire u organizam i apsorbuje se u velikom iznosu.

Sadašnji nivo tritijuma oslobodjenog u okolinu ne predstavlja ozbiljnu opasnost, ali kako proizvodnja raste,nivo tritijuma se mora pratiti.

Problem zagadjenosti okoline tritijumom uglavnom se svodi na ispitivanje zagadjenosti vode jer je rasprostranjenost tritijuma u obliku HTO najverovatnija. Ovo zbog toga što je reakcija atmosferskog tritijuma (1):

$$HT + H_2O \rightleftarrows HTO + H_2 \qquad (1)$$

pomerena ka stvaranju HTO koja dospeva na zemlju.

Zbog sličnosti HTO i H_2O, tritijum u ponašanju sledi običnu vodu, ali relativno velika razlika mase čini izotopski efekat primetnim i otuda štetno dejstvo tritijuma u živoj ćeliji pri zameni atoma vodonika atomom tritijuma.

* Pod HTO se podrazumeva tritinirana voda gde je sa HT predstavljena kombinacija atoma vodonika i atoma tritijuma.

Najefikasnija metoda za detekciju niskoenergetskog beta zračenja tritijuma je metoda internog gasnog brojanja sa gasnim brojačem kao detektorom u koji se direktno uvodi radioaktivni gas (2, 3).

Specifična radioaktivnost polazne supstance bazira se na merenoj radioaktivnosti tritiniranog gasa. Izračunava se po relaciji:

$$A_s = n_1 \frac{R_m - R_f}{n\, p_{H_2}} Q \text{ dez/s mol uzorka} \qquad (2)$$

gde je R_m - broj impulsa tritijuma izmeren u brojaču, R_f- broj impulsa fona, p_{H_2} -pritisak vodonika u brojaču, n-broj molova vodonika odnosno vode koji odgovara 1 mm Hg vodonika za datu temperaturu gasa i datu zapreminu brojača a $2n_1$ -broj atoma vodonika u molekuli supstance. Faktor Q predstavlja ukupnu efikasnost merenja:

$$Q = f_\tau\, f_r\, f_v\, f_E \qquad (3)$$

i dat je kao proizvod faktora za mrtvo vreme detektora (f_τ), period poluraspada (f_r),za efekat krajeva i zida (f_v) i energetsku efikasnost (f_E).

Relacija 2 pokazuje da osetljivost metode, definisana kao aktivnost ekvivalentna fonu daje donju granicu specifične aktivnosti A_s uzorka. U TAB.1 prikazani su nivoi osetljivosti metode od 10^{-8}Ci/g vode do 10^{-14}Ci/g vode odnosno ekvivalentnih količina i postupci dostizanja ovih osetljivosti i to sniženjem fona i povećanjem broja molova radioaktivne supstance u detektoru. Naznačene su i tri oblasti primene metode.

Osetljivost metode u oblastima I i II je ograničena nivoom fona i malom molarnom koncentracijom vodonika u radnom gasu. Ona se kvalitetno poboljšava zaštitom detektora antikoincidentnim brojačem, izborom materijala male aktivnosti za izradu brojača i zaštite, i uvodjenjem većeg broja molova supstance u radnu zapreminu, što zavisi od veličine radne zapremine, vrste i pritiska gasa (4,5,6). U tu svrhu se, umesto vodonika, u brojač uvodi sintetizovani zasićeni ugljovodonik (najčešće metan ili etan),markiran tritijumom. Ukoliko se primeni i obogaćenje sadržaja tritijuma u početnom uzorku, dostiže se osetljivost od 10^{-14}Ci/g vode.

Kao što se vidi, povećanje osetljivosti metode za 6 redova veličine zahteva niz složenih i tehnološki razvijenih postupaka koji su prilagodjeni rutinskom radu. Takav nivo razvoja za detekciju niskih aktivnosti ima Laboratorija za zaštitu od zračenja Instituta "Rudjer Bošković" (6) a za apsolutna merenja i delimično

TAB. 1
Osetljivost metoda

Radni proces	Približne dimenzije aparature i brojača (lit)	Masa radioaktivne supstance (u ekvival. količ. vode, g)	Veličina fona po jed. zapremine brojače (s^{-1} cm^{-3})	Karakteristike radnog gasa: Vrsta	Prit. (At)	Način dobijanja	Osetljiv. (Ci/g vode)
I - Apsolut. merenja radioaktivnosti	V_{ukupna} = 3,5 V_{radna} = 2 $V_{brojača}$ = 0,1-0,5 $V_{dif.}$ = 0,15-0,3 L/D = 3-6	1.10^{-2}-1.10^{-1}	1.10^{-2}-$1,5.10^{-2}$	CH_4+ 2%HT	1	Redukcija Zn(Mg)+HTO $\xrightarrow{600^oC}$ ZnO(MgO)+HT	10^{-8}-10^{-9}
II- Spektrom. analize i merenja	$V_{brojača}$=0,5-1	-	-	CH_4+ 2%HT	2-4	-	-
III Niska aktivnost: 1.Antikoinc. zaštita brej 2.Sinteza radioakt. gasa.	V_{ukupna}=12 V_{radna} =1,5 $V_{brojača}$=0,5	1-10	2.10^{-4}-4.10^{-4}	C_2H_5T (CH_3T)	2-3	Sint. zasić. ugljovod. $HT+C_2H_2 \xrightarrow{Pd} C_2H_5T$ ≈20°C	10^{-10}-10^{-12}
III Niska aktivnost: 3.Obogaćenja sadržaja tritijuma	V_{ukupna}=12 V_{radna} =1,5 $V_{brojača}$=0,5	10^3	2.10^{-4}-4.10^{-4}	C_2H_5T (CH_3T)	2-3	Elektroliza HTO, fakt. obogać. 10-100	10^{-11}-10^{-14}

niske aktivnosti Odeljenje za metrologiju radioaktivnih izotopa Instituta "Boris Kidrič" (7).

U ovom radu su ukratko izneti rezultati apsolutnog merenja tritijuma. Meren je etalon HTO specifične radioaktivnosti oko 3 μCi/g, prethodno izmeren u drugoj metrološkoj laboratoriji sa greškom od ± 0,5%. U tablicama 1 i 2 izneti su uslovi merenja i dobijeno slaganje sa vrednošću etalona. Specifična radioaktivnost vode, A_{sp} i A_{sK}, obračunata je preko specifične radioaktivnosti gasa i radi kontrole postupka preko prinosa. Oba postupka daju istu vrednost u granicama greške merenja.

TAB. 2
Rezultati uporednog merenja tritijuma

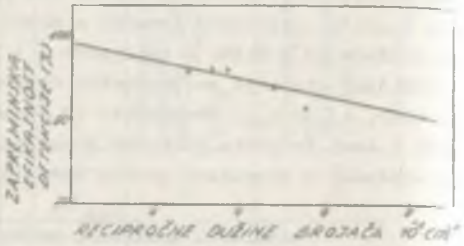
Srednja otstupanja od vred.stand.HTO za tri razlika brojača		Nezavisne greške (σ_n)	
$\Delta\bar{A}_{sp}$ (%)	$\Delta\bar{A}_{sK}$(%)	Priroda greške	Veličina greške (%)
- 0,7	- 0,5	Masa uzorka	0,04
		Prit.radnog gasa	0,50
		Temperat.gasa	0,13
+ 0,5	+ 0,8	Zapremina gasa	0,15
		Zapremina brojača	0,05
		Prinos gasa	+ 0,70
- 0,1	+ 0,1	Apsorpcija	+ 0,10
		Energet.neefikasnost	+ 0,30
		Broj raspada	0,30
Ukupna greška spec.aktivnosti A_s		$\sigma = \sum_1^n \sigma_n$	+ 2,30 - 0,90

U TAB. 2 nisu date direktne vrednosti A_s, nego njeno srednje odstupanje $\Delta\bar{A}_{sp}$ i $\Delta\bar{A}_{sK}$ od standarda HTO.

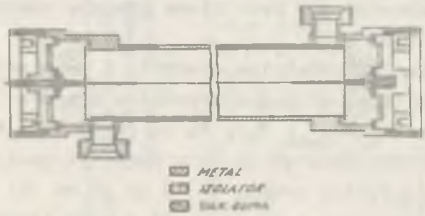
Zbog konačne minimalne detektabilne energije i smanjenja gradijenta polja na krajevima katode, efikasna zapremina brojača nije identična sa geometrijskom ($V_{ef}=V_{geom}\ f_V$). To se zaključuje i iz zapreminske efikasnosti brojača, date na sl. 1 u funkciji recipročnih dužina brojača. Za radne dužine katode od 18 do 36 cm (L) i dijametar od 4 cm (D) neefikasnost iznosi od 8% do 4% i nije linearna funkcija dužine, kada se katoda završava izolatorom. Za iste brojače sa zaštitnom elektrodom (sl.2), dužine 3 cm i dijametra 1,5mm, neefikasnost je istog reda ali je linearna funkcija dužine. Ovo potvrdjuje jednak režim reda brojača u blizini krajeva. Ako brojač umesto zaštitne elektrode, radi sa elektrodom polja, efekat kraja se svodi na vrednost manju od 2%, pa se tada za merenje niskih ak-

tivnosti koristi jedan brojač. Za odredjivanje V_{ef}, u ovom radu je medjutim, aliminisana korekcija kraja kompenzacionom metodom (8). Korišćena su tri brojača identične konstrukcije (sl.2) a različite dužine. Tako su dobijene tri nezavisne vrednosti A_q koje odgovaraju odbrojima u diferencijalnim zapreminama brojača (Tab.2).

Ukupna zapremina aparature je oko 3,5 l(Tab. 1,I), radna zapremina kompenzacionog sistema brojača 1,5 l, a diferencijalne zapremine, dve po 0,15 l,i jedna od 0,3 l, dok je odnos radnih dužina katode prema dijametru u granicama 3-7. Radni gas je čisti metan, a radi očuvanja dobrih karakteristika detekcije (2,9) količina vodonika je ograničena na 2% ukupnog pritiska. Nivo fona je od 0,01 do 0,015 imp. po sek.i cm^3 u zavisnosti od zapremine brojača.Odbroj je nadjen iz integralnih krivih u oblasti ograničene proporcionalnosti, jer je tu najveća energetska efikasnost. Ukupno pojačanje na radnim tačkama platoa je reda 10^7. Izgled integralnih krivih na platou jednog brojača dat je na sl.3. Za sva tri brojača ove krive su praktično smeštene u isti interval napona, čime je pokazano da brojači rade u istom radnom režimu minimalne energije i jednakih krajeva.Zbog pojave postimpulsa u brojaču,ekstrapolacija krivih na nulti nivo diskriminacije je moguća samo za anodne napone iz proporcionalne oblasti rada.



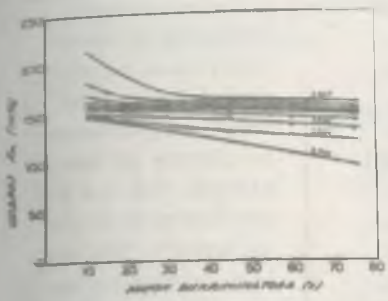
Sl.1.Zavisnost zapreminske efikasnosti od radne dužine katode i izrade krajeva brojača.
x - radna dužina katode se završava izolatorom od teflona i identična je sa dužinom brojača.
o - radna dužina katode je deo dužine brojača do krajeva zaštitne elektrode.



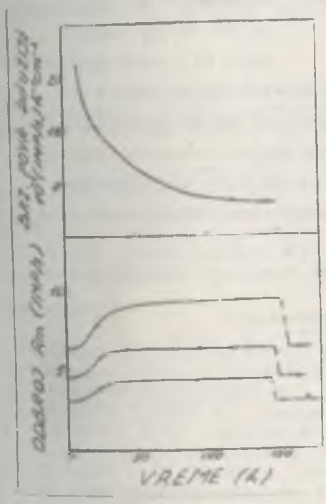
Sl.2. Presek brojača

Način dobijanja gasnog vodonika iz HTO i odredjivanje važnijih korekcija čije su greške prikazane u Tab.2 dato je u ranijim saopštenjima (7,10).

Ovde će, zbog praktične važnosti, biti izneta neka zapažanja u vezi kontaminacije tritijumom redukcionog sredstva, zidova aparature i sistema brojača. Ova kontaminacija i njena priroda praćena je pomoću krivih povratne difuzije tritijuma (sl.4) i ispiranjem cele aparature zajedno sa redukcionim sredstvom neaktivnim vodonikom čija je aktivnost zatim odredjivana. Nadjeno je da atsorpcija na redukcionom sredstvu nije veća od 0,1%. Zagadjenost zida brojača praćena je iz krivih povratne difuzije koje su dobijene merenjem promena fona u brojačima počev od momenta izbacivanja radioaktivnog gasa. Brzine povratne difuzije, date po času i cm^2 površine zida brojača su izračunate na osnovu tih podataka. Oslobodjena aktivnost se uklanja posle degaziranja brojača i ispiranja neaktivnim radnim gasom (pad krivih na nivo fona, sl.4). Iz krivih brzina difuzije, procenjeno je da se jedan cm^2 zida brojača od mesinga zagadjuje sa $0,2.10^{-3}$ imp/s po času za aktivnosti probe od 50 imp/cm^3 zapremine brojača i jednu atmosferu CH_4+H_2 radnog gasa. Za standardne uslove merenja ovo daje 0,1% apsorpcije i svedoči da kvalitet mesinga nije dobar, a s druge strane, ukazuje da se možda radi o difuziji vodonika kroz zid brojača.



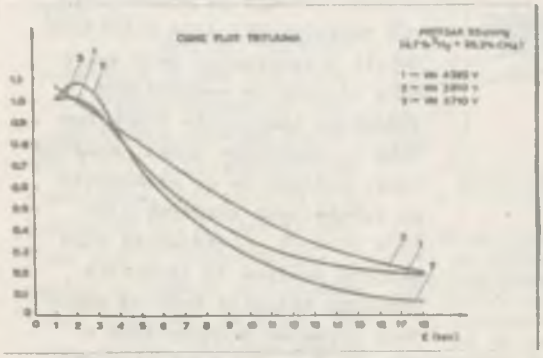
Sl.3. Krive integralnog spektra pri različitim anodnim naponima.



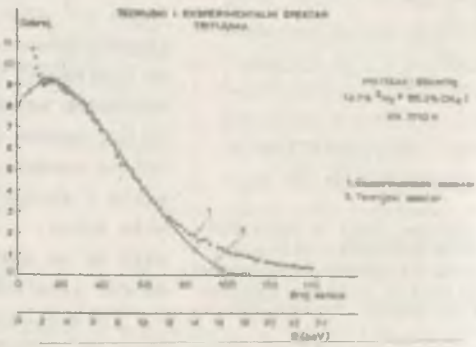
Sl.4. Porast fona u toku vremena zbog povratne difuzije tritijuma iz zida u zapreminu brojača (dole) i kriva brzine difuzije (gore).

