

Mövzu: Ətraf mühit obyektlərinin- suyun və yeyinti məhsullarının radioaktivliyinin təyini üsulları. İonlaşdırıcı şüalardan müdafiənin hesablanması. İstifadə olunan cihazlar.

RADİASIYA GİGIYENASI

Radiasiya gigiyenası – xarici mühitin radioaktiv çirklənməsini, bu çirklənmələrin yayılma qanunauyğunluqlarını, ionlaşdırıcı şüaların növlərini, insan orqanizminə təsir xüsusiyyətlərini, törətdiyi ağırlaşmaları öyrənən və sağlamlığın mühafizəsi üçün tədbirlər hazırlayan elmdir. İonlaşdırıcı şüaların yaranması isə bilavasitə radioaktivlik hadisəsi ilə bağlıdır. Radioaktivlik – müəyyən elementin atom nüvələrinin öz-özünə ionlaşdırıcı şüalar buraxmaqla digərinə çevrilməsi hadisəsinə deyilir. Radioaktiv izotoplar xarici və daxili şüalanma mənbəyi kimi müxtəlif dozalarda orqanizmə təsir göstərə bilər. Xarici şüalanma dedikdə, orqanizmdən xaricdə olan şüa mənbələrinin orqanizmə təsiri nəzərdə tutulur. Radionuklidlərin tozlarının havadan tənəffüs vasitəsilə, çirklənmiş əllər vasitəsilə, su və ya yeyinti məhsulları ilə ağız boşluğundan və ya zədələnmiş dəri səthindən orqanizmə daxil olması nəticəsində baş verən şüalanma orqanizmin daxili şüalanması adlanır. Buradan aydın olur ki, orqanizmin ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə məruz qalması əsasən xarici mühit obyektlərinin (hava, su, torpaq, qida məhsulları) radioaktiv maddələrlə çirklənməsi zamanı mümkündür. Bu təsir radioaktiv parçalanma zamanı əmələ gələn şüalanmanın növündən, şüalanmanın dozasından, təsir müddətindən və s. amillərdən asılı olaraq orqanizmdə kəskin və xroniki şüa xəstəliyi törədə bilər, onun immunobioloji reaktivliyini zəiflətməklə müxtəlif xəstəliklərə qarşı müqavimətini azalda bilər.

Ətraf mühit obyektlərində bəzən ionlaşdırıcı radiasiyanın səviyyəsinin və radionuklidlərin konsentrasiyasının icazə həddi səviyyəsində olduğu halda belə, onlar digər əlverişsiz amillərlə kompleks halda insanların sağlamlığına mənfi təsir göstərir. Odur ki, xarici mühit obyektlərində daim planlı şəkildə və fəvqəladə radiometrik və radiokimyəvi müayinələrin aparılması zərurəti meydana çıxır.

Hazırda xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində ionlaşdırıcı şüa mənbələrindən istifadə olunması bilavasitə iş yerlərində, şüa mənbəyi yerləşən otaqlarda və ətraf mühit obyektlərində şüalanmanın intensivliyini qiymətləndirməyi tələb edir. Bu məqsədlə müxtəlif iş prinsipinə malik stasionar və səyyari radiometrlər, rentgenometrlər və dozimetrlərdən istifadə olunur.

Bilavasitə şüalanmanın dozasını təyin etməklə yanaşı nöqtəvari mənbədən müxtəlif məsafələrdə hesablama yolu ilə də şüalanmanın dozasını təyin etmək və müvafiq müdafiə tədbirləri hazırlamaq mümkündür. İşçi kontingentinin ionlaşdırıcı şüalardan müdafiəsini etibarlı şəkildə təşkil etmək üçün müdafiə ekranı materiallarının seçilməsi, onların birinin digəri ilə necə əvəz edilməsi də materialın fiziki parametrlərindən asılı olaraq hesablama vasitəsilə təyin olunur. Cihazlarla işləyən və hesablama aparılan zaman buraxılmış cüzi səhvlər ağır nəticələrə səbəb ola bilər. Ona görə də

ətraf mühit obyektlərinin radioaktivliyinin və xarici şüalanmanın səviyyəsinin qiymətləndirilməsi bütün ixtisasdan olan tibb işçilərinin işinin ayrılmaz tərkib hissəsidir.

QIDA MƏHSULLARININ, SUYUN, TORPAĞIN VƏ HAVANIN RADİOAKTİVLİYİNİN GİGİYENİK ƏHƏMİYYƏTİ VƏ TƏYİNİ ÜSULLARI

Orqanizmə radioaktiv maddələr xarici mühitdən əsasən içməli su, hava və qida məhsulları ilə daxil olur. Orqanizmə daxil olmuş radionuklidlər müxtəlif orqan və toxumalara yayılaraq ionlaşdırıcı (daxili şüalanma mənbəyi kimi) və radiotoksiki təsir göstərir. Radionuklidlərin orqanizmdən xaric olması həmin maddənin suda həllolma qabiliyyətindən və yarımparçalanma dövründən asılı olaraq müxtəlif müddətdə başa çatır. Suda zəif həll olan və uzunömürlü radionuklidlər daxili şüalanma mənbəyi kimi daha böyük təhlükə yaradır.

İonlaşdırıcı radiasiyanın təsirindən orqan və toxumalarda mürəkkəb funksional və morfoloji dəyişikliklər gedir. Həmin şüaların təsirindən orqan və toxumaların tərkibində olan su molekulları parçalanaraq yüksək oksidləşdiricilik qabiliyyətinə malik olan sərbəst atom və radikallar əmələ gətirir. Suyun radioliz məhsulları hesabına müxtəlif bioloji strukturlarda destruktiv dəyişikliklər, həmçinin həmin orqanizm üçün xarakterik olmayan birləşmələr əmələ gəlir. Su, hava, qida məhsulları ilə orqanizmə daxil olmuş radionuklidlər böhran (radiasiyaya həssas) üzvlərdə toplanaraq xroniki şüa xəstəliyi yarada bilər.

Qida məhsullarının radioaktivliyinin təyini. Qida məhsullarının radioaktivliyi həm təbii, həm də suni radioaktiv izotoplarla çirklənmə hesabına yaranı bilər. Bu məhsulların təbii radionuklidlərlə çirklənməsi əsasən onun tərkibində xarici mühitdən daxil olmuş təbii radioizotoplar (^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{14}C və s.) hesabına yaranır. Ancaq hazırda atom sınaqları, atom enerjisindən istifadə və qəza hadisələri zamanı xarici mühit süni radioaktiv izotoplarla çirkləndiyi üçün qida məhsullarında da bir sıra uzunömürlü süni radionuklidlərə (^{90}Sr , ^{137}Cs və s.) rast gəlinir.

Qida məhsullarının radioaktivliyi onların növündən, heyvanların saxlanması və bitkilərin əkilmə yerindən asılı olaraq müxtəlif ola bilər. Bəzi izotoplar (^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{131}I və s.) ayrı-ayrı üzvlərdə toplanma qabiliyyətinə malikdir. Odur ki, eyni bir heyvanın müxtəlif üzvləri müxtəlif aktivliyə malik ola bilər.

Radionuklidlər ərzaq məhsullarını bilavasitə çirkləndirdiyi kimi dolayı yolla da onun tərkibinə daxil ola bilər. Belə ki, suya və havaya qarışmış radioaktiv maddələr bitkilərə, sonra da heyvani məhsullara və nəhayət qida ilə insan orqanizminə keçir. Qida məhsullarına süni radioaktiv izotoplar torpaqdan da keçə bilər. Bu yolla kökümeyvəli bitkilərin daha çox çirklənmə təhlükəsi vardır.

Öyrənilmişdir ki, ^{90}Sr izotopu ilə ərzaq məhsullarının torpaqdan çirklənmə əmsalı 0,1, havadan çirklənmə əmsalı isə 1,8-dir. Çörək məmulatının ^{137}Cs izotopu ilə torpaqdan çirklənmə əmsalı 0,23, havadan çirklənmə əmsalı isə 13-dür. Xüsusən, qəza hadisələri zamanı ilk dövrdə radionuklidlərin ərzaq məhsullarına havadan keçmə əmsalı torpaqdan keçmə əmsalına nisbətən yüksək olur. Sonralar isə bu göstəricilər əksinə dəyişir. Məsələn, 1962-1964-cü illərdə Cənubi Uralda qida məhsullarına ^{90}Sr izotopunun torpaqdan keçmə əmsalı 2% olduğu halda, 1966-cı ildə 10% olmuşdur. Keçmiş SSRİ-də 1963-cü ildən 1975-ci ilədək ^{90}Sr izotopunun torpaqdan südə miqrasiyası əmsalı 11%-dən 63%-ə qədər; kartofda 5%-dən 93%-ə qədər; ^{137}Cs isə müvafiq surətdə süddə 2%-dən 22%-ə qədər, kartofda isə 9%-dən 62%-ə qədər artmışdır.

Qida məhsullarının çirklənməsinə şübhə olduqda, nümunə götürülməzdən əvvəl məhsul partiyasının bir neçə nöqtəsində SRP-68-01 cihazı (radiometri) ilə ölçü aparmaq lazımdır. Əgər məhsulun radioaktivliyi müxtəlif nöqtələrdə iki dəfədən çox fərqlənərsə, onda məhsul partiyası gamma fonun səviyyəsinə görə üç çeşidə (yüksək, orta və az çirklənmiş) ayrılır və hər birindən ayrıca nümunə götürülür. Dənəvər və üyüdülmüş məhsullardan nümunə həm səthdən, həm də kisenin daxilindən, ət məhsullarından – əzələ və sümük hissəsindən, balıq məhsullarından – hissələrlə, onurğa və baş hissələri də daxil olmaqla, duru konsistensiyalı məhsullar (süd və s.) yaxşı qarışdırıldıqdan sonra götürülür. Radiometrik və radiokimyəvi müayinələr üçün qida məhsullarından 1-2 kq nümunə götürülür.

Hazırda ərzaq məhsullarının radioaktivliyinin qiymətləndirilməsində «Beta» radiometrlərdən istifadə edilir. Bu radiometrlərlə təkcə ərzaq məhsullarının yox, həm də suyun və torpağın beta-aktivliyini $5 \cdot 10^{-9}$ - $1 \cdot 10^{-6}$ Ky/kq (Ky/l) diapazonda ölçmək olur. Müayinələr 1san, 10san, 100san, 500san, 1000san və 2000san müddətində aparıla bilər. Ölçü müddətlərinin müxtəlif olmasına baxmayaraq hesablamalar bir saniyədəki impulsların sayına əsasən aparılır. Müvafiq vaxta tənzimlənmiş ölçü müddəti qurtardıqdan sonra radiometr səs signalı verir və hesablayıcı həmin müddət ərzindəki impulsların sayını göstərir. Cihaz stasionar tipli olub $10-35^{\circ}\text{C}$ -də fasiləsiz olaraq 8 saat işləyir.

Radometrin işçi vəziyyətə gətirilməsi

1. Radiometr işıqlı və normal temperaturlu otaqda yerləşdirilməlidir.
2. Radiometrin bütün hissələri bir işçi stolu üzərində olmalıdır.
3. Qurğuşun evcikle hesablayıcı arasındakı məsafə 1 m-dən çox olmamalıdır.
4. Radiometrin küvetləri qida məhsulu ilə doldurulmazdan əvvəl və müayinə qurtardıqdan sonra təmiz yuyulmalıdır.
5. Cihazı elektrik şəbəkəsinə qoşduqdan sonra indikator blokunda olan hərəkətli işəsalma dəstəyi «qidalanma» göstəricisi üzərinə gətirilir. Bu zaman hesablayıcıda rəqəmlərin görünməsi qidalanma (şəbəkədə) gərginliyinin normal olduğunu göstərir. Sonra hesablayıcı üçüncü iş rejiminə

(100 san müddətində impulsların sayı ölçülür) tənzimlənir. Bu vəziyyətdə təxminən 10 dəq. gözlədikdən sonra müayinələr aparılır.

Nümunənin hazırlanması və radioaktivliyinin təyini.

Ərzaq məhsullarının radioaktivliyini «Beta» radiometrə təyin etmək üçün nümunənin əlavə işlənməsinə ehtiyac yoxdur. Nümunənin radioaktivliyi ölçülməzdən əvvəl cihazın işə yararlılığı və dəqiqliyi təyin olunur. Bunun üçün nümunədən əvvəl distillə edilmiş suyun aktivliyi ölçülməklə fon təyin edilir. Fonun dəqiq təyin edilməsi üçün küvetə tökülmüş distillə edilmiş suyun aktivliyi bir neçə dəfə (3-4 dəfə) eyni vaxt müddətində (məsələn, hər 100 sən-dən bir) ölçülüb, orta göstərici aşağıdakı düsturla imp/san ilə təyin edilir.

$$\bar{N}_F = \frac{\sum_i^n N_{Fi}}{n};$$

burada:

\bar{N} - təbii fonun verdiyi impulsların orta sayı, imp/san (san^{-1});

\bar{N}_{Fi} -i dəfəki müayinə zamanı fonun verdiyi impulsların sayı, imp/san (san^{-1});

n – müayinələrin sayı.

Sonra qurğusunun evcikdən su ilə dolu küveti götürüb, yerinə ərzaq doldurulmuş küvet qoyulur. Ərzaqlar maye, toz və ya dənəvər olduqda orta nümunədən küvet doldurulur. Ət, meyvə, tərəvəz və s. olduqda isə nümunə xırdalanıb küvetə şpatel vasitəsilə doldurulur və cihazın qurğusunun evciyinə yerləşdirilir. Nümunənin radioaktivliyinin ölçülməsi də suda olduğu kimi aparılır və impulsların orta qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\bar{N} = \frac{\sum_i^n \bar{N}_i}{n};$$

burada:

\bar{N} - müayinə olunan preparatın fonla birlikdə verdiyi impulsların orta sayı, imp/san (san^{-1});

\bar{N}_i -i dəfəki müayinə zamanı preparatın fonla birlikdə verdiyi impulsların sayı, imp/san (san^{-1});

n – müayinələrin sayı.

Fonun və müayinə olunan materialın verdiyi impulsların sayının orta qiymətinə əsasən həmin ərzaq məhsulunun vahid həcminə və ya çəkisinə düşən beta-aktivlik aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$g = \frac{\bar{N} - \bar{N}_F}{S^P};$$

burada:

g – vahid həcmə və ya çəkiyə düşən beta-aktivlikdir; vahidləri Bk/kq (Ki/kq) və ya Bk/l (Ki/l);

\bar{N} - preparatın fonla birlikdə verdiyi impulsların orta qiyməti, imp/san (san^{-1});

\bar{N}_F - fonun verdiyi impulsların orta qiyməti, imp/san (san^{-1});

S^P – müayinə olunan məhsul üçün radiometrin həssaslığı (müxtəlif məhsullar üçün radiometrin həssaslığı ayrıca göstərilmişdir, cədvəl 49).

Müayinələrdən alınmış nəticələr respublika üçün qəbul olunmuş müvafiq normalarla (cədvəl 50) müqayisə olunur.

Hesablamaya nümunə.

Radioloji laboratoriyaya gətirilmiş 1 kq quru çay nümunəsində β -aktivliyi təyin etmək lazımdır.

Cihazın fonunun təyini üçün beş dəfə müayinə aparılmışdır. Fonun orta qiymətinin $\bar{N}_F = 1,514$ imp/san olduğu tapılmışdır.

Sonra eyni yolla çay nümunəsi müayinə edilmiş və orta göstərici $N=2,114$ imp/san olmuşdur.

Müayinə edilən qida məhsuluna (çay) görə cihazın həssaslığının $5,2 \cdot 10^{-4}$ kq·san⁻¹ Bk⁻¹ olduğu xüsusi cədvəldən (cədvəl 49) tapılır və aşağıdakı düstur vasitəsilə β -radioaktivlik hesablanır:

$$g = \frac{2,114 - 1,514c^{-1}}{5,2 \cdot 10^{-4} \text{ kq} \cdot c^{-1} \text{ Bk}^{-1}} = 1,154 \cdot 10^3 = 1154 \text{ Bk/kq.}$$

Cədvəl 49

Müxtəlif növ ərzaq məhsullarının β -aktivliyinin ölçülməsi zamanı radiometrin həssaslığı

Nümunənin növü	$I(\text{kq}) \cdot \text{san}^{-1} \cdot \text{Bk}^{-1}$ ($I(\text{kq}) \cdot \text{san}^{-1} \cdot K_i^{-1}$)	
	KRVP-ZAB cihazı	RKBÇ-1 eM BDJB-07 bloku ilə birlikdə
Ət və ət məhsulları, süd və süh məhsulları, balıq, quş əti, un, çörək, yumurta tozu, kökümeyvələri, paxlalılar, şirələr, şəkər	$3,2 \cdot 10^{-4}$ ($1,2 \cdot 10^7$)	$2,5 \cdot 10^{-5}$ ($0,9 \cdot 10^6$)
Meyvələr, giləmeyvələr, tərəvəzlər, bitkilər, göy-göyerti, yarma məhsulları, quru dərman otları, quru ot, qarışıq yemlər, göbələklər, çay, taxıl	$5,2 \cdot 10^{-4}$ ($1,9 \cdot 10^7$)	$3,1 \cdot 10^{-5}$ ($1,2 \cdot 10^6$)

İçməli su (su kəməri və quyu suları)	$3,2 \times 10^{-4}$ ($1,2 \times 10^7$)	$2,5 \times 10^{-5}$ ($0,9 \times 10^6$)
Çay suları, göl, nohur və s. lil və torpaq hissəcikləri ilə birlikdə	$11,6 \times 10^{-4}$ ($4,3 \times 10^7$)	$4,9 \times 10^{-5}$ ($1,8 \times 10^6$)

Deməli, gətirilmiş çay nümunəsinin β -aktivliyi 1154 Bk/kq-dır. Bu miqdar icazə həddi norması (1480 Bk/kq) daxilindədir (cədvəl 50).

Cədvəl 50

İçməli suda, ərzaq məhsullarında və dərman bitkilərində ^{137}Cs -nin radionuklidinin müvəqqəti icazə həddi konsentrasiyası

No	Məhsulun adı	Bk/l; Bk/kq	Ki/l; Ki/kq
1	2	3	4
1	İçməli su	7,4	$2 \cdot 10^{-10}$
2	Süd və süd məhsulları (qaymaq, şor, kəsmik)	148	$4 \cdot 10^{-9}$
3	Kərə yağı	296	$8 \cdot 10^{-9}$
4	Qatılaştırılmış və zənginləşdirilmiş süd	370	$1 \cdot 10^{-8}$
5	Quru süd	740	$2 \cdot 10^{-8}$

1	2	3	4
6	Ət (donuz, mal, qoyun), quş əti və balıq, ət və balıq məhsulları	555	$1,5 \cdot 10^{-8}$
7	Yumurta	370	$1 \cdot 10^{-8}$
8	Bitki və heyvani mənşəli yağlar, marqarin	185	$5 \cdot 10^{-9}$
9	Kökümeyvəli, kartof	600	$1,6 \cdot 10^{-8}$
10	Süfrə göyərti	481	$1,3 \cdot 10^{-8}$
11	Tərəvəzlər, bağ meyvələri	185	$5 \cdot 10^{-9}$
12	Tərəvəz konservləri, giləmeyvələr, bal	185	$5 \cdot 10^{-9}$
13	Çörək və çörək məhsulları, yarma, un	