

(A szovjet delegáció beszámolója az atomenergia békés felhasználásával foglalkozó Nemzetközi Konferencián, Genf, 1955.)

Radioaktív anyagokkal és sugarakkal foglalkozók munkahigiénéje.

Írta: A. A. Letavet.

Az atomenergia békés célokra történő felhasználása során ionizáló sugárzás hatásának kitett dolgozók egészségvédelmét a Szovjetunióban a következő állami rendszabályokkal biztosítják:

1. A megengedhető legmagasabb sugárzási szint és a vízben, valamint levegőben megengedhető legmagasabb radioaktív izotóp koncentráció megállapítása.

2. A munkaidő és szabadság tartamának szabályozása.

3. Radioaktív anyagokkal és sugarakkal végzett munkák esetén kötelező higiénés szabályok kiadása.

4. A szabályok betartásának állami ellenőrzése.

5. Az érintett munkás-kategóriák egészségügyi állapotának rendszeres orvosi ellenőrzése.

1. A külső besugárzás megengedhető legmagasabb szintjének *higiénés normáit*, valamint a vízben és levegőben megengedhető legmagasabb radioaktív izotóp koncentrációt a Szovjetunió Egészségügyi Minisztériuma állapítja meg. Ezek a normák törvényerejűek valamennyi vállalatra és intézetre vonatkozóan.

a) A külső gamma sugárzásnak a Szovjetunió Eü. Minisztériuma által megállapított megengedhető legmagasabb dózisa (indifferens-dózis) 0,05 r pro die, (illetve 0,05 rep pro die, a beta-sugárzás esetében). Ez a norma megfelel az 1950. évi londoni Nemzetközi Radiológus Kongresszus javaslatának. Csak kivételes esetekben engedik meg, hogy a napi dózis helyett 0,3 r heti dózissal számoljanak, szemben az egyes országokkal (USA, Anglia stb.).

Az egyes sugárzástípusoknak a Szovjetunióban elfogadott relatív biológiai hatás-koeficienseit és az ennek megfelelő napi indifferens dózis fizikai röntgen-ekvivalensekben (rep) kifejezett értékeit a következő táblázat tartalmazza:

b) Annak a káros behatásnak megelőzésére, amely radioaktív anyagok szervezetbe való kerülése esetén léphet fel, megállapították a víz és levegő indifferens radioaktív anyag koncentrációját. Az alábbiakban táblázatban is közölt adatokat azon az alapon számították ki, hogy a napi sugárdózis nem lehet több 0,05 rem*-nél, figyelembe véve az adott izotóp fizikai sajátosságait

* rem = biológiai röntgen aequivalens.

(a radioaktív szétesés típusát, az ionizáló részecskék energiáját, a felezési időt, a vegyület oldhatóságát és diszperzitását) — valamint a biológiai faktorokat —, a radioaktív izotópok felszívódásának, eloszlásának, kiválasztódásának stb. jelentőségét.

1. táblázat.

Sugárzástípus	Relatív biológiai hatás koefficiense	A besugárzás napi indifferens dózisa fizikai röntgen equivalentekben
Gamma- és rítg-sugarak	1,0	0,05
Béta-sugárzás	1,0	0,05
Alfa-sugárzás	10,0	0,005
Hőneutronok	5,0	0,01
Gyors neutronok (20 Mev-ig)	10,0	0,005
Gyors neutronok (20 Mev. felett)	20,0	0,0025

A levegő és víz megengedhető radioaktív izotóp koncentrációjának értékei a Szovjetunióban nem nagy eltérésekkel megfelelnek a nemzetközi normáknak.

A következő táblázatban a munkahely levegőjében és nyílt víztárolók vizében megengedhető radioaktív izotóp koncentrációt találjuk. Megjegyzendő, hogy a központi vízellátás vizével és a városok lakott negyedeinek atmoszférájával szemben magasabbak a higiénés követelmények.

2. táblázat.

Elem	A megengedhető legmagasabb koncentráció curie/l-ben	
	levegő	víz
Ra ²²⁶	1,10 ⁻¹⁴	5,10 ⁻¹¹
Rn ²²²	1,10 ⁻¹¹	1,10 ⁻⁹
Sr ⁹⁰ Y ⁹⁰	1,10 ⁻¹²	1,10 ⁻⁹
J ¹³¹	5,10 ⁻¹²	5,10 ⁻⁹
Sr ⁸⁹	1,10 ⁻¹¹	1,10 ⁻⁸
Ca ⁴⁵	5,10 ⁻¹¹	5,10 ⁻⁸
Ba ¹⁴⁰ La ¹⁴⁰	5,10 ⁻¹¹	5,10 ⁻⁸
P ³²	1,10 ⁻¹⁰	1,10 ⁻⁷
Cs ¹³⁷ Ba ¹³⁷	5,10 ⁻¹⁰	5,10 ⁻⁷
Zr ⁹⁵ Nb ⁹⁵	5,10 ⁻¹⁰	5,10 ⁻⁷
Ag ¹¹⁰	5,10 ⁻¹⁰	1,10 ⁻⁶
C ¹⁴	5,10 ⁻⁹	1,10 ⁻⁶
Mn ⁵⁶	1,10 ⁻⁹	1,10 ⁻⁶
S ³⁵	5,10 ⁻⁹	1,10 ⁻⁵
Na ²⁴	5,10 ⁻⁹	1,10 ⁻⁵

2. A besugárzás nemzetközileg elfogadott megengedhető napi dózist értékelve (0,05 r, illetve rep), figyelembe veendő, hogy az kb. 100-szor magasabb, mint a természetes sugárzás leginkább valószínű értéke, amelyet 0,0004 rep/nap-nak fogadnak el.

Eppen ezért az ionizáló sugárhatásnak kitett emberek egészségéről való maximális gondoskodás szempontjából, a munkahelyek sugárszintjének további csökkentését célzó technikai berendezések mellett teljes észszerű és általános munkaidőt csökkenteni és a fizetett évi szabadság tartamát meghosszabbítani. Ezen rendszabályok jelentősége a normális egészségügyi állapot fenntartását meghatározó regenerációs folyamatok biztosításában és megjavításában rejlik.

6 órás rövidített munkanapot állapítottak meg a magreaktornál, ciklotronnál, betatronnál és más gyorsító berendezéseknél végzett valamennyi munkafolyamatra, neutronforrásokkal és azok elkészítésével kapcsolatos munkákra, ipari gamma-defektoszkópiára, mesterséges radioaktív izotópok nyílt formában való alkalmazására stb.

Gyógyintézetekben a gammatherápiás készülékek kiszolgáló személyzetének munkaideje 5 óra. A megrövidített munkaidő nem jelenti a munkabér csökkenését.

A meghosszabbított évi szabadság a fenti munkafolyamatoknál 24—30 napig terjed.

Ezeket a kedvezményeket mindazon esetekben célszerű juttatni, ha a besugárzás közepes szummáris dózisa korszerű technikai védelem mellett is meghaladja a természetes sugárzás alapértékének tízszeresét (kb. 0,005 r/nap).

3. Radioaktív termékek alkalmazásával egybekötött, leginkább elterjedt ipari, tudományos, orvosi stb. munkafolyamatokra vonatkozóan a SzU. Eü. Minisztériumának állományába tartozó Állami Eü. Felügyelőség speciális higiénés szabályokat állapít meg, amelyeknek célja a radioaktív termékek szervezetre kifejtett káros hatásának teljes megelőzése. Ilyen szabályokat állapítottak meg a

- a) radioaktív izotópokkal végzett munka;
- b) az ipari gamma-defektoszkópia;
- c) radioaktív világító vegyületekkel végzett munka esetére és
- d) eü. intézmények részére.

Ezek a szabályok részletes követelményeket tartalmaznak a radioaktív termékek őrzésére és szállítására, azon munkahelyek építésére és felszerelésére, amelyekben radioaktív izotópokkal végzett munka folyik, sugárvédelemre, a levegő tisztaságának biztosítására, a személyi profilaxis rendszabályaira stb. vonatkozóan.

A) Általános profilaktikus rendszabályok:

a) Az Állami Eü. Felügyelőség végzi az ún. megelőző eü. szemlét és a higiéniai követelményeket illetően jóváhagyja az újonnan épülő intézmények terveit.

b) A radioaktív anyagokkal foglalkozó intézmények és laboratóriumok veszélytelen munkafeltételeinek biztosításában fontos szerepet játszik a helyesen kiszámított gamma- és neutron-sugárvédelem. Ebből a célból a SzU-ban „Univerzális táblázatok a gamma-sugárvédelem kiszámítására” című táblázatokat szerkesztettek széles gamma-sugárnyaláb gyengülési teóriájának megfelelően a legfontosabb építő anyagokra vonatkozóan.

Széles párhuzamos sugárnyaláb intenzitásának esőkenése ólomban ($\rho = 11,34 \text{ gr/cm}^3$).

Gyengülési hányados		A gamma-sugárzás energiája Mev-ben																
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0
1,5	0,5	1	1,5	2	2	3	4	6	7	8	11	12	13	12	10	9	9	9
2	1	2	3	4	5	7	8,5	10	11	13	17	20	21	20	16	15	14	14
5	2	4	6	9	11	15	19	22	25	28	38	43	46	45	38	33	30	30
8	2	5	8	11	15	19	23	28	32	35	48	55	59	58	50	43	38	38
10	3	5,5	9	13	16	21	26	30	35	38	51	59	65	64	55	49	42	42
20	3	6	11	15	20	26	32	38	44	49	66	76	83	82	71	63	56	56
30	3,5	7	11,5	17	23	30	36	43	50	55	73	85	93	92	80	72	63	63
40	4	8	13	18	24	31	38	45	52	58	78	91	100	99	87	78	68	68
50	4	8,5	14	19	26	32	39	46	53	60	82	96	106	110	92	83	73	73
60	4,5	9	14,5	20	27	34	42	49	56	63	86	101	110	109	97	87	77	77
80	4,5	10	15,5	21	28	37	45	53	60	67	92	107	117	116	104	94	82	82
100	5	10	16	23	30	38	47	55	63	70	96	113	122	121	109	99	87	87
200	6	12,5	19	26	34	44	53	63	72	80	111	129	140	138	126	114	102	102
500	6,5	14	22	31	40	51	61	72	82	92	129	150	163	161	149	133	119	119
1000	7	15	24	33	44	57	69	81	92	102	141	165	180	178	165	151	133	133
2000	8,5	17	27	38	50	63	76	88	100	111	154	179	197	195	181	166	148	148
5000	9	19	30	42	55	70	85	99	112	124	170	198	219	217	203	185	166	166
8000	10	20	31,5	44	57	73	90	104	118	130	180	208	230	229	215	196	175	175
10^4	10,5	21	33	46	59	75	91	106	120	133	183	213	235	234	220	201	180	180
$2 \cdot 10^4$	11	22	35	48	63	80	97	113	128	142	195	213	227	251	250	236	217	217
$5 \cdot 10^4$	11,5	23	37	52	69	87	105	123	140	156	214	247	273	272	258	237	215	215
$1 \cdot 10^5$	11,5	24	38	54	72	92	111	130	148	165	227	262	289	289	275	253	229	229

 ρ = az ólom sűrűsége

K megadja, hányszor csökken a beeső sugárnyaláb intenzitása az adott vastagságú ólomlemezen történő áthaladás során.

Például szolgál a gamma-sugárvédelem kiszámítására a következő táblázat, amely a kívánt gyengítéshez (K) szükséges ólomlemez vastagságát (x) tartalmazza milliméterben 0,1—10 Mev energiatartományban. (3. táblázat.)

Ferde sugarakra vonatkozóan, ha pl. a sugárforrás elnyújtott, korrekciót kell végezni. Ilyen esetben a kapott korrekció (Δx_0) értékét kivonjuk az x -ből.

$$\Delta x_0 = \frac{d_0}{\mu_0} - \varepsilon d_0$$

ε a 4. sz. táblázatból, d_0 pedig az 5. sz. táblázatból megállapítható.

Pl. ha a kívánt gyengítés százszoros ($K=100$), $E\gamma=1\text{Mev}$, $\varepsilon=12,6$, $\varphi = 60^\circ$, $d_0=1,0$. Ebben az esetben a szükséges ólomlemez vastagsága

$$\begin{aligned} x &= 70,0 \\ \Delta x_0 &= -12,6 \\ \hline &57,4 \text{ m/m} \end{aligned}$$

A védelem még gyorsabb kiszámítása céljából a különböző izotópokra vonatkozóan alkalmas nomogramokat is szerkesztettek.

4. sz. táblázat.

A gamma-sugarak energiája	ε
0,1 Mev.	0,17
0,2 „	0,85
0,3 „	2,10
0,4 „	3,98
0,5 „	5,80
0,6 „	7,30
0,7 „	8,90
0,8 „	10,1
0,9 „	11,6
1,0 „	12,6
1,5 „	17,3
2,0 „	19,6
3,0 „	21,8
4,0 „	21,2
5,0 „	19,6
8,0 „	18,2
10,0 „	16,7

c) A levegő tisztaságának biztosítására különleges manipulátorokkal felszerelt hermetikus berendezések és ventilátorok szolgálnak. A hermetikus boxokban 5—50 víz mm légritkítást hoznak létre. Nem nagy mennyiségű radioaktív anyaggal lehet egyszerű, nem hermetikus kémiai fülkékben is dolgozni, de ebben az esetben biztosítani kell a megfelelő légcserét 1—2 m/sec sebességű légáramlással.

A d_0 értékei:

Gyengülési koeficiens	A sugárforrás láthatósági foka = ψ					
	15°	30°	45°	60°	75°	90°
K.						
1,5	0,012	0,03	0,06	0,10	0,17	0,27
2	0,016	0,05	0,11	0,18	0,29	0,42
5	0,036	0,11	0,24	0,41	0,62	0,80
8	0,050	0,14	0,30	0,50	0,75	0,95
10	0,057	0,15	0,33	0,55	0,80	1,02
20	0,071	0,20	0,44	0,70	0,99	1,23
30	0,083	0,23	0,49	0,79	1,08	1,31
40	0,092	0,24	0,52	0,83	1,13	1,37
50	0,096	0,25	0,54	0,87	1,17	1,42
60	0,105	0,27	0,57	0,91	1,22	1,47
80	0,114	0,28	0,60	0,97	1,28	1,52
100	0,118	0,29	0,63	1,00	1,32	1,56
200	0,128	0,34	0,71	1,10	1,43	1,68
500	0,162	0,41	0,82	1,25	1,56	1,82
1000	0,176	0,45	0,89	1,32	1,66	1,92
2000	0,186	0,48	0,94	1,39	1,72	1,99
5000	0,215	0,54	1,04	1,49	1,83	2,10
8000	0,231	0,58	1,09	1,55	1,89	2,17
10^4	0,240	0,59	1,10	1,57	1,91	2,19
$2 \cdot 10^4$	0,254	0,61	1,15	1,62	1,97	2,26
$5 \cdot 10^4$	0,266	0,66	1,23	1,71	2,06	2,34
10^5	0,279	0,69	1,28	1,76	2,12	2,40

Megjegyzés:

ψ = a sugárforrás látószögének fele:

Az atmoszféra védelme céljából a ventilációs rendszerekkel eltávolításra kerülő levegőt különböző száraz és nedves szűrőkkel előzetesen megtisztítják és csöveken át az atmoszféra magasabb rétegeibe vezetik.

B) *Individuális védelmi intézkedések:*

a) Radioaktív anyagokkal végzett munkához speciális védőruhákat adnak (overallok, köpenyek, kesztyűk, kötények, speciális pneumatikus ruhák, respirátorok stb.).

Kismennyiségű radioaktív anyagok esetében maximálisan sima felszínű szövetvédőruhát használnak gumikesztyűvel.

Nagymennyiségű radioaktív anyagoknál erre még műanyagból készült speciális védőruhát öltenek. Ezek a műanyagruhák teljes hermetizációt biztosítanak és jól dezaktiválhatók akár savakkal, akár lúgokkal.

A levegő jelentős szennyeződése esetén használt speciális pneumatikus védőruházat 3 részből áll:

1. Feji rész — organikus üvegből készült könnyű, átlátszó szkafander, mely a légzőszerveket teljesen izolálja a radioaktív anyagokat tartalmazó környező levegőtől, nem korlátozza a látóteret, nem nyomja a fejet és nem izgatja az arc bőrét (szemben a különböző gázálcokkal, és respirátorokkal). A légcseré biztosítja a normális termoregulációt párolgás útján.

2. Speciális konstrukciójú műanyag overall, mely a testfelszíneket tökéletesen védi a radioaktív szennyeződéstől és a kívülről rákerült radioaktív anyagok könnyen desorbeálhatók.

3. Levegőszolgáltató rész — csövek és nyomóventillátor (hordozható vagy stacioner). A legkellőmesebb munkakörülmény biztosítására 150—200 liter/perc levegő szükséges. Eközben a dolgozó nem érzi a párolgás útján történő hőleadás semmilyen zavarát s ugyanakkor a bevezetett levegőmennyiség nem fújja fel túlságosan a munkaruhát. Az adott levegőmennyiség tökéletesen elegendő bizonyos túlnyomás (25—30 víz mm) fenntartására is, ami megakadályozza radioaktív anyagokkal szennyezett levegő behatolását.

Az elvégzett vizsgálatok szerint ezen pneumatikus munkaruhában teljesen kellemes mikroklimát lehet teremteni, ami hosszú tartózkodást biztosít szennyezett levegőben a dolgozó közérzetének romlása nélkül.

b) A dolgozó és a radioaktív anyag közötti távolság növelése céljából különböző csipeszeket, fogókat és egyéb manipulátorokat használnak, amelyek nagymennyiségű anyag esetében egész bonyolult készülékek is lehetnek. A reaktorok irányítása teljesen automatikusan történik.

c) A radioaktív anyagokat felhasználó intézményekben dozimetriás kontrollokat végeznek, ami lehet akár a munkaviszony általános kontrollja (hordozható és stacioner dózismérő készülékkel), akár az egyes dolgozók által bizonyos munkaidő alatt kapott integrál-dózis individuális kontrollja (fotolemezek, ill. zseb-elektrométerek segítségével).

Nagyobb üzemekben, illetve a legveszélyesebb munkafolyamatok során ezt a kontrollt speciális dozimetriás szolgálat valósítja meg, amely ellenőrzi:

1. a gamma-sugárintenzitást;
2. a levegő aktív gáz-, illetve aerosol-szennyezettségét;
3. a munkahely, ruházat, testfelszín szennyezettségét,
4. víztároló és csatornavíz szennyezettségét.

*

4. A munkahigiénés szabályok teljesítését és a megállapított normák betartását az Állami Iparegészségügyi Szemlebizottság ellenőrzi. A szabályok és normák be nem tartása esetén joga van:

- a) az intézmény vezetőjére pénzbírságot róni;
- b) a megfelelő osztályt, illetve laboratóriumot lezáratni;
- c) súlyos szabálysértések esetén bírói felelősségrevonást is elrendelhet.

5. Végül nagy jelentősége van a sugárhatásnak kitett dolgozók *eu. állapota dinamikus észlelésének* is.

a) Az orvosi ellátás rendszerének fontos része a kötelező periódikus orvosi vizsgálat, a munkahely jellegétől függően minden 6—12 hónapban. A periódikus orvosi vizsgálatot végző *eu. intézetekben* különleges nyilvántartást vezetnek a radioaktív anyagokkal dolgozókról. Minden esetben kivétel nélkül elvégzik a vér teljes klinikai analízisét és neurológiai vizsgálatot. Ezeket a vizsgálatokat szakorvosi bizottságok folytatják le, amelyekben belgyógyász, neurológus, szükség esetén gynecológus, dermatológus és ophthalmológus vesz részt.

b) Korai prophylaxis céljából ún. prophylaktikumokat vesznek igénybe (kb. megfelel a mi éjjeli-szanatóriumainknak), ahol a dolgozó munkaidő után tartózkodik és 2—4 hétig teljesen ingyenesen kezelik (diéta, fizikoterápia, gyógyszerek stb.).

A radioaktív anyagokkal dolgozók meghosszabbított évi szabadságukat lehetőleg szanatóriumban vagy üdülőben töltik, ahol 70% fizetési kedvezményt kapnak.

c) Az ionizáló sugárzás munkahigiénéjének kérdéseivel a tudományos kutató intézetek széles köre foglalkozik. Munkájukat a SzU. Orvostudományi Akadémiája tervezi és irányítja.

A rendelkezésre álló elég jelentős mennyiségű tapasztalati adat alapján megállapítható, hogy a prophylaktikus rendszabályok Szovjetunióban alkalmazott rendszere megnyugtató módon biztosítja az atomenergia békés célokra való felhasználásával foglalkozó dolgozók egészségvédelmét.

Ref.: Sztanyik László dr. orvosszázados