S obzirom na nisku energiju i oblik spektra tritijuma važnu ulogu ima odredjivanje energetske efikasnosti detekcije (član f_E u formuli 3). Nadjeno je da samo

pri relativno niskim anodnim naponima brojač radi u oblasti stroge proporcionalnosti, koja je medjutim, nepogodna zbog male energetske efikasnosti. Radi toga je oblast ograničene proporcionalnosti pogodnija za apsolutna merenja, ali u njoj eksperimentalni spektar znatno odstupa od teorijskog, čak i u nisko energetskom delu spektra, gde dolazi do totalne apsorpcije zračenja u brojaču. Na sl.5 prikazani su Curiejevi dijagrami tritijuma na pritisku od 55 cm Hg radnog gasa pri različitim anodnim naponima. Samo pri naponu od 3710 V brojač se nalazi u režimu stroge proporcionalnosti. Pri tome naponu se eksperimentalni spektar dobro slaže sa teorijskim (sl.6). Minimalna detektabilna energija definisana je kao energija ekvivalentna šumu pojačavača, i odredjena je prevodjenjem apscise eksperimentalnog spektra u energetske jedinice pomoću pika eksperimentalnog spektra tritijuma koji se poklapa sa pikom teorijskog spektra. Ho, minimalna detektabilna energija nema veći praktični značaj za odredjivanje energetske efikasnosti u slučajevima kada brojač radi u oblasti ograničene proporcionalnosti, pošto se

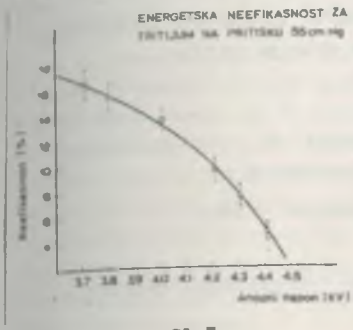


Sl.5



Sl.6

pomoću nje i teorijskog spektra ne može izračunati energetska efikasnost brojača, zbog deformacije spektra i pri niskim energijama. U normalnim radnim uslovima minimalna detektabilna energija iznosi oko 100 eV, te je korekcija za energetsku efikasnost brojača za zračenje iznad 10 keV-a mala. Za brojač, koji radi u oblasti ograničene proporcionalnosti, energetska efikasnost se odredjuje iz eksperimentalnog spektra, integracijom normiranog spektra od nivoa šuma do beskonačnosti (sl.7). Za napon od 3710 V, pri kojem brojač radi u oblasti stroge proporcionalnosti, energetska neefikasnost je preko 16%. Spektri korišćeni za izračunavanje energetske neefikasnosti brojača mereni su u uslovima kada je šum znatno veći od normalnih radnih uslova. Nadjena neefikasnost u radnim uslovima je 0,3%.



Sl.7

SUMMARY

The results of a comparative determination of the specific activity of HTO standard, applying the internal gas counting method is given with a maximum measuring error of + 2,3% - 0,9%.

The energy efficiency, and its relation to the spectrometrical characteristics of the counter is discussed. The sensitivity of the method and improvements for increasing sensitivity from 10^{-2} to 10^{-14}Ci/g water is, also, discussed. The contamination rate of the brass counter by tritium has been examined and its quantity and nature has been indicated.

REFERENCE

1. JACOBS G.D.,Tritium and its behavoir upon release to the environment,1968, U.S.Atomic Energy Comm.,Oak Ridge, USA.
2. SPERNOL A.,DENECKE B., Int.J.Appl.Rad.Isotopes, 15 139 (1964)
3. MODES D., KOCH H., Kernenergie, 7, 538 (1964)
4. DEMENTEV A.V.,Izmerenie malih aktivnostej radioaktivnih preparatov, 1967, Atomizdat, Moskva
5. CAMERON F.J.,in Proc. Symp. on Radioactive Dating and Methods of Low Level Counting, I.A.E.A.,Vienna, 1967
6. SLIEPČEVIĆ A., SRDOČ D., Radovi VI. Jug.Simp.zaštite od joniz. zračenja, 307, Ohrid 1972
7. HADŽIŠEHOVIĆ M., et al.,Nucl.Instr.Meth., 110, 73 (1973)
8. MANN B.W. et al.,Rev.Sci.Instr., 31, 690 (1960)
9. BURAEI K., et al., Gas Gain in Methane-Tritium Proportional Counter /Radovi prijavljeni za VII Simp. Jug. Društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari 1973 god., u štampi/
10. HADŽIŠEHOVIĆ M., i dr., Zbornik radova V. Kongresa matematičara fizičara i astronoma Jugoslavije,.Tom II,139, Skoplje 1972.

VII SIMPOSIUM YUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973.

BURAEI K., Hadžišehović M., Novković D.
Milojević A. and Bek-Uzarov Dj.

Institute "Boris Kidrič", Vinča

GAS GAIN IN METHANE TRITIUM PROPORTIONAL COUNTER

Abstract

The behaviour of the proportional counter for detecting ^3H, which forms one of the filling-gas components is examined in the case of methane being the main componenet. The gas gain is studied and discussed for three ^3H concentrations (2.4, 4.0 and 12%). The experimental results have been fitted to an empirical formula proposed here for gas gain where good agreement is obtained. The deviation of the experimental results from Diethorn's theory has been assumed to be an indication of the change of electron multiplication process due to the change of the filling-gas. The ^3H concentration that caused such deviation has been estimated to be about 3%.

Introduction

The measurement of gaseous radioactive sources in proportional counter is controlled by a general expression (1) which relates the activity of the source to the observed counting rate. Such expression contains a correction factor F_E to account for the energy efficiency of the counter under the given experimental conditions. The value of this parameter can be conciderably high (up to 5%) specially for the low energy β-source ^3H. F_E is a function of the gas gain A and the minimal detectable pulse amplitude in the output of the counter; the latter one depends on the characteristics of the associated electronics, while gas gain must be determined experimentally under the given working conditions.

The examination of gas gain as a function of the anode voltage is, also, essential for understanding the behaviour of the co-

water as a detector, concerning proportionality and resolution when used as spectrometer, as well as its characteristics for absolute measurements of radioactivity. On the other hand, the optimum conditions, with respect to the type of the filling gas, or gas mixture, and pressure can be found.

However, methane is known to be the best counter filling for the detection of low energy β-emitters (2). In the case of absolute measurement of ^3H activity for standardization purposes, the radioactive hydrogen is usually introduced directely into the proportiol counter, thus forming a component of the working gas (methane), and hence changing its characteristics. The aim of this work is to study such changes and thier influnce on the behaviour of the proportional counter; and to estimate the concentration limits of ^3H in methane that allow reproducibility and proper working conditions for detection.

THEORY

The fundamental formula for the gas gain A is:

$$\ln A = \int_{r_o}^{r_a} \alpha dr \qquad (1)$$

in terms of E/p (E is the field mentained in the counter and p is the gas pressure), relation (1) takes the form:

$$\frac{\ln A}{p\, r_a S_a} = K + \int_{S'_o}^{S_a} \left(\frac{\alpha}{p}\right) \cdot \frac{1}{S^2} \cdot dS \qquad (2)$$

this is the general formula which relates gas gain with the working conditions, and the nature and state of the filling gas through the parameter α/p; where α is the first Townsend coefficient: $S = E/p$; r_a, the anode radius; and r_o, S'_o are the corresponding threshold values where A = 1.

The main problem is to find an analytical expression for α/p as a function of S. Unfortunately no one expression exists that fits the whole range of varaition of S except an empirical one due to Ward (3) which has been proved to be valied in the range ($S = 5\times10^{-}$ 5×10^{3} V cm^{-1}/cm Hg). A general survey (4) of the existing expressions for α/p as a function of S is given in TAB.1.

TAB.No.1

The different forms of α/p as a function of S according to the different authors

Rose and Korff(5)	Khristov (6)	Diethorn (7)	Williams and Sara (8)	Zastawny (9)	Ward (3)
$AS^{1/2}$	B	CS	D exp(-E/S)	F(S-S_o)	J exp(-H/$S^{1/2}$)

where A,B,C,D,E,F,G, and H are constants.

From Eq. (1), putting $\ln(A/pr_a S_a) = \Psi$ then,

$$\frac{d\Psi}{dS} = (\alpha/p)S^{-2} \qquad (3)$$

applying this relation to the obtained experimental results an empirical analytical form of the function (α/p,S) has been found viz:

$$\alpha/p = ac^{1+b}\sqrt{S}\,(a/\sqrt{S} + 1)^{-b}\exp(-c/\sqrt{S}) \qquad (4)$$

where a,b,c, are constants.

Apparatus and Measurement

The instruments used in this experiment and its characteristics, and the method for gas gain measurement in the case of the mixture (CH_4 + ^3H) is given in details in reference (10). The construction of the counters is given in reference (1).

Table 2. shows the geometrical parameters of the five counters used here for gas gain measurements, while Table 3. shows the different gas pressures and its constituents.

TAB.No 2

Geometrical Parameters of the Counters

Count. No.	Length (cm)	Cathode Diam. (cm)	Anode Diam. (μm)
I	27	2,5	80
II	18	3,9	80
III	27	3,9	80
V	36	3,9	80
VI	27	5,2	80

TAB.No.3

The experimental Conditions for gas gain measurement

Gas (CH_4 + $^3H_2$) %	Pressurs (cm Hg)
97.6 + 2.4	58.80
96.0 + 4.0	35.22
87.6 +12.4	11.31

Results and Discussion

Fig. (1) shows the obtained results of the gas gain as a function of the anode voltage for the different counters and gas pressures according to TAB.2 and 3.

The general fitures of Fig.(1) are summarized in the following: i) For low pressure (11.31 cm Hg) and high ^3H concentration (12.4%), the proportional region extends beyond 10^6 with a fast rise. The high slope of (A,V) function has the disadvantage, with regard to plateau, that a small changes of the high voltage causes considerable variation in the counting rate. Such behaviour decreases the plateau length and spoils reproducibility.

ii) By increasing pressure, (p=35.22 cm Hg and ^3Hconcentration of 4.0%), the proportional region gets shorter with less slope, and two distinct regions appear with an inflection point C. The point C is approximately, at the same gas gain value for the different counters having the same pressure and shifts towards higher gas gain value by increasing pressure, (p=58.80, and 2.4%

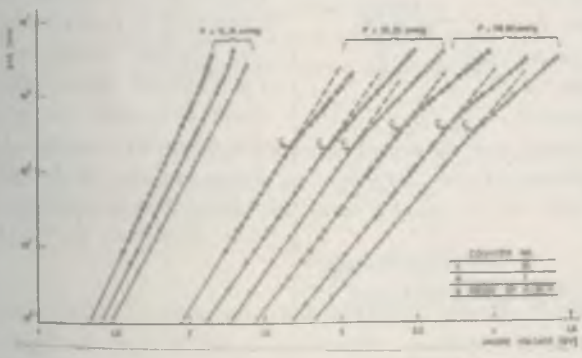


FIG. (1). Gas gain as afunction of the anode voltage.

^3H concentration); also, the decrease of ^3H concentration decreases the slope of the gas gain curve and hence longer plateau could be abtained.

The part of the curves above the point C, even seems to be proportional, is not so with respect to the variation of energy, hence space charge effect, which is responsible for such uncontinuity, is related to the energy dissipated in the counter.

FIG. (2). $\ln(A/pr_a S_a)=\Psi$ as a function the field to pressure ratio $E/p = S_a$ for the different cathode radii.

To examine gas gain as a function of S the relation (Ψ, S_a) is plotted in FIG.(2) for the three different cathode radii (see Table 2).

Part A of the curve of FIG.(2) represents the results obtained for methane (99,95%) in counter III and with ^{239}Pu alpha-source located into the counter through a middle window.

According to the theory, Ψ as a function of S_a should not depend on the geometric parameters of the counter, which is not the case here, where three different curves are obtained for the three cathode diameters used in the experiment. This deviation is attri-

buted to a combined effect of space charge and pulse attenuation by the RC constants of the shaping circuits of the preamplifier-amplifier system. However, it seems that the former effect is dominant because of the fact that space charge is directely proportional to the total counting rate which is, in our case, higher for counter VI than that for counter I.

In FIG.(3) the same relation (Ψ,S) is drawn taking the mean value of Ψ for the five counters.

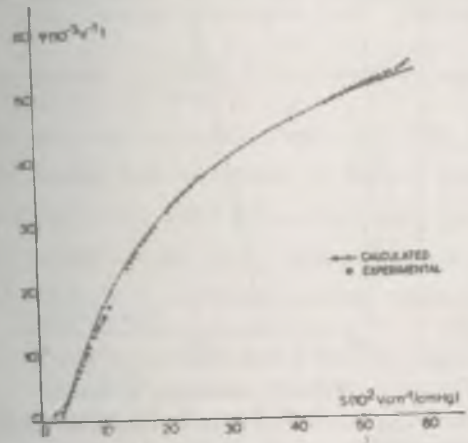


FIG.(3). The mean value of Ψ as a function of S_a, the experimental results are compared with the calculated curve from Eq.(6)

The experimental results have been fitted to the empirical form:

$$\Psi = a(1/\sqrt{S}+1/c)^{-b} \exp(-c/\sqrt{S}) + K \qquad (5)$$

from which Eq.(4) was deduced. The values of the constants are:

$a=1.86(10^{-3}V^{-7/3}cm^{3/2})$

$b=1.5$

$c=1.6(10\ V^{1/2}cm^{-1/2}/cm^{1/2}Hg)$

$K=-23.8 \times 10^{-3}(V^{-1})$.

Expression (5) fits well the experimental results in the range of $S=2.0\times10^{3}-6.0\times10^{3}$ $(V\ cm^{-1}/cm\ Hg)$ i.e in the part of the curve where ^{3}H concentration is from 4% up to 12.4%. In this region Diethorn's formula does not fit the experimental results while succeeds in the lower part of the curve where ^{3}H concentration is less than 4%. To demonstrate this fact, the empirical expression given in Eq. (5) is put in the form:

$$\Psi = a\,\eta + K \qquad (6)$$

and FIG.(4) represents the relation between Ψ and η , where agreement is consistent in linearity of such relation. FIG.(5) shows Diethorn's expression, viz:

$$\Psi = K_1 + K_2 \ln S_a \qquad (7)$$

applied to the lower part of the curve of FIG.(3), where agreement with the experimental results in this region is obvious.

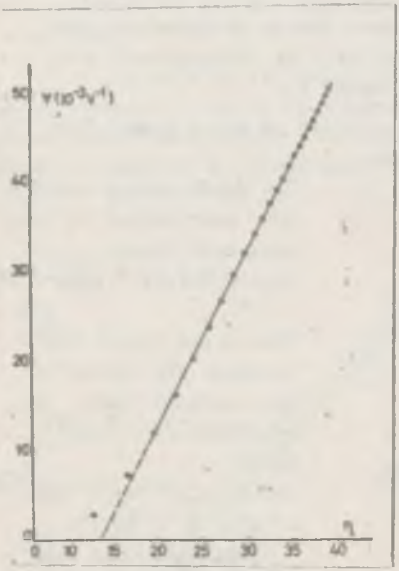


FIG.(4). Ψ as a function of η (the empirical formula (6))

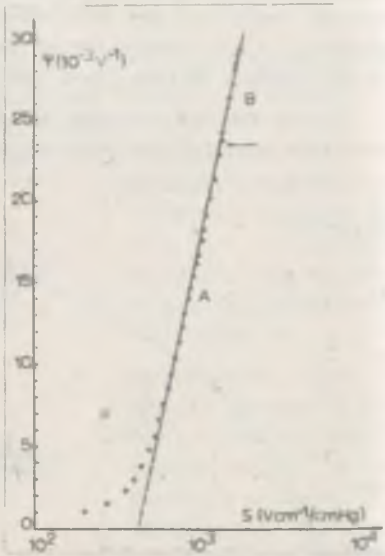


FIG.(5) Diethorn's theory fitted the lower part of FIG.(3)

Conclusion

It can be concluded that:

i) The addition of more than about 3% ^3H to methane spoils reproducibility and changes the characteristics of the working gas, and hence the electron multiplication process.

ii) For the gas mixture (CH_4+ ^3H) having ^3H concentration between 4% and 12%, the suggested empirical formula fits well to the experimental results and can be used for calculating gas gain in this particular case and facilates calibration of the counter with respect to energy efficiency and threshold energy, the thing which is important for absolute measurements of radioactivity.

Resime

Ispitivane su osobine proporcionalnog brojača za gasno punjenje $CH_4+H_2(^2H)$ i uticaj koncentracije vodonika na razne uslove. Eksperimentalni rezultati se slažu sa jednom empirijskom formulom za koncentracije vodonika od 4% do 12%, dok za koncentracije ispod 3% saglasnost je nadjena sa Diethorn-ovom formulom.

References

(1) HADŽIŠEHOVIĆ M., et al, Merenja Activnosti Tritiuma Proc of VII Symp.Yug. Soc. Rad. Prot., Kaštel Stari, 22-26 octobar (1973).

(2) SPERNOL A., DENECK B., Inter. J. appl. Rad. Isotopes, G.B, 15-4, 139 (1964).

(3) WARD A.L., J. Appl. Phys., 33, 2789 (1962).

(4) CHARLES M.W., J. Phys. E: Scient. Instrum., 5,95 (1972).

(5) ROSE M.E., KORFF S.S., Phys. Rev. 59, 850 (1941).

(6) KHRISTOV L.G., Dokl. Bulg. Akad.Nauk. 10, 453 (1947).

(7) DIETHORN W., US Atomic Energy Commission Report NYO-6628 (1956).

(8) WILLIAMS A., SARA R.I., Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 13, 229 (1962).

(9) ZASTAWNY A-, J.Sci Instrum., 44, 395 (1967).

(10) BURAEI K. et al, Gas Gain and Electron Multiplication Process, Inter: Report, Institute "Boris Kidrič"-Vinča, Dep. Metr.Rad. (1972).

PRILOG RAZMATRANJU POTREBA I SADRŽAJA RADA JEDNOG KOORDINACIONOG TELA ILI ORGANA UPRAVE ZADUŽENOG ZA POSLOVE ZAŠTITE OD ZRAČENJA

P.S.Bojović i M.Vidmar
Institut "BORIS KIDRIČ" - Vinča

Kod većeg broja ljudi koji rade u oblasti zaštite od zračenja, kao i kod nekih privrednih i drugih organizacija koje su za ovu oblast zainteresovane zbog tekuće ili planirane upotrebe izvora zračenja i nuklearne energije postoji mišljenje da aktuelno stanje od zračenja u našoj zemlji zaostaje za savremenim potrebama naše društvene zajednice.

Postoje i različita mišljenja o razlozima ovog stanja od kojih citiramo sledeća:

- U našoj zemlji nema odgovarajućih tela za poslove nuklearne energije i za poslove zaštite od zračenja kao što su nekada bile SKNE i Savezna uprava za zaštitu od zračenja.
- Deficit koordinacije i multidisciplinarnog pristupa na svim nivoima na kojima treba da se razmaraju i rešavaju savremeni problemi zaštite od zračenja ..
- Nedostatak aktivnosti na informisanju odredjenih državnih organa o problemima koji proističu iz povećanja primene zračenja i nuklearne energije kod nas i u svetu.
- Neadekvatnost postojećih struktura za blagovremeno sagledavanje i efikasno rešavanje problema koje donosi brz razvoj primene zračenja i nuklearne energije.
- Ne savremenost i nedostatak zakonskih propisa, tehničkih standarda i normi u ovoj važnoj oblasti.

Ovakvo stanje može da ima za našu društvenu zajednci više negativnih posledica kao što su:

- Povećanje rizika za stanovništvo
- Ograničavanje primene zračenja i nuklearne energije a time i

odgovarajuće usporenje tehničko-tehnološkog progresa u svim oblastima.

- Teškoće koje se javljaju na medjunarodnom planu posto je Jugoslavija podpisnica niza medjudržavnih sporazuma i konvencija o nuklearnoj energiji.

Da bi se izbegle ove i druge negativne posledice i da bi nivo svih oblasti zaštite od zračenja u zemlji bio saglasan savremenim potrebama, mišljenja smo da je nužno i hitno razmotriti formiranje jednog organa ili tela za poslove zaštite od zračenja koji bi bio zadužen da:

1. Prati saglasnost propisa i prakse;prati i evidentira nove pojave koje na planu zaštite i zračenja zahtevaju dopunsku ili novu regulativu;priprema predloge korekcija postojećih i tekstova novih propisa.

2. Pripremi predloge, podloge i ostalu dokumentaciju u vezi osnovnih normi za ozračivanje stanovništva;da ove materijale i predloge pretenzira nacionalnom telu kompetentnom i odgovornom za usvajanje ovih normi.

3. Predlaže tehničke standarde i norme i obezbedjuje inspekciju, kontrolu i atestiranje mera i sredstava u oblasti zaštite od zračenja.

4. Prikuplja, sistematizuje i obradjuje podatke o ozračivanju stanovništva i na osnovu svojih zaključaka predlaže preduzimanje odgovarajućih mera.

5. Saradjuje sa privrednim organizacijama, zdravstvom, privrednim komorama i udruženjima, naučno-istraživačkim i obrazovnim ustanovama, organizacijama ovlašćenim za poslove zaštite od zračenja, ustanovama za zaštitu na radu, civilnom zaštitom i armijom u cilju:

- kreiranja opšte politike zaštite
- formiranja racionalnih istraživačkih programa;
- planiranja razvoja sredstava za zaštitu;
- planiranja razvoja i proizvodnje instrumenata za merenje i dozimetriju zračenja;
- formiranja programa obuke i školovanja kadrova u oblasti zaštite od zračenja.

6. Prati i koordinira rad organa, ustanova i organizacija koje rade na raznim poslovima zaštite od zračenja;saradjuje sa njima u cilju unapredjenja oblasti zaštite od zračenja.

7. Organizuje sastanke sa predstavnicima organa uprave ustanova i organizacija koji rade ili su zainteresovani za oblast zaštite od zračenja, a u cilju rešavanja stručnih pitanja i kreiranja politike zaštite.

8. Deluje kao stručno - savetodavno telo državnih organa po pitanjima i problemima vezanim za sporazume, konvencije i ostale aktivnosti kojima se na medjunarodnom planu rešavaju pitanja vezana za primenu nuklearne energije.

9. Evidentira i proučava kretanja i pojave u oblasti primene nuklearne energije u susednim zemljama koje mogu imati konsekvence po okolinu i stanovništvo naše zemlje; sistematizuje saznanja i informacije, procenjuje ih i sa odgovarajućim komentarima i predlozima dostavlja zainteresovanim državnim organima.

10. Kontroliše i evidentira transport radioaktivnih materijala preko naše teritorije.

11. Informiše državne organe i javnost o svim značajnim pitanjima iz oblasti zaštite od zračenja.

Ovako telo odnosno organ bio bi adekvatan za preuzimanje svih poslova i nadležnosti koje je prema Osnovnom zakonu o zaštiti od zračenja jonizujućih imala Savezna komisija za nuklernu energiju:

- Davanje saglasnosti i odobrenja za lokaciju i projekat nuklearnih postrojenja (Čl.9) sa aspekta zaštite od zračenja.
- Odredjivanje ustanova koje baždare i izdaju potvrde o tačnosti i ispravnosti instrumenata za detekciju i merenje zračenja (Čl.16).
- Odredjivanje mesta i obezbedjenje sredstava za izgradnju odgovarajućih postrojenja i uredjaja za konačan smeštaj odredjenih radioaktivnih odpadaka (Čl. 28, tač. 7).
- Staranje o sprovodjenju i unapredjenju zaštite od jonizujućih zračenja i saradnja sa drugim organima uprave u upravnim oblastima u kojima se proizvode ili koriste izvori zračenja (Čl. 30).

Na kraju mišljenja smo da bi jedno ovako telo mogao efikasno da iskoristi postojeće kadrovske i materijalne efektive kao bazu za dovodjenje zaštite od zračenja u našoj društvenoj zajednici na nivo koji zahteva savremeni tehničko-tehnološki proces.

PRILOG RAZMATRANJU POTREBA I SADRŽAJA RADA JEDNOG KOORDINACIONOG TELA ILI ORGANA UPRAVE ZADUŽENOG ZA POSLOVE ZAŠTITE OD ZRAČENJA

P.S.Bojović i M.Vidmar
Institut "BORIS KIDRIČ" - Vinča

Rezime

U referatu je izneto mišljenje o nesaglasnosti zaštite od zračenja u našoj zemlji sa savremenim potrebama razvoja i primene zračenja nuklearne energije. Iznete su neke konsekvence ovakvog stanja. Predlaže se formiranje jednog tela za poslove zaštite od zračenja i navodi sadržaj njegovog rada.

Abstract

In the paper the opinion has been expressed that the radiation protection in our country is not in concordance with the present needs of the development and the use of radiation and nuclear energy. Some consequences of such situation are listed. A proposal has been made to establish a radiation protection office and some of its tasks are quoted.

VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Kaštel Stari 22 - 26 oktobar 1973

Institut "Boris Kidrič" Vinča-Beograd
Ž.Vuković i Lj. Blagojević

ZAHVAT PRIMESA PRI KRISTALIZACIJI $BaSO_4$ KOPRECIPITACIJA KCl

Izučavan je zahvat K i Cl pri kristalizaciji $BaSO_4$ iz vodenog rastvora $BaCl_2$ i K_2SO_4. Pokazano je da se KCl nalazi u obliku čvrstih rastvora, okluzija i koagulisanih inkluzija, pri čemu površina inkluzija od oko 10^8 cm^2/mol znatno premašuje eksternu površinu i površinu granica dodira dendrita. Efektivni koeficijenat raspodele funkcije je brzina rasta kristala što potvrdjuje da se primese zahvatuju mehanizmom nasledjivanja površinskih defekata raznih vrsta i dimenzija.

Slabo rastvorne soli koje mogu da posluže kao sorbenti u radiohemijskoj praksi našli su primenu kod dekontaminacije radioaktivnih efluenata. Jedan od takvih sorbenata je i $BaSO_4$ čije su mogućnosti detaljnije analizirali Lieser i Berak (1,2). Ranije je bila nadjena veza sorpcionog kapaciteta i brzine sorpcije Sr sa uslovima kristalizacije i defektnošću čvrste faze $BaSO_4$ (3). Saglasno rentgeno-faznoj analizi čvrsta faza $BaSO_4$ sastoji se iz bločnih kristala sa mikrodefektima delimično lokalizovanim na unutrašnjoj površini.

Poznato je da primese u čvrstim telima, odnosno u jonskim kristalima preko lokalizovanih perturbacija kristalne rešetke utiču izmedju ostalog i na koncentraciju sopstvenih defekata. Ova zavisnost je vrlo složena i njeno izučavanje predpostavlja poznavanje i mehanizma zahvata primesa. Nadjeno je (4) da $BaSO_4$ može u ograničenoj meri da sadrži neizomorfne primese u obliku čvrstih rastvora. Ovaj rad posvećen je izučavanju mehanizma zahvata neizomorfne soli KCl pri taloženju $BaSO_4$ iz vodenih rastvora $BaCl_2$ i K_2SO_4.

EKSPERIMENTALNI POSTUPAK

Kristalizacija $BaSO_4$ izvodjena je u staklenom kristalizatoru. Rastvori $BaCl_2$ i K_2SO_4 mešani su pri brzini obrtaja propeler mešalica od 600 obr./min. Talog je ispiran sa vodom posle odredjenog vremena do odsustva reakcije na K^+ ili Cl^- i sušen u peći od 45° - 900°C. ili je rastvaran u alkalnom rastvoru kompleksona III. K^+ je odredjivan plamenom fotometrijom a Cl^- potenciometrijski. Sadržaj vode odredjivan je termogravimetrijskom analizom. Parametri rešetke odredjivani su rentgenostrukturnom analizom.

Rezultati i diskusija

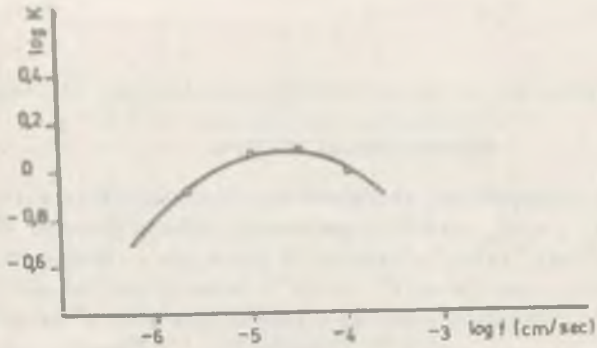
Kvantitativnu karakteristiku raspodele odredjuje koeficijent raspodele $K=\frac{Cs}{Cl}$ gde je Cs koncentracija supstance u čvrstoj fazi a Cl srednja koncentracija u rastvoru. Ovaj koeficijent odredjuje se srednjom koncentracijom u rastvoru. U opštem slučaju koncentracija, zbog egzistencije difuzionog sloja, nije ista na medjufaznoj granici i koeficijenat K^* koji karakteriše raspodelu na medjufaznoj granici može se razlikovati od K. Pošto mi K^x direktno ne merimo i pošto je koncentracija KCl u našim uslovima od $1\cdot10^{-3}$ - $1\cdot10^{-1}$Mol/lit to je $K^* \sim K$. Koncentracija $BaSO_4$ (Co) varirala je od $5\cdot10^{-4}$ - $5\cdot10^{-2}$M.

Na slici 1. prikazana je zavisnost K od brzine rasta kristala (f). Do koncentracije 10^{-2}M K raste a dalje opada.

Pošto K varira sa f što znači da na medjufaznoj granici nalaze difuzioni sloj tečnosti, to se može primeniti jednačina Burtona i dr. (5). Za odredjivanje Ko (ravnotežnog koeficijenta raspodele)

$$K = \frac{K_0}{K_0(1-K_0)\exp(-\alpha f)}$$

Ekstrapolacijom na nultu brzinu kristalizacije moguće je odrediti Ko, ako se nacrta dijagram sa koordinatama: $\log(\frac{1}{K} - 1)$-f.



Sl.1. Zavisnost koeficijenta raspodele od srednje brzine rasta kristala.

Rentgeno-fazna analiza $BaSO_4$ daje sledeće parametre rešetke.

Tab.1.

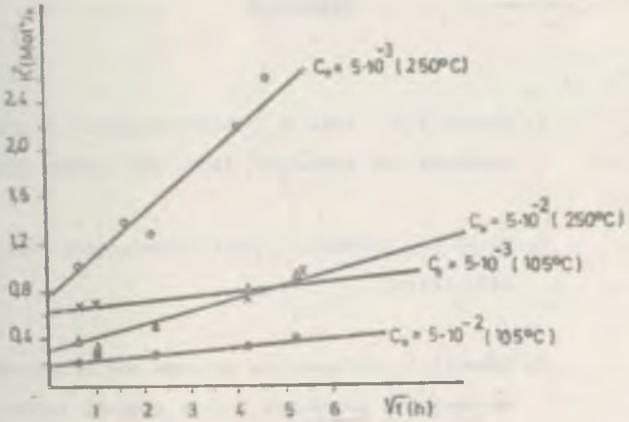
uzorak	parametri rešetke		
	a	b	c
svežina	8,88	5,45	7,14
žaren na 900°C	8,86	5,45	7,14
literaturni podaci	8,85	5,44	7,13

Kao što se vidi iz tablice nema razlike u parametrima rešetke. To znači da se samo deo primesa i vode nalazi u obliku čvrstog rastvora. Drugi deo nalazi se u obliku koagulacionih inkluzija ili okluzija matičnog rastvora. Za vreme kristalizacije glavnina okluzija formira se koalescencijom grana dendrita. Sadržaj okluzija može se porediti sa sadržajem inkluzija na osnovu količine rastvarača u kristalima, brzine rasta i oblika dendrita. Efekat inkluzija može se oceniti uzimajući u obzir da atomi difunduju u zoni matrice i zoni inkluzija (6). Na osnovu sadržaja vode pokretljivosti indikatora a predpostavljajući kvadratnu osnovu inkluzija internu površinu inklu-

nija moguće je izračunati. Izračunata vrednost za internu površinu inkluzija iznosi Fi = 10^{9} cm^2 / mol. Ova zadnja vrednost je za blizu 100 puta veća od spoljne površine. Obe vrednosti znatno premašuju broj jama pri rastvaranju i (Fo) površinu granice dodira grana dendrita, što znači da je glavnina primesa u zoni inkluzija.

Na slici 2 prikazana je količina kalijuma koja izdifunduje na površinu za različito vreme sušenja $BaSO_4$ na različitim temperaturama. Posle odredjenog vremena rastvaran je kalijum koji je izdifundovao na površinu. Difuzioni karakter potvrdjuje linearna zavisnost od Ovaj prenos nije vezan sa prenosom vode pošto prema termogravimetrijskoj analizi gubitak vode ima različiti tok.

Da bi se izvršilo precizno razgraničavanje potrebno je razviti metod za precizno odredjivanje vode u kristalnoj matrici i razdvojiti vodu u matrici, okluzijama i inkluzijama. Jasno je za sada da se voda i primese ulaze u kristale mehanizmom nasledjivanja površinskih defekata od tačkastih do inkluzija mikroskopskih razmera (do 10^{-5} cm).



Sl.2. Prelaz kalijuma na površinu kristala na povišenim temperaturama.

The capture of KCl by crystallization of $BaSO_4$ from aqueous solutions $BaCl_2$ and K_2SO_4 was investigated.

It has been shown that KCl is found in the form of solid solution, occlusions and coagulation inclusions.

The surface of inclusions, about 10^8 cm^2 / mol, considerably exceed the internal surface and surface dendrite of the interface boundary.

The effective segregation coefficient is a function of the growth rate, what is in agreement with the conception of volume inheritence of the surface defects diferent kind and size.

Reference

1. Lieser K.H., Hild W., "Radiaisotopes in the Physical Sciences and Industry" IAEA, 337 (1962) Vienna

2. Berak L., Munich J., Coll. Czech.Chem. Comm., 30, 1490 (1965)

3. Vuković Ž. Perspektive primene nekih kristalnih soli za sorpciju produkata fisije zbornik radova VI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA R 327 (1972) OHRID

4. Walton G. Walden GH. J. Amer. Chem.Soc. 66, 1742 (1948)

5. Burton J.A., Prim R.C. Slichter W.P. J.Chem.Phys. 21, 1987 (1953)

6. Hart E.W. Acta Metalurgica. 5,597 (1957).

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
KAŠTEL STARI 22 - 26. OKTOBAR 1973.

Jokić J., Marjanac A., Jokić S., Perović D., Čaušević S.

Institut za higijenu i socijalnu medicinu - Sarajevo
Higijensko-epidemiološki odred - Sarajevo
DZ "Omer Maslić" - Sarajevo

ANALIZA RAZLOGA I KRITERIJA UPUĆIVANJA PACIJENATA NA RENDGEN DIJAGNOSTIČKE PREGLEDE PLUĆA

Anketirano je 3.733 pacijenata koji su u drugom tromjesječju 1973. godine bili upućeni na rendgen-dijagnostički pregled pluća u Antituberkulozni dispanzer Doma zdravlja "Omer Maslić" u Sarajevu.

Analizirani su razlozi upućivanja pacijenata na pregled, prethodna klinička obrada pacijenta radi utvrđivanja potrebe za rendgen-dijagnostičkim pregledom, raniji rendgenski pregledi pluća i postavljena dijagnoza pri izvršenom pregledu u odnosu na dob, spol i zanimanje pregledanih pacijenata.

Uvod

Primjena rendgen aparata u dijagnostičke svrhe veoma je proširena i neophodna u savremenoj medicini, ali je ona istovremeno i glavni izvor ozračivanja stanovništva jonizujućim zračenjem u mirnodopskim uslovima /1/.

Dosadašnja ispitivanja pokazuju da su i kod nas rendgenski pregledi pluća najmasovniji vid rendgen-dijagnostičkog postupka /2,3/.

Broj rendgen-dijagnostičkih postupaka iz godine u godinu se povećava, a time i doza zračenja koju stanovništvo zbog toga primi. Prema procjeni eksperata za radijaciju Svjetske zdravstvene organizacije /4/ na povećanje ovog broja utiču brojni faktori od kojih

su najvažniji: medicinski (neophodnost korištenja rendgen-dijagnostike u ranom otkrivanju i dijagnostici bolesti), socijalno-ekonomski (razvijenost, opremljenost i pristupačnost zdravstvene službe stanovništvu), administrativni i psihološki.

Najracionalnija mjera za smanjenje ozračivanja stanovništva primjenom rendgen aparata u dijagnostičke svrhe u medicini sastoji se u izbjegavanju nepotrebnih pregleda odnosno reduciranju pregleda isključivo na medicinski indicirane slučajeve tj. one kada je pregled neophodan za postavljanje dijagnoze i primjenu terapije.

U ovom saopštenju prikazujemo rezultate ankete koju smo proveli medju pacijentima s ciljem da doznamo tko i radi čega upućuje pacijente na rendgenski pregled pluća odnosno da li je u našoj praksi ljekar stvarno glavni arbitar u postavljanju indikacije za taj pregled.

Metod rada

Anketirani su svi pacijenti koji su iz bilo kojih razloga bili podvrgnuti rendgen-dijagnostičkom pregledu tokom drugog tromjesječja 1973. godine u ATD-u Doma zdravlja "Omer Maslić" u Sarajevu.

Anketni upitnik je osim opštih podataka o pacijentu sadržavao i podatke o: razlogu radi čega je upućen na pregled, da li je prethodno pregledan od ljekara, da li ima simptoma koji bi ukazivali na eventualno oboljenje pluća i da li je u prethodnoj godini već imao rendgenski pregled pluća. Na kraju je u upitnik unešen i nalaz pulmologa pri rendgenskom pregledu.

Rezultati i diskusija

U posmatranom periodu registrovano je 3.733 rendgen-dijagnostičkih pregleda pri čemu je bilo 2.056 odnosno 55% pregleda muškaraca, a 1.677 odnosno 45% žena (Tab. 1).

Pacijenti se najčešće upućuju na rendgenski pregled od strane

ordinirajućeg ljekara zbog sumnje na oboljenje pluća i iz admini - strativnih razloga (37,4% odnosno 35,9% od ukupno anketiranih slučajeva), a znatno manje (23,4%) iz aktivnosti ATD (kontrola bole - snika, kontakata i reaktora).

U dobnoj skupini do 10 godina i preko 30 godina češće su pacijenti upućivani od ljekara pod sumnjom na oboljenje pluća, dok u dobnim skupinama od 11 - 30 godina brojniji su administrativni razlozi upućivanja pacijenata na pregled. Ovi podaci, razmatrani u svijetlu mogućeg genetskog i somatskog rizika po pacijente, imaju za nas poseban značaj jer je populacija generativne dobi podvrgnuta brojnim rendgenskim pregledima za koje se ne može tvrditi da su medicinski indicirani pa prema tome i apravdani.

Tabela 2. prikazuje strukturu administrativnih zahtjeva - upućivanja pacijenata na rendgen-dijagnostički pregled pluća. Iz tabe - le se vidi da se zahtjevi pod rednim brojevima 1, 3, 4 i 7 odnose na predškolsku djecu i školsku omladinu što čini 30% od ukupno registrovanih administrativnih zahtjeva. Rezultati nadalje pokazuju da je pri ovim pregledima samo u jednom slučaju otkrivena rezidua nedavne upale pluća, a u 3 slučaja akutna upala pluća. Imajući u vidu da je tuberkulinski test daleko bolji metod u otkrivanju specifičnih oboljenja pluća nego rendgenski pregled s jedne strane, a s druge da je i bez genetskog i somatskog rizika po pacijenta smatramo da su spomenuti administrativni zahtjevi za ovim pregledima nepotrebni i štetni jer neopravdano opterećuju mladu populaciju dozom jonizujućeg zračenja.

Rendgen-dijagnostički pregled pluća smatra se u medicini kao pomoćno dijagnostičko sredstvo prije koga treba da se izvrši detaljan klinički pregled i laboratorijske analize i tek ako se ukaže potreba pacijent se upućuje i na taj pregled.

Rezultati našeg ispitivanja pokazuju (Tabela 3) da od ukupno

1.396 pacijenata upućenih u posmatranom periodu od ordinirajućeg ljekara ili specijaliste - konsultanta kod 392 odnosno 28,2% nije, prema izjavi pacijenta, izvršen nikakav pregled u ordinaciji nego su dobili upitnicu samo na osnovu izjavljenih simptoma.

U tabeli 4. pokušali smo prikazati kakav uticaj ima prethodna obrada pacijenta na broj negativnih nalaza i broj novootkrivenih slučajeva pri rendgenskom pregledu pluća. Rezultati pokazuju da je najmanji broj novoatkrivenih u grupi pacijenata koji nisu bili prethodno obradjeni od ljekara. Ako ovu grupu posmatramo u odnosu na pacijente koji su obradjivani kompletno ili bar fizikalno onda vidimo da je broj novootkrivenih medju pacijentima koji nisu obradjivani dvostruko manji.

Zaključak

Rentgen-dijagnostički pregledi pluća pacijenata upućenih na pregled iz administrativnih zahtjeva iznose 35,9%, a od ordinirajućeg ljekara 37,4% od ukupne frekvence izvršenih pregleda.

U grupi pregleda iz administrativnih zahtjeva oko 30% otpada na preglede djece i omladine.

Bez prethodne kliničke obrade, od ukupnog broja upućenih od ordinirajućeg ljekara bilo je 28,2% pacijenata.

Bibliografija

1. Report of the United Nations Comunittee on the Effects of Atomic Radiation (1958), Gen.Assembly Official Records, 13th Sess. Suppl. No 17 (A) 3838), New York;
2. Petrovčić F., Margreitner V., (1960), Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 11 :34-52;
3. Jokić J., Marjanac A., (1970), Procjena obima korištenja rendgen-dijagnostičkih postupaka u zdravstvenim ustanovama SFRJ. Materijali V Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, No 6/08, Bled.

TAB. 1

RAZLOZI DOLASKA PACIJENATA NA RENTGEN-DIJAGNOSTIČKI PREGLED PLUĆA /REZULTATI ANKETE U II TROMJESJEČJU 1973. GODINE D.Z. "OMER MASLIĆ" - SARAJEVO/

DOBNA SKUPINA	SPOL	RAZLOG DOLASKA								UKUPNO	
		Upućeni od ordinirajućeg ljekara		Pozvani od ATD-a		Upućeni na osnovu administrativnih razloga		Upućeni na vlastiti zahtjev			
		Broj	%	Broj	%	Broj	%	Broj	%	Broj	%
0 - 10	M	215	50,0	62	14,4	151	34,8	3	0,8	431	100
	Ž	147	41,0	62	17,8	141	39,5	7	1,9	357	100
11 - 20	M	76	22,5	45	13,7	208	61,5	8	2,3	337	100
	Ž	62	39,8	20	10,8	93	49,0	10	5,4	185	100
21 - 30	M	111	32,0	44	12,1	196	53,4	9	2,5	360	100
	Ž	69	29,6	44	18,9	106	45,5	14	6,0	233	100
31 - 40	M	127	36,0	100	28,3	108	30,6	18	5,1	353	100
	Ž	139	41,5	75	22,4	110	32,9	11	3,2	335	100
Preko 40	M	207	36,0	218	38,0	126	22,0	24	4,0	575	100
	Ž	243	42,8	204	36,0	99	17,4	21	3,8	567	100
Ukupno	M	736	35,6	469	22,8	789	38,6	62	3,0	2056	100
	Ž	660	39,6	405	24,2	549	32,8	63	3,4	1677	100
Svega		1396	37,4	874	23,4	1338	35,9	125	3,3	3733	100

TAB. 2.

STRUKTURA ADMINISTRATIVNIH ZAHTJEVA ZA UPUĆIVANJE PACIJENATA NA RENDGEN-DIJAGNOSTIČKI PREGLED PLUĆA (REZULTATI ANKETE U II TROMJESJECU 1973. GODINE U ATD-U DZ "OMER MASLIĆ" - SARAJEVO)

RAZLOZI UPUĆIVANJA NA PREGLED	SPOL	RENDGENSKI PREGLEDI PLUĆA U PRETHODNOJ GODINI									UKUPNO
		0			1 - 2			3 i više			
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1. Upis u školu	M	73	1	1	11	-	-	-	-	-	86
	Ž	66	-	-	9	-	-	-	-	-	75
2. Sanitarna obrada	M	8	-	1	100	8	2	-	1	-	120
	Ž	5	-	-	135	9	-	-	1	-	150
3. Upućivanje na more i logorovanje	M	6	-	-	5	-	-	-	-	-	11
	Ž	6	-	1	1	-	-	-	-	1	9
4. Kategorizacija	M	5	-	-	1	-	-	1	-	-	7
	Ž	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3
5. Banjsko i klimatsko liječenje	M	16	-	-	30	4	-	3	-	-	53
	Ž	11	1	-	12	2	-	3	-	-	29
6. Izdavanje ljekarskog uvjerenja za zaposlenje	M	203	12	-	153	3	1	11	-	-	383
	Ž	109	5	-	59	2	-	2	-	-	177
7. Operacija krajnika	M	75	-	1	32	-	-	2	-	-	110
	Ž	77	-	-	23	-	-	1	-	-	101
8. Ostali administrativni zahtjevi	M	15	-	-	2	2	-	-	-	-	19
	Ž	4	-	-	-	1	-	-	-	-	5
Svega	M	401	13	3	334	17	3	17	1	-	789
	Ž	279	6	1	241	14	-	6	1	1	549
Ukupno		680	19	4	575	31	3	23	2	1	1338

a = normalan rendgenološki nalaz na plućima

b = hronična specifična i nespecifična oboljenja pluća i rezidue akutnih nespecifičnih oboljenja

c = aktivna specifična i akutna nespecifična oboljenja pluća.

TAB. 3.

PRETHODNA OBRADA PACIJENTA, OD STRANE LJEKARA, PRIJE UPUĆIVANJA NA RENDGENSKI PREGLED PLUĆA (REZULTATI ANKETE U II TROMJESJECU 1973. GODINE U ATD-U DZ "OMER MASLIĆ" - SARAJEVO)

DOBNA SKUPINA	SPOL	KLINIČKA OBRADA PACIJENTA PRIJE UPUĆIVANJA NA RTG PREGLED			UKUPNO
		Fizikalni pregled i laboratorijske pretrage	Samo fizikalni pregled	Bez pregleda	
0 - 2	M	30	30	5	65
	Ž	16	24	3	43
3 - 10	M	62	80	8	150
	Ž	43	49	12	104
11 - 20	M	34	28	14	76
	Ž	28	18	16	62
21 - 30	M	37	36	38	111
	Ž	27	19	23	69
31 - 40	M	40	33	54	127
	Ž	54	33	52	139
41 - 50	M	42	29	48	119
	Ž	46	35	53	134
Preko 50	M	36	16	36	88
	Ž	49	30	30	109
Ukupno	M	281	252	203	736
	Ž	263	208	189	660
Svega		544	460	392	1396

TAB. 4.

NALAZI RENDGEN-DIJAGNOSTIČKOG PREGLEDA PLUĆA U ODNOSU NA PRETHODNU OBRADU PACIJENTA (REZULTATI ANKETE U II TROMJESJEČJU 1973. GODINE U ATD-U, DZ "OMER MASLIĆ" - SARAJEVO)

PRETHODNA PRETRAGA OD STRANE LJEKARA	NALAZ RENDGENOLOŠKOG PREGLEDA PLUĆA						
	Svega	a		b		c	
	Broj	Broj	%	Broj	%	Broj	%
Fizikalni pregled i laboratorijske pretrage	544	461	84,6	36	6,7	47	8,7
Samo fizikalni pregled	460	360	78,3	45	9,8	55	11,9
Bez pregleda	392	335	85,5	38	9,7	19	4,8
U k u p n o	1396	1156		119		121	

a = normalan rendgenološki nalaz na plućima

b = hronična specifična i nespecifična oboljenja pluća i rezidue akutnih nespecifičnih oboljenja

c = aktivna specifična i akutna nespecifična oboljenja pluća.

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Kaštel Stari 22-26. oktobar 1973.

Dejan Šuvakov
Veterinarski institut Novi Sad

Tomislav Kragović
Institut za primenu nuklearne energije
- I N E P - Beograd - Zemun, Baranjska 15

HEMATOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PROMENA KOD OZRAČIVANJA PERNATE DIVLJAČI SA X-ZRACIMA

Kratak sadržaj: Istraživanja radiosenzitivnosti i hematoloških promena u perifernoj krvi nakon ozračivanja kod prepelica /Coturnix coturnix/ i fazana /Phasianus colchihus/ izvršena su u svrhu utvrdjivanja karakteristika reakcija na X ozračivanja kao i stepena izraženosti ovisno od visine doze ozračivanja.

Problem izučavanja radiosenzitivnosti obuhvatao je odredjivanje letalne i poluletalne doze kod pernate divljači pri akutnom ozračivanju, kompleks radijacionog sindroma i ispitivanje hemograma.

Hematološki su praćene promene u toku 3o dana nakon zračenja. Ispitan je broj eritrocita, leukocita i retikulocita, diferencijalna krvna slika, hematokritska vrednost, količina hemoglobina.

Testiranjem doze utvrdjena je LD 5o/3o za fazane iznosi 765 R dok je letalna doza 1.2oo R. Hematološke promene registrovane su neposredno posle ozračivanja a karakterisane su sa anemijom i leukopenijom sa naročito izraženom limfopenijom. Proces regeneracije i reparacije registrovan je u drugoj sedmici nakon ozračivanja. Proces destrukcije i regeneracije ovisio je od veličine primljene doze sa većom dozom oštećenja su bila jače izražena, izrazita leukopenija registrovana je u periodu od 3 do 14 dana.

U cilju sagledavanja i utvrdjivanja karakteristika reakcija pernate divljači fazana /Phasianus colchicus/ i prepelice /Coturnix coturnix/ preduzeta su istraživanja uticaja X-zračenja primenom jednokratnog totalnog ozračivanja. Brojna istraživanja preduzeta su do sada na kokoši /4,6,8/ vodenoj peradi /3/ dok medjutim, kod pernate divljači nismo mogli naći podatke o dejstvu

zračenja kao i karakteru reakcije. Kao predstavnici slobodne prirode pernate divljači je od posebnog interesa kao objekt veterinarskog nadzora i kao potencijalni izvor za ishranu stanovništva.

Istraživanja su preduzeta da bi smo sagledali neke karakteristike reakcije nastanka i toka radijacionih oštećenja pri različitim dozama X ozračivanja. Utvrdjivanja letalne i poluletalne doze, kompleksa radijacionog sindroma i hematoloških promena u perifernoj krvi u periodu neposredno posle ozračivanja i u narednih 3o dana posle ozračivanja.

MATERIJAL I METODE RADA

Eksperimenti su vršeni na fazanima mužjacima u dobi od 8 meseci, telesne težine od 1.1oo - 1.82o grama, životinje su smeštene u individualns žičane kaveze, period prilagodjavanja trajao je 6 dana.

Japanske prepelice za ogled bile su stare 6 meseci, oba pola, telesne težine 8o - 12o grama, period prilagodjavanja isti kao i kod prethodne vrste.

Ozračivanje je vršeno terapijskim rentgen aparatom "Philips" sa uslovima: 2oo kV, 15 mA, fokusno odstojanje 6o cm Al filter = 1 mm. Brzina vazdušne doze u medijalnoj ravni iznosila je 5o R u minuti a ozračivanje vršeno je u rotirajućem dispozitivu sa 9 okretaja u minuti. Fazani su rasporedjeni metodom slučajnog izbora u 4 grupe po 6 jedinki koje su jednokratno totalno ozračene I grupa 6oo R, II grupa 8oo R, III grupa 1.ooo R i IV grupa sa 1.2oo R.

Ozračivanje prepelica uslovi: 2oo kV, 15 mA, filtri Al=1mm Cu=o,5mm, FO=1oo cm i brzina emisione doze 46 R/min. Grupe su formirane od po 8 životinja i ozračivane su rotacionom dispozitivu sa brzinom obrtaja od 6 u minutu. Testirane doze bile su od: 4oo, 6oo, 8oo, 1ooo i 12oo R.

Postradijacioni period praćenja trajao je 3o dana i u tom periodu, po metodu Behrens izračunavan je procenat smrtnosti i odredjivanje su letalne i poluletalne doze za period od 3o dana.

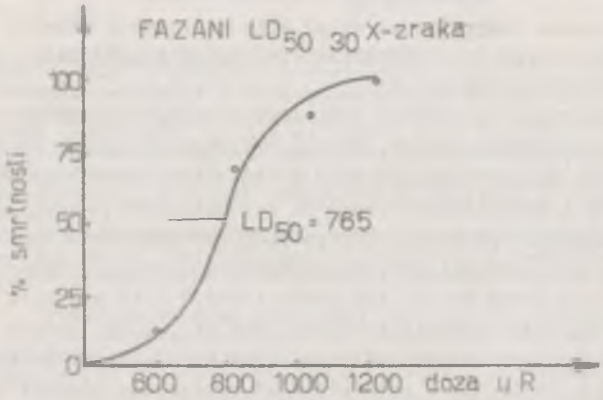
Hematološka ispitivanja kod fazana vršena su odredjivanjem koncentracije eritrocita i leukocita brojanjem u komorici po Spenseru i Celoskopom 1o1, diferencijalna krvna slika odredjivana je na krvnim razmazima bojenim po Papenheim-u, broj retikulocita u o/oo na razmazu, hemoglobin koncentracija odredjena je fotometrijski,

hematokrit mikrohematokritskom metodom. Hematološka istraživanja izvršena su u dane 0 stanje pre početka ozračivanja, 1,3,7,14,21, 28, dana posle ozračivanja.

REZULTATI

Poluletalne i letalne doze kod totalnog akutnog ozračivanja fazana dobijene su matematičkim izračunavanjem eksperimentalnih podataka grupisanih po Behrens metodi. Matematički proračunata vrednost za LD 5o/3o 735 R a grafičkom metodom 76o R standardna greška 37 R. Apsolutna smrtna doza LD 1oo/3o=1.2oo R.

Matematički proračunati rezultati prikazani su na dijagramu grafikom 1.



Grafikom 1.- Kriva smrtnosti fazana ozračenih sa X zracima

Observacijom procenta smrtnosti pri testiranju poluletalne i letalne doze akutnog totalnog ozračivanja fazana X-zracima, utvrdjeno je da radijaciona uginuća nastupaju u prvih petnajst dana nakon ozračivanja.

Hematološkim istraživanjima pojedinih parametara hemograma po testiranim dozama dale su sledeće rezultate kod fazana grupe I 6oo R, registrovan je pad broja eritrocita u periodu do 14 dana od ozračivanja i leukopeniju koja traje i do 21 dana. Hemogram II

grupe daje leukopeniju sličnog tipa kao i pad retikulocita. III grupa pokazala je izraziti pad leukocita i do 2.000 mm^3. Dok je leukopenija kod IV grupe najizraženija uz izraziti pad hemoglobina. Promatrajući pojedine parametre hemograma u funkciji doze u posmatranom periodu, vidi se da broj eritrocita opada kod grupa ozračenih sa 800, 1.000 i 1.200 R do 14-og dana nakon ozračivanja u relaciji 20% i da nakon toga nastaje reparacioni period. Ove promene adekvatno su praćene promenama u Hb i Rt. Dinamika reagovanja i osetljivosti retikulocita pokazuje njihov pad a potom nastupa pojačana reparacija.

Leukopenija je registrovana slično kod životinja ozračenih sa 600, 800 i 1.000 R period leukopenije najizraženiji je do 14-og dana a potom nastupa reparacija.

Diferencijalni odnos broja ćelija leukocitne loze pokazao je mnoge karakteristike radijacionih oštećenja hematoloških organa. Njihov medjusobni odnos broja u mm^3 i procenat zastupljenosti u ukupnom broju prikazan je u tabelama 1 - 4.

TABELA 1.

Diferencijalni odnos ćelija u mm^3 i % kod fazana ozračenih sa 600 r X-zraka

Dani ispit	Leukociti u mm^3	Heterofili		Bazofili		Eozinofili		Limfociti		Monociti	
		u mm^3	%	u mm^3	%	u mm^3	%	u mm^3	%	u mm^3	%
0	11.100	4.351	39,2	11	0,1	33	0,3	6.860	61,8	610	5,5
1	3.340	2.566	79,2	0	0,0	0	0,0	499	15,4	175	5,4
3	2.450	2.043	83,4	10	0,4	5	0,2	260	10,6	132	5,4
7	3.180	1.482	46,6	6	0,2	6	0,2	1.495	47,0	190	6,0
14	5.200	1.908	36,7	0	0,0	0	0,0	3.151	60,6	140	2,7
21	21.750	3.293	15,6	0	0,0	43	0,2	17.008	78,2	1.305	6,0
28	11.760	2.399	20,4	188	1,6	47	0,4	08.537	72,6	588	5,0

TABELA 2

Diferencijalni odnos ćelija u mm^3 i % kod fazana ozračenih sa 800 r X-zraka

Dani ispit	Leukociti u mm^3	Heterofili u mm^3	Heterofili %	Bazofili u mm^3	Bazofili %	Eozinofili u mm^3	Eozinofili %	Limfociti u mm^3	Limfociti %	Monociti u mm^3	Monociti %
0	11100	4351	32,9	11	0,1	33	0,3	6860	61,8	610	5,5
1	3520	2844	80,8	0	0,0	0	0,0	570	16,2	98	2,8
3	4090	3501	85,6	0	0,0	8	0,2	499	12,2	80	2,0
7	2630	1376	52,7	5	0,2	0	0,0	1133	43,1	105	4,0
14	3770	452	12,0	0	0,0	0	0,0	3091	82,0	226	5,0
21	2150	2572	8,0	299	0,9	0	0,0	7674	83,0	572	8,0
28	7550	1359	18,0	75	1,0	0	0,0	5511	73,0	604	8,0

TABELA 3

Diferencijalni odnos ćelija u mm^3 i % kod fazana ozračenih sa 1000 r X-zraka

Dani ispit	Leukociti u mm^3	Heterofili u mm^3	Heterofili %	Bazofili u mm^3	Bazofili %	Eozinofili u mm^3	Eozinofili %	Limfociti u mm^3	Limfociti %	Monociti u mm^3	Monociti %
0	11100	4351	39,2	11	0,1	33	0,3	6860	61,8	610	5,5
1	3480	2844	83,5	0	0,0	00	0,0	570	13,0	98	3,9
3	1900	1552	81,7	4	0,2	4	0,2	236	12,4	105	5,9
7	3510	1930	55,0	211	6,0	0	0,0	1299	37,0	281	8,0
14	5100	1989	39,0	25	0,5	0	0,0	2932	57,5	153	3,0
21	.000	2000	8,0	400	1,0	0	0,0	4600	86,5	200	4,5
28	11000	1540	14,0	550	5,0	0	0,0	7700	70,0	210	9,0

TABELA 4

Diferencijalni odnos ćelija u mm^3 i % kod fazana ozračenih sa 1200 r X-zraka

Dani ispit	Leukociti u mm^3	Heterofili u mm^3	Heterofili %	Bazofili u mm^3	Bazofili %	Eozinofili u mm^3	Eozinofili %	Limfociti u mm^3	Limfociti %	Monociti u mm^3	Monociti %
0	11100	4351	32,9	1[illegible]	0,3	33	0,3	6860	61,8	610	5,5
1	8480	7674	90,5	0	0,0	0	0,0	594	7,0	212	2,5
3	800	660	82,5	0	0,0	0	0,0	112	14,0	28	3,5
7	700	437	62,5	0	0,0	0	0,0	224	32,0	38	5,5

Kako se prema podacima iz tabele može uočiti naročito je kod grupe I 6oo R izražen pad limfocita i ukupnog broja leukocita pri kraju perioda ispoljen je reparacioni ciklus, grupe II 8oo R pokasuje sličnu tendenciju naglog pada limfocita oštećenih zračenjem, ovakav odnos pokazuje i III grupa fazana dok je kod ozračenih životinja IV grupe 1.2oo R diferencijalni odnos ima ujednačeno negativni trend limfocita i granulocita do kraja posmtranja.

Rezultati dobijeni kod ozračivanja sa X-zracima prepelica pokazuju istovetne karakteristike anemije sa leukopenijom i izrazitom limfopenijom.

RAZMATRANJE REZULTATA

Različite reakcije organizma na jonizujuća zračenja uslovljena su vrstom odnosno rasom životinja, starošću, fiziološkim stanjem, individualne, rezistencije, vrste zračenja, brzine doza i drugim faktorima. Stoga se letalne i poluletalne doze nalaze u širokim granicama od nekoliko stotina R do više hiljada kod delovanja gama i X-zračenja. Naš poseban interes i zadatak je izučavanje radiosenzitivnosti životinja koje pripadaju manjoj lovnoj divljači.

Naša ispitivanja pokazala su veći stepen osetljivosti ovih vrsta na radioaktivno zračenje. Poluletalna doza od 76o R je niža od istih ozračivanja kod kokoši 2.o25 R, i vodena perad LD 5o/3o 937 R. Rezultati su saglasni ispitivanjima Baq Z., Alexander and Colley /1963 - 1965/ na poljskim i šumskim pticama koji su ustanovili veliku radiosetljivost ovih životinja i utvrdili LD 5o/3o za konopljarku 4oo R, štiglič 6oo R i goluba 95o R.

Rezultati hematoloških ispitivanja kod fazana i prepelica pokazuju vrlo bliske rezultate dobijene kod drugih vrsta perradi. Izrazit je pad leukocita posebno limfocita odmah u početku ogleda kod svih ozračenih grupa. Period regeneracije i restitucije periferne krvi nastupa u drugij sedmici ogleda za obe ispitivane vrste. Svi ispitivani parametri pokazuju pad neposredno nakon zračenja da bi u slučaju povoljnog ishoda nastupala postepena faza regeneracije.

Z a k l j u č c i

Na osnovu izvršenih istraživanja delovanja jonizujućeg zračenja pri ozračivanju pernate divljači fazana i prepelica mogu se doneti sledeći zaključci:

1.Testiranjem doza zračenja sa X-zracima pri jednokratnom totalnom ozračivanju utvrdjeno je da je poluletatalna doza $LD_{50/30}$ kod fazana iznosi 765 R sa standardnom greškom od 37 R.

2.Letalni efekti zračenja najviše su izraženi neposredno nakon ozračivanja a ispoljavaju se u vidu radijacionog šoka sa posebno izraženim nervnim simptomima.

3.Rezultati hematoloških ispitivanja pokazuju jasno izražen stepen oštećenja ovisno od doze zračenja naročito kod pojedinih ispitanih parametara a ukazuju na karakter i tok radijacionog oštećenja.

S u m m a r y

In this paper a submitted the results of examination of the effect X-rays dose rate on 3o day mortality and qualitative structure of periphery blood in pheasant and quail.

Absolute lymphopenia with simultaneus relative heteropenia lasts during the first three days after irradiation, after which in the time from 7 th to 14 th day reciprocal ratio of some forms of leucocytes the value of physiologic situation.

BIBLIOGRAFIJA

1. BROWN, D., CROSS, F., GRAMBY, W.: Amer. Jour. Veterinar. Research Vol. 33,5, 957, 1972. - 2. CASE, M.T., SIMON, J.: Amer. Jour. Research Vol. 33, 6, 1217, 1972. - 3. DRAGANOVIĆ, B., GAČEVIĆ, N., STEFANOVIĆ, K. et.al.: VI simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, 1972. - 4. ĐUKIĆ, B., RUSOV, Č.: Veterinarski glasnik 8, 637, 1967. - 5. PETROVIĆ, B.: Osnovi radijacione higijene domaćih životinja i namirnica animalnog porekla, 197o, Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije Beograd, - 6. PROCHAZKA, Z., BODAJOVA, L., HORAKOVA, V., et.al.: DOCUM. VETERINAR. 5, 171, 1966. - 7. RADOTIĆ, M.: Radioaktivni izotopi kao spoljašnji izvori zračenja u radiobiologiji, Institut za nuklearne nauke " Boris Kidrič " 1966., Beograd, - 8. RUSOV, Č.: Veterinarski glasnik, 11, 1, 1963. - 9. RUSOV, Č.: Veterinarski glasnik 1, 23, 1966., - 1o. RUSOV, Č., GLIGORIJEVIĆ, J.: Acta Veterin. Vol, XV, Fasc. 3-4, 1965. - 11. RUSOV, Č.: Acta Veterin. Vol. XX, Fasc. 5, 197o. - 12. PETROVIĆ, B., KRAGOVIĆ, T., DRAGANOVIĆ, B. et.al.: Acta Veterin. Vol. 23, No. 3, 133,1973.

VII simpozijum Jugoslavenskog društva za
zaštitu od zračenja

Kaštel Stari, 22 - 26. oktobra 1973.

PROCJENA GODIŠNJE GENETSKI SIGNIFIKANTNE DOZE OD DIJAGNOSTIČKE PRIMJENE RENDGEN APARATA U SFRJ

Jokić J., Žarković G., Marjanac A.

Institut za higijenu i socijalnu
medicinu - Sarajevo

Prikazani su rezultati višegodišnje studije o procjeni godišnje genetski signifikantne doze od dijagnostičke rendgenologije u SFR Jugoslaviji.

U tabelama su date vrijednosti godišnjih genetskih doza za svaku vrstu rendgen-dijagnostičkih pregleda po spolu i vrijednost za cjelokupno stanovništvo. Rezultati su komparirani sa sličnim ispitivanjima u drugim zemljama i diskutovani u svjetlu savremenih gledanja na probleme mogućih genetskih oštećenja i zaštite stanovništva pri primjeni rendgen aparata u medicinskoj dijagnostici.

UVOD

Odavno je poznato da jonizujuće zračenje oštećuje žive ćelije i da prekomjerno ozračivanje može ozbiljno ugroziti zdravlje i život čovjeka. Posljednjih decenija znatna pažnja poklanja se mogućim genetskim i somatskim efektima relativno niskih doza radijacije /1/. Sa stanovišta zaštite zdravlja budućih generacija stanovništva najveću pažnju privlače moguće genetska oštećenja. Smatra se, da broj mutacija gena iz vještačkih izvora jonizujućeg zračenja ne bi smio udvostručiti nivo mutacija koje se

prirodno dogadjaju u populaciji /2/. Prema dosadašnjem stanju nauke vjeruje se da bi genetska doza od 3o do 8o r iz vještačkih izvora jonizujućeg zračenja udvostručila broj prirodnih mutacija /3/.

Dosadašnja ispitivanja ovog problema pokazala su da je medicinska dijagnostička upotreba rendgen aparata za sada najmasovniji i glavni izvor aplikacije jonizujućeg zračenja stanovništvu i da doze radijacije iz medicinskih izvora u nekim zemljama prelaze 100% dosu prirodnog zračenja /4/.

Medjunarodna komisija za radiološku zaštitu i Medjunarodna komisija za radijacione jedinice mjerenja uputile su apel svim zemljama da se izvrši procjena genetskog rizika koji proizlazi iz upotrebe rendgen aparata u dijagnostičke svrhe. Te organizacije su predložile metodiku i način kalkulacije genetskih signifikantne doze /5/. Na osnovu ove preporuke mnogi istraživači su se bavili ovim ispitivanjima kao na primjer Beekman /6/ u Holandiji, Osborn i Smith /7/, Stanford i Vance /8/ i Adrian Committe u Velikoj Britaniji, Larsson /9/ u Švedskoj, Seelentag /1o/ u Bavarskoj, Laughlin /11/ u USA i drugi.

U ovom saopštenju dajemo rezultate višegodišnje studije o procjeni genetski signifikantnih doza iz medicinske rendgen dijagnostike u SFRJ, finansirane od Saveznog zavoda za zdravstvenu zaštitu.

Metod rada

Odredjivanje genetski signifikantne doze populacije iz dijagnostičke rendgenologije bazirano je na tri serije informacija:

a/ statističkih podataka o broju i vrstama radioloških pregleda izvršenih u toku godine u odnosu na dob i spol pregledanih pacijenata u zdravstvenim ustanovama u Jugoslaviji. Rezultati ovog ispitivanja saopšteni su na V simpozijumu Jugoslavenskog društva za radiološku zaštitu /12/;

b/ fizikalnih mjerenja u svrhu odredjivanja prosječne gonadne doze za svaku vrstu rendgen-dijagnostičkog pregleda, kod pacijenata odredjene starosti i spola, na uzorku rendgen aparata u zdravstvenim ustanovama u SFRJ pomoću "Viotoreen" vazdušne komore specifične gustine zidova od 22o mg/cm^2, na taj način što se jonizaciona komora neposredno postavljala u predio genitalnih organa pacijenta. Kod svake odredjene vrste rendgen-dijagnostičkog pregleda i pacijenata odredjene dobi i spola, mjerenje je vršeno pri deset ekspozicija i na taj način je izračunavana srednja doza. Fizikalna mjerenja su vršili republički centri za radiološku zaštitu istovrsnim mjernim instrumentima čija je kalibracija izvršena u laboratoriji za baždarenje instrumenata Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS. Ukupno je izvršeno 3.55o fizikalnih mjerenja kožnih doza u predjelu projekcije gonada. Kožna doza izmjerena na skrotumu uzimana je kao testis doza po preporuci Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu /5/, a kožna doza kod žena preračunavana je u ovarijalnu koristeći konverzione faktore koje su izradili Stanford i Vance /8/ nakon izvršenih 6.ooo mjerenja na lešu;

c/ očekivani broj djece /Tab.1/ od pojedinog lica odredjene dobi i spola dobiveno je dobrotom Breznik dr Dušana iz Centra za demografska istraživanja Instituta društvenih nauka Beograd.

Genetski signifikantna godišnja doza G populacije defini-

rana je kao sumacija produkta množenja srednje godišnje gonadne doze Dix u mr, primjene od svakog lica u dobnoj skupini, sa prosječnim brojem potomaka Pi te dobne skupine, umnoženo sa brojem lica Nix te dobne skupine koji su u toku godine bili izloženi pregledu, podijeljeno sa sumacijom produkta množenja prosječno očekivanog broja djece Pi odredjene dobne skupine sa brojem lica Ni u toj dobnoj skupini u SFRJ. Ova definicija bila je formulisana na sljedeći matematički izraz /2, 5/:

$$G = \frac{Dix\ Pi\ Nix}{Pi\ Ni}\ mr$$

Pomoću ove formule izračunavana je genetska doza za svaku vrstu pregleda, posebno za muškarce a posebno za žene odredjenih dobnih skupina i ukupna genetska doza za čitavu populaciju.

Ovom studijom nisu obuhvaćeni masovni fluorografski pregledi stanovništva kao ni rendgen-dijagnostički rad u vojnim sanitetskim ustanovama.

Rezultati i diskusija

Genetski signifikantna doza, izračunata u ovoj studiji, prikazana je u Tab.2. Ukupna godišnja genetska doza iz dijagnostičke rendgenologije u našoj zemlji procijenjena je na 23,5 mr, od čega na muškarce otpada 16,8 mr, a na žene 6,7 mr.

Najveći doprinos ovoj dozi daju pregledi karličnog pojasa kako kod žena tako i kod muškara a. Pošto se pri pregledima karlične regije obavezno u direktan snop uključuju gonade pacijenta to je visok doprinos dozi ovih pregleda i očekivan. Medjutim, iznenadjuju visokim doprinosom genetskoj dozi pregledi pluća, naročito skopije, pošto pri normalnoj tehnici pregleda

pluća gonade pacijenta ne bi smjele biti čak ni blizu ruba zračnog polja.

U Tab.3. prikazano je procentualno učešće pregleda koji obavezno uključuju gonade u direktan snop u ukupnoj sumi godišnje izvršenih pregleda i njihov doprinos godišnjoj genetski signifikantnoj dosi. Iz tabele se vidi da deset vrata ovih pregleda daju 85,17% godišnje genetske doze, a njihovo učešće u ukupnoj frekvenciji pregleda iznosi samo 8,o2%. Ovaj podatak ukazuje da glavnu pažnju, u cilju zaštite pacijenata, treba usmjeriti kako u ograničavanju nepotrebnih pregleda tako i u zahtjevima da se ti pregledi obavljaju na najsavremenijim aparatima, od strane veoma stručnih lica i uz upotrebu specifičnih zaštitnih sredstava za pacijenta.

Veliki broj pregleda pluća i njihov relativno visok doprinos genetskoj dozi ukazuje na poseban rizik ovih pregleda i zahtijeva preduzimanje odgovarajućib mjera kako u smanjenju frekvencije tako i u poboljšanju tehnike pregleda. Posebni napori trebaju biti učinjeni da se skopije pluća zamijene grafijama.

U Tab.4. prikazana je komparacija rezultata naših ispitivanja sa rezultatima iz Engleske i Holandije. Mada je, zbog razlike tehnike mjerenja i prikupljanja podataka o frekvenciji pregleda, ove rezultate teško medjusobno uporedjivati u svim detaljima, iz tabele se vidi da su naši rezultati najpribližniji onima koji su dobiveni u ispitivanjima Savjeta za medicinska istraživanja Velike Britanije. Rezultati iz Leidena znatno su niži vjerovatno zbog toga što su veličine doza za pojedine preglede dobivene u laboratorijskim uslovima a ne mjerenjem pri stvarnom radu u zdravstvenim ustanovama.

Tab.5. prikazuje komparativne vrijednosti godišnjih genet-

skih doza koje su dobili istraživači u drugim zemljama. Velike razlike između maksimalne i minimalne procjene kod nekih istraživanja rezultat su razlika u gonadnim dozama dobivenim pri korištenju "loše" i "dobre" tehnike rada pri pregledu. U našem ispitivanju takvu podjelu nismo mogli izvršiti te smo dobivenu vrijednost uvrstili u "vjerovatnu", iako smo svjesni da je stvarna doza veća, pošto u kalkulaciju nisu ušla masovna fluorografska ispitivanja ni rendgen-dijagnostičke procedure u vojno-sanitetskim ustanovama.

Genetski signifikantna doza koja je dobivena našom studijom iznosi oko 1/4 godišnje gonadne doze koju svaki stanovnik dobije iz prirodnih izvora zračenja. To na prvi pogled izgleda da je malo i da doza iz rendgen-dijagnostike ne predstavlja nikakav stvaran rizik. Međutim, imajući u vidu, da svugdje u svijetu pa i kod nas, svake godine povećava se broj i vrsta rendgen-dijagnostičkih postupaka /14/, da je u porastu primjena radioaktivnih izotopa u medicini i industriji i da se u budućnosti očekuje sve šira primjena nuklearne energije uopšte s jedne strane, a da potencijalni mutageni faktori među kojima u prvom redu pesticidi, dobivaju sve širu primjenu, to genetski rizik svakog od ovog faktora treba sa punom ozbiljnošću procjenjivati i nastojati da se svaki od njih svede i održava u granicama prihvatljivog rizika.

Zaključak

Godišnja genetski signifikantna doza iz dijagnostičke rendgenologije u SFR Jugoslaviji iznosi 23,5o5 mr, neuključujući dozu iz masovne fluorografije i rada vojno-sanitetskih ustanova.

Rendgen-dijagnostički pregledi karličnog pojasa čine 8,2% od ukupne godišnje frekvencije pregleda, a njihov doprinos godišnjoj genetskoj dozi iznosi 85,17%.

Najmasovniji vid pregleda su pregledi pluća i oni daju relativno visok /8,9%/ doprinos godišnjoj genetskoj dozi.

Iz ove studije, prema tome, proizlazi da se najveće mogućnosti za snižavanje genetske doze od dijagnostičke upotrebe rendgen aparata sastoji u sljedećem:

a/ smanjivanjem frekvencije skopija pluća i srca i njihova zamjena sa grafijama;

b/ pažljivo razmatranje indikacija za rendgen pretrage predjela karličnog pojasa i upotreba solidne tehničke zaštite gonada.

Zamjena dotrajalih rendgen aparatura i kontinuirano obrazovanje kadrova u zaštiti od zračenja su takodjer mjere koje mogu doprinijeti smanjivanju primljenih doza u svim vrstama pregleda.

Bibliografija

1. Medical Research Council /1956/ The Hazards to man nuclear and allien radiations. London, Her Majesty's Stationery Office;
2. Adrian Committee /1960/, Radiological Hazards to Patients. Second Raport of the Committee. London, Her Majesty's Stationery Office;
3. Effect of Radioactivity on Human Heredity /1957/, WHO, Geneve;
4. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. General Assembly, Official

Records: Thirteenth Session Supplement No.17 /A/3836/.1958, New Jork;

5. ICRP, ICRU /1957/, Physics in Medicine and Biology, 2:1o7--151;
6. Beekman M.Z. /1962/, Genetically Significant Dose From Diagnostic Roentgenology, M.V. Drukkerij V/H Batteljee and Ferportra - Leiden;
7. Osborn S.B., Smith E. /1956/, The Lancet, 19:949:953;
8. Stanford B.W., Vance I. /1955/, The British Journal of Radiology, 28:266-273;
9. Larsson L.S., /1959/, Acta radiologica. Suppl. No. 157;
1o. Seelentag W., /1961/, Deutsche Medizinische Wochenschrift 86:2513 - 2523;
11. Laughlin I.S. and all /1957/, The American Journal of Roentgenology, 78:961-982;
12. Jokić J., Marjanac A., /197o/, Procjena obima korištenja rendgen-dijagnostičkih postupaka u zdravetvenim ustanovama SFRJ. Zbornik radova V simpozijuma Jugoslavenskog društva za radiološku zaštitu, No. 6/o8;
13. Morgan Z.K. /1969/, Health Physics, 17:539-545;
14. Public Health and the Medical Use of Ionising Radiation /1964/, WHO, Technical Report Series No. 3o6, Geneve.

Tab. 1.

Očekivani broj živorodjene djece od prosječnog lica odredjene dobne skupine i spola u SFRJ /procjena za 1967/.

Dobna skupina	muški	žene
0 - 4	2,276	2,372
5 - 9	2,249	2,342
10 - 14	2,256	2,336
15 - 19	2,346	2,331
20 - 24	2,3926	2,0742
25 - 30	1,8096	1,2605
30 - 34	1,1138	0,6126
35 - 39	0,6207	0,2505
40 - 44	0,3290	0,0700
45 - 49	0,2992	0,0136
50 - 54	0,013	-
55 i više	0,002	-

Tab. 2.

Godišnja genetski signifikantna doza u mr po osobi, od dijagnostičke primjene rendgen aparata u zdravstvenim ustanovama SFRJ u 1967. godini /nisu uključeni masovni fluorografski pregledi stanovništva i rad vojnih sanitetskih ustanova/

Vrsta pregleda	Spol		Ukupno	% doprinosa
	M	Ž		
Pelvis	3,3373	o,5314	3,8687	16,45
Kuk	3,3o57	o,6oo4	4,oo61	17,oo
Lumbosakralna regija	1,5836	o,1475	1,7311	7,36
Lumbalna kičma	2,4418	1,227	3,6688	15,6o
Urografija i i.v. pijelografija	1,3771	1,38o1	2,7572	11,7o
Retrogradna pijelografija	o,1662	o,3436	o,5o98	2,16
Ureterocistografija	o,832o	o,1467	o,9787	4,16
Želudac i duodenum /grafija/	o,141o	o,o27o3	o,168o3	o,71
Želudac i duodenum /ekopija/	o,2292	o,1o74	o,3366	1,46
Donji digestivni trakt	o,o172	o,o2o125	o,o37325	o,14o
Holecisto i holangiografija	o,o327	o,19945	o,23215	o,98
Opšti abdomen	o,5991	1,1421	1,7412	7,41
Grudi /pluća,srce, ezofagus/ grafija	o,5257	o,o15148	o,54o848	2,49
Grudi /pluća,srce, ezofagus/ ekopija	1,492o	o,o247	1,5167	6,41
Glava i vratna kičma	o,112o	o,o22964	o,134964	o,57
Grudna kičma	o,o546	o,ooo2619	o,o448619	o,19
Grudni koš	o,o463	o,ooo32132	o,o4662132	o,19
Gornji ekstremiteti	o,o48o	o,oo5741	o,o53741	o,22
Donji ekstremiteti	o,2876	o,o24361	o,311961	1,32
Zubi	o,o588	o,o1o292	o,o69o92	o,29
Histerosalpingografija	-	o,75o85	o,75o85	3,19
Godišnja geneteka doza	16,7779	6,7274442	23,5o53442	1oo,oo

Tab. 3.

Doprinos godišnjoj genetski signifikantnoj dozi i ukupnom godišnjem broju pregleda /Studija u SFRJ 1967 - 1971/

Vrsta pregleda	Procentualni doprinos genetskoj dozi	Procentualni doprinos ukupnom broju pregleda
Kuk	17,oo	1,91
Pelvis	16,45	o,84
Lumbalna kičma	15,6o	1,15
Urografija i i.v. pijelografija	11,7o	1,25
Abdomen opšti	7,41	o,87
Lumbosakralna regija	7,36	1,1o
Ureterocistografija	4,16	o,14
Histerosalpingografija	3,19	o,o9
Retrogradna pijelografija	2,16	o,o6
Donji digestivni trakt	o,14	o,61
	85,17	8,o2
Holecistoholangiografija	o,98	o,85
Želudac i duodenum	2,17	6,9o
Pluća,srce, azofagus	8,9o	58,61
Glava i vratna kičma	o,57	4,2o
Grudna kičma	o,19	o,71
Grudni koš	o,19	2,26
Gornji ekstremiteti	o,22	4,88
Donji ekstremiteti	1,32	4,78
Zubi	o,29	8,25
	14,83	91,44

tab. 4.

Godišnje genetski signifikantne doze od dijagnostičke rendgenologije /Procjene u raznim zemljama/

Vrsta pregleda	SFRJ 1967.	Engleska i Vels /2/ 1957/8	M.R.C./2/ Engleska 1956.	Leiden /6/ Holand. 1959.
Pelvis	3,8687	3,12[xx]	5,15[xx]	0,55
Kuk	4,0061	1,48	4,84	1,51
Lumbosakralna regija	1,7311	---...	...	0,59
Lumbalna kičma	3,6688	...	...	0,10
Urografija i i.v. pijelografija	2,7572	1,53	3,37[x]	1,865
Retrogradna pijelografija	0,5098	0,21	...	0,159
Ureterocistografija	0,9787	0,06	0,18	0,444
Želudac i duodenum /grafija/	0,1680			
Želudac i duodenum /skopija/	0,3366	0,51	0,10	0,305
Donji digestivni trakt	0,0373	0,16	0,06	0,609
Holecistoholangiografija	0,2321	0,13	0,01	0,013
Opšti abdomen	1,7412	0,60	2,42	0,353
Pluća, srce, ezofagus /grafija/	0,5408	0,48	0,02	0,001
Pluća, srce, ezofagus /skopija/	1,5167	...	...	0,02
Glava i vratna kičma	0,1349	0,03	0,03	0,0038
Grudna kičma	0,0449	0,02	0,06	0,004
Grudni koš	0,0466	0,01	...	0,0009
Gornji ekstremiteti	0,0537	0,09	0,01	0,014
Donji ekstremiteti	0,3119	0,05	0,09	0,006
Zubi	0,0691	0,02	...	...
Histerosalpingografija	0.7508	...	0,23	0,052
Ukupna godišnja genetska doza	23,505	13,024	20,054	6,79

x Intravenozna i retrogradna pijelografija

xx uključuje pelvis, lumbalnu kičnu i lumbosakralnu regiju.

Tab. 5.

Godišnje genetski signifikantne doze od dijagnostičke rendgenologije /komparativni pregled rezultata/

Zemlja ili grad	Vrijeme studije	A u t o r i	Genetski signifikantna doza u mr		
			Minimalna	Vjerovatna	Maksimalna
Australija	1953/55	Martin /prema 6/	28	162	
Danska	1956	Hammer-Jacobsen /prema 6/	17,o		
Engleska i vels	1955	Osborn i Smith /7/	23,2		
Bavarska	1957/58	Seelentag /lo	5,o	14,o	16o,o
Hamburg	1957/58	Holthusen /prema 6/		17,7	
Leiden /Holandija/	1959	Beekman /6/	6,8		
Rim	1957	Biagini /prema 6/		44,o	
Švedska	1955	Larsson /9/		37,9	
Velika Britanija	1957/58	Adrian Committe /2/	9,9	14,1	
U S A	1955/56	Laughlin i Pullman /11/	5o,oo	14o,o	
Švajcarska	1957	Schär i sar.		22,3	
SAD /prema 13/	1964			55,o	
Japan /prema13/	196o			39,o	
Danska /prema 13/	1965			22,o	
Novi Zeland /prema 13/	1963			12,o	
SFR Jugoslavija	1967	Jokić i Žarković		23,51	

VII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Kaštel Stari 22 - 26 oktobra 1973

Janković Olga, Institut "Boris Kidrič" - Vinča

SORPCIJA RADIONUKLIDA ^{137}Cs NA ZEOLITU 4A U PRISUSTVU DETERDŽENTA

R E Z I M E

U radu su prikazani rezultati ispitivanja sorpcije ^{137}Cs na zeolitu Linde 4A iz 0,01-0,1 % rastvora deterdženta "Plavog radiona". Pokazano je da ispitivani deterdžent, odnosno njegovi konstituenti, osim natrijuma nemaju uticaja na sorpciju cezijuma i da se ona može opisati izotermom konkurentne jonoizmenjivačke sorpcije.

Radioaktivne otpadne vode često predstavljaju veoma složene fiziko-hemijske sisteme, ne samo zbog raznovrsnosti radiohemijskih i hemijskih komponenti, već i zbog različitih disperznih stanja u kojima ove komponente mogu da se nalaze. Ova hemijska, radiohemijska kao i fiziko-hemijska složenost ukazuje na određene teškoće koje se javljaju prilikom izbora metode za dekontaminaciju voda. Naročito se teško dekontaminiraju vode koje sadrže površinsko aktivne supstance koje su glavni sastojak deterdženata. Dosadašnji rezultati pokazali su da prisustvo deterdženata znatno smanjuje efikasnost dekontaminacije kod metoda koje imaju najširu primenu, taloženja, sorpcije i jonske izmene.

Međutim, iako se deterdženti često nalaze u radioaktivnim otpadnim vodama, karakter uticaja njihovih komponenti uglavnom površinsko aktivnih supstnaci na sorpciju radionuklida na različitim sorbentima nije dovoljno izučen.

U ovom saopštenju izloženi su rezultati ispitivanja sorpcije mikrokoličina cezijuma na zeolitu 4 A u prisustvu "Plavog radiona", deterdženta koji se dosta koristi u našim laboratorijama, pa se na taj način nalazi u otpadnim vodama.

EKSPERIMENTALNI POSTUPAK

Za rad je korišćen sprašeni zeolit Linde 4A (BDH), radiohemijski čist izotop ^{137}Cs bez nosača (Amersham, Engleska), NaCl p.a. (Pliva-Zagreb, Jugoslavija), HCl p.a. (Pliva-Zagreb, Jugoslavija), "Plavi Radion" (Saponija-Osijek, Jugoslavija).

Sadržaj površinsko aktivne materije, natrijum dodecil benzol sulfonat, određen je kolorimetrijski sa metilenskim plavim i iznosi 16± 1 %. Sadržaj natrijuma u "Plavom radionu" određen je na plamenom fotometru: 0,1% rastvor sadrži 250 ppm natrijuma. Prema podacima koje daje JUS H.E 2.082, "Plavi radion" treba da sadrži površinsko aktivnih supstanci najmanje 15%; alkalnih silikata (obračunatih na SiO_2) najviše 5,0%; fosfata (obračunatih na P_2O_5) najmanje 7,5%; ukupna alkalnost (izračunata kao Na_2CO_3) najviše 40%; aktivni kisonik iz persoli najviše 0,8%.

Zeolit Linde 4A pripremljen je prema postupku opisanom u našem radu[1]. Sorpcija je izučavana u statičkim uslovima, na temperaturi 22± 2°C. Količina zeolita iznosila je 0,2 gr, a zapremina rastvora 20 ml. pH je doterivano sa HCl. Vreme uspostavljanja ravnoteže rastvor-zeolit prethodno je određeno i iznosilo je 2-3 dana

Rezultati su prikazani koeficijentima raspodele, izračunatim prema relaciji:

$$Kd = \frac{I_o - I_r}{I_r} \times \frac{v}{m}, \text{ ml/gr}$$

gde su : I_o i I_r relativne aktivnosti (Imp/min/ml) rastvora pre i posle uspostavljanja ravnoteže; v-zapremina rastvora, ml; m-težina zeolita, gr.

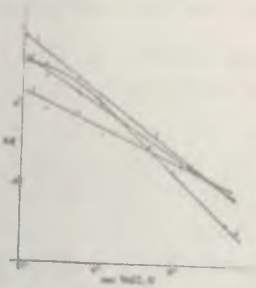
REZULTATI

U našem ranijem radu[1] pokazano je da se na sorpciju mikrokoličina cezijuma na zeolitu 4A u funkciji koncentracije NaCl i konstantnoj vrednosti pH, primenjuje jednačina tipa izoterme jonoizmenjivačke sorpcije[1,2,3];

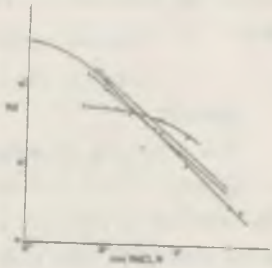
$$\log Kd = A - a \log c \qquad (1)$$

gde je: Kd-koeficijent raspodele mikrokomponenta; A-konstanta; c-koncentracija makrokomponente; a-odnos naelektrisanja jona koji se izmenjuju.

Za nas je bilo od interesa da se ispita priroda uticaja komponenata deterdženta kada one mogu da konkurišu u sorpciji sa mikrokoličinama radioaktivnog cezijuma na zeolitu 4A.



Sl. 1 Sorpcija ^{137}Cs iz 0,01 rastvora deterdženta
I.- pH 9,0- 9,9
2.- pH 7,0- 8,2
3.- pH 6,7- 7,5



Sl. 2 Sorpcija ^{137}Cs iz 0,1% rastvora deterdženta
1.- pH 9,5 - 10,0
2.- pH 8,0 - 8,5
3.- pH 6,7 - 7,5

Na sl.1 i 2 prikazani su,u sistemu koordinata log Kd - log c, dobivani rezultati za sorpciju mikrokoličina cezijuma u prisustvu 0,01-0,1 % rastvora "Plavog radiona".Prave obeležene sa A na sl.1 i 2 odnose se na sorpciju radionuklida cezijuma u funkciji samo NaCl.Sa slika se vidi da prave obeležene sa 1 i 2,sa malim odstupanjem se poklapaju s pravom A,što znači da ispitivani deterdžent,odnosno prisustvo njegovih komponenti ne menja jonoizmenjivački karakter sorpcije cezijuma,pošto se ona može opisati jednačinom prave (1) sa koeficijentom pravca -0,80 - -0,84. Ispitivanja sorpcije na vrednostima nižim od pH 7,5 pokazuju odstupanja od jednačine (1),naročito kriva 3 na sl.2.Ova odstupanja verovatno su prouzrokovana učešćem vodonikovih jona u izmeni natrijum-cezijum.

Praktična vrednost ovih rezultata,koji pokazuju da na sorpciju radionuklida cezijuma iz 0,01-0,1% rastvora "Plavog radiona" od prisutnih komponenti,na pH 8 - 10,uticaja ima samo natrijumovi joni.

SUMMARY

The sorption of submicroquantities of Cs^+ from the solutions ranging 0,01-0,1 % concentration of detergent "Plavi radion" ("Blue radion) on the zeolite 4A has been studied.The results obtained show that the sorption of Cs^+ is independent of sodium concentration,on pH 8-10,and can be described by isotherms for ion-exchange equilibrium.

REFERENCE

1. O. Janković,P. Radovanov, Isotopenpraxis,5,11/69,420
2. J.V. Egorov i dr.,Radiohimia,8,21, 8 (1966)
3. V.=N. Ščebetovski i dr., Radiohimia, 14,4,636(1972)

S A D R Ž A J

Str.

Čanić Z.: Dvadeset godina rada Zavoda za zaštitu zdravlja grada Zagreba na zdravstvenoj zaštiti osoba koje su profesionalno izložene ionizirajućem zračenju. 1

Ćirić V., Radenković D.: Prikaz pravilnika o merama za učešće u radijaciono-kemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada(1). 15

Mitrović S.: Neka pitanja zaštite od zračenja i zaštite okoline u Jugoslaviji. 22

Mitrović S., Veljković T.: Ustavne promene i regulisanje zaštite od zračenja. 34

Cerovac H., Benčak Z., Hufnus R.: Mjerenje radnog napona dijagnostičke rendgen cijevi pomoću scintilacionog kristalnog spektrometra. 42

Cerovac H., Hufnus R., Benčak Z.: Odredjivanje filtracije dijagnostičkih rendgen cijevi. 45

Cesar D., Ferber B.: Jedanaest godina individualne filmdozimetrijske kontrole. 49

Ćirilov B., Krmpotić Dj., Savić I. i Šmelcerović M.: Stabilizacija scintilacionog mernog kompleta. . . . 56

Ćirilov B., Krmpotić Dj., Šmelcerović M. i Savić I.: Analogna kontrola radne tačke gasnog proporcionalnog brojača. 64

Str.

Fabjančič G., Križman M.: Aplikativni radio izotopi u životnoj sredini SRS. 72

Glišović D., Muždeka S., Šmelcerović M.: Priprema uzoraka kontaminiranih alfa emiterima za merenje metodom debelog uzorka. 81

Glišović D., Muždeka S., Šmelcerović M.: Detekcioni sistemi za merenje specifične alfa aktivnosti metodom debelog uzorka. 87

Hrovat I.: Analiza radioaktivnosti kamenina autoradiografijom. 95

Ignjatović S.: 15 godina kontrole doza zračenja pri RD dijagnostici.

- lična filmdozimetrija
- kontrola radijacionog polja u RD kabinetu. . . 101

Kempni K., Jakobović Z.: Prototip senzitometra za baždarenje filmova rendgenskim zračenjem. 111

Kristan J., Udovč H., Gabrovšek Z.: Dozimetrijske meritve ob reaktorju Triga. 119

Križman M., Klemenc J.: Izrada sensitometrijske krive radiografskog filma. 125

Mirić I., Mirić P., Ubović Ž.: Komparacija registrovane doze gama zračenja i neutrona pomoću dozimetra polja i pomoću ličnog dozimetrijskog sredstva. 133

Muždeka S., Danilović D., Marić T., Damljanović D.: Pouzdanost elektronske instrumentacije korišćene u zaštiti od zračenja. 141

Str.

Nikolić Ž., Ćirilov B., Šmelcerović M., Savić I.: Apsolutno merenje naelektrisanja iz poluprovodničkog detektora nuklearnog zračenja. 149

Novosel - Radović V.: Mogućnost ozračenja kod rada strukturnim rendgenom Philips Norelco. 157

Obelić B., Srdoč D., Breyer B.: Spektrometrija mekanog i ultramekanog zračenja pomoću proporcionalnog brojača. 163

Planinić J.: Višežičani proporcionalni brojač za mjerenje niskih aktivnosti tricije. 171

Prokić M.: Odredjivanje koncentracije U-238 i Th-232 u prirodnim materijalima merenjem alfa aktivnosti uzorka. 179

Prokić M.: Odredjivanje jačine doza od alfa, beta i gama zračenja nekih materijala. 186

Simić B.: Izmjena strukture medicinskih rentgen aparata i osoblja koje radi s tim aparatima u SR BiH, za period 1965-1972. 194

Šmelcerović M., Muždeka S., Bojović T., Pejušković B.: Odredjivanje parcijalnih specifičnih aktivnosti iz smeše poznatih beta emitera. 199

Šobajić M., Blagojević R.: Univerzalni monitor zračenja za merenje radijacionih polja, detekciju kontaminacije i merenje radioaktivnih uzoraka. . . . 207

Tomašević M.: Izlaganje stanovnika grada Beograda rendgenskom zračenju pri snimanju ruka. 215

Str.

Oran D.: Izboljšanje termoluminiscenčnega sistema za osebno dozimetrijo. 224

Ančik M., Kobal I., Kristan J.: Odredjivanje Rn-222 i Ra-226 u nekim termalnim vodama u Sloveniji. 231

Anovski T., Stoilovski G., Kirkov P.: Praćenje prirodne distribucije tricijuma u čovekovoj okolini. 236

Bauman A., Franić N., Baumstark M., Juras M.: Odvajanje alkalija i zemnih alkalija ionskim izmjenjivačima. 244

Brnović R.: Ekološki aspekti kontaminacije stočne hrane, mleka i životinjskih kostiju stroncijumom-90 na teritoriji SR Srbije. 246

Brnović R.: Kontaminacija biljaka stroncijumom-90 u poljskim uslovima. 254

Kobal I., Shahin M., Kristan J., Šmagačnik M.: Sorpciono-emanaciona metoda odredjivanja radijuma u vodama. 260

Markovinović I., Strohal P.: Radioaktivnost morske vode sjevernog Jadrana. 265

Mijatović Lj.: Translokacija i distribucija olova-210 u biljkama u prirodnim uslovima. 271

Mijatović Lj.: Distribucija olova-210 u životinjskim kostima. 277

Str.

Sterle M.: O radu na sistematizaciji izvora pitnih voda u SR Sloveniji. 281

Knežević Lj.: Sorpcija Co^{++} na neorganskim i organskim sorbentima. 288

Pirš M., Toplišek M.: Stabilnost vezave Cs-137 in Sr-85-89 na vzorcih tal. 293

Pirš M., Toplišek M.: Študij retencijskih lasnosti tal brežiškega polja. 299

Despotović R.: Istraživanje mehanizama dekontaminacionih procesa. 307

Gligorijević J., Stanković S., Draganović B., Zagorčić A.: Mogućnosti zaštite kokoši od alimentarne kontaminacije sa Cs-137 i smešom Sr-85 i Sr-89. 335

Kralj J., Milošević Z., Horšić E.: Ispitivanje eksterne radiokontaminacije sušenog ovčjeg mesa sa 137-Cs. 343

Kralj J., Milošević Z., Horšić E.: Ispitivanje eksterne radiokontaminacije svježeg ovčjeg loja sa 137-Cs. 349

Milivojević K., Stojanović D., Djukić Z., Živanović A.: Kinetika prodiranja radiocezijuma u organizam preko termičke opekotine kože i mogućnosti dekontaminacionog tretmana. 355

Petrović D., Djurić D.: Sorpcija gasova i čestica u visoko-ekspanzivnoj peni. 361

Str.

Petrović B., Draganović B., Žeškor B., Gačević M.: Alimentarna kontaminacija radiocesijumom-137 domaće i vodene peradi ozračene x-zracima. 388

Stojanović D., Milivojević K., Djukić Z., Živanović A.: Efikasnost spoljne dekontaminacije u uslovima postradijacione traume i kontaminacije radiocesijumom. 394

Hajduković D.: Koncentracija radona u zavisnosti od različitih radnih operacija kod eksploatacije uranskog rudnika. 400

Hajduković D.: Metodologija merenja radonovih potomaka u rudnicima urana. 406

Tudorić J., Vuletin J., Kulišić P., Radevenjić M.: O problemu minimizacije intenziteta gama zračenja primijenjenog u industriji. 414

Ćirić V.: Računanje doza naknadnih neutrona za vazdušnu nuklearnu eksploziju[1]. 420

Jeremić M., Kilibarda M., Panov D., Marković B., Savić S.: Zdravstveno stanje lica akcidentalno ozračenih visokim dozama neutronskog i gama zračenja na nultom reaktoru u Vinči, petnaest godina posle ozračenja. 434

Ninković M.: "Fantom" akcident na reaktoru Ra. . . . 442

Pejušković B., Milićević S., Nikolić O.: Neka pitanja medicinske kontrole lica profesionalno eksponiranih ionizujućem zračenju u vanrednim (ratnim) uslovima. 453

Str.

Marković B., Panov D., Kilibarda M.: Ispitivanje hromosomnih aberacija kod lica profesionalno eksponovanih X-zracima. 459

Marković B., Kilibarda M., Panov D.: Ispitivanje hromosomnih aberacija u limfocitima periferne krvi radnika eksponovanih radonu i produktima raspada. . . 465

Novak Lj., Panov D.: Odredjivanje 210-Pb u urinu, krvi i kosi radnika eksponovanih radonu i produktima raspada. 471

Petrović D., Panov D.: Telesno opterećenje Ra^{226} kod rudara u rudnicima urana. 477

Ubović Ž., Mirić I., Trajković M.: Analiza aktivacije natrijuma u fantomima sa tkivno-ekvivalentnim tečnostima. 485

Deanović Ž.: Utjecaj endogenog histamina na ishod radijacijske bolesti. 492

Dekanić D., Maljković T., Kostial K.: Utjecaj oksitetraciklina na metabolizam radioaktivnog olova. 498

Gačević M.: Utjecaj gama-zračenja (^{60}Co) na hromozomske aberacije limfocita svinja in vitro. 500

Gruden N., Stantić M., Buben M.: Utjecaj olova na transport radiostroncija kroz duodenum. 508

Jugo S., Maljković T., Kostial K.: Utjecaj kompleksona na eliminaciju radioaktivnog olova kod različitih dobnih skupina štakora. 510

Str.

Kello D., Kostial K.: Gubitak radioaktivnog olova iz kostiju pri suhom spaljivanju. 512

Maljković T., Jugo S., Kostial K.: Utjecaj dobi i spola na retenciju radioaktivnog olova u tijelu štakora. 514

Momčilović B.: Kinetika metabolizma radioaktivnog olova u različitim organima mladih i odraslih životinja. 516

Novak Lj., Panov D., Živančević S., Višnjić V.: Distribucija ^{210}Po u krvi pacova posle intratrahealne aplikacije ^{210}Po i SiO_2. 519

Stantić M., Gruden N., Buben M.: Transport radioaktivnog stroncija, olova i kalcija kroz crijevnu stijenku. 525

Višnjić V., Panov D., Kilibarda M., Leposavić M.: Utjecaj dugotrajne inhalacije radona, produkata raspada i kvarcne prašine na respiratorni sistem pacova. 527

Djordjević Z., Kolak A.: Promene u perifernoj krvi pacova zračenih mikrotalasima (2400 MH_z) u uslovima produžene ekspozicije. 535

Giser A., Miličević S.: Osnovni principi rada laserskih uredjaja i karakteristike njihovog zračenja. 550

Kurjak A., Breyer B.: Da li dijagnostički ultrazvuk može dovesti do oštećenja ploda i majke? 558

[illegible] S., Giser A.: Primena laserskog zračenja i mere zaštite. 564

[illegible] Dj., Gnjatović S.: O dosadašnjim akcidentima sa gromobranima u kojima su ugradjeni izvori jonizujućih zračenja - radioaktivnim gromobranima. . . 572

Ristić Dj., Gnjatović S.: Kontrola gromobrana sa ugradjenim izvorima jonizujućih zračenja - radioaktivnih gromobrana. 576

Tomašević M.: Izloženost medicinskih sestara jednog urološkog odeljenja X-zračenju. 579

[illegible]stić M., Škodrić S., Ćirić V.: Zaštita od nuklearnih zračenja u programu obuke iz ratnog medicinskog minimuma za lekare u SR Srbiji. 586

[illegible]vić V., Mitrović S., Radenković D., Simurina M.: Aktivnost civilne zaštite SR Srbije na zaštiti od zračenja. 594

[illegible]si K., Marinković N., Bek-Uzarov Đ., Milojević A.: Gas gain and space charge effects in the case of alfa particle detection in methane proportional counter. 604

Hadžišehović M., Močilnik I., Novković D., Burasi K., Bek-Uzarov Đ., Milojević A.: Merenje aktivnosti tritiuma. 612

Burasi K., Hadžišehović M., Novković D., Milojević A., Bek-Uzarov Đ.: Gas gain in methane tritium proportional counter. 620

Bojović P., Vidmar M.: Prilog razmatranju potreba i sadržaja rada jednog koordinacionog tela ili organa uprave zaduženog za poslove zaštite od zračenja. 628

Vuković Ž., Blagojević Lj.: Zahvat primesa pri kristalizaciji $BaSO_4$. Koprecipitacija KCl. 632

Jokić J., Marjanac A., Jokić S., Perović D., Čauševič S.: Analiza razloga i kriterija upućivanja pacijenata na rendgen dijagnostičke preglede pluća. 638

Šuvakov D.: Hematološka istraživanja promena kod ozračivanja pernate divljači sa X-zracima. 646

Jokić J., Žarković G., Marjanac A.: Procjena godišnje genetski signifikantne doze od dijagnostičke primjene rendgen aparata u SFRJ 654

Janković O.: Sorpcija radionuklida ^{137}Cs na zeolitu 4A u prisustvu deterdženta. 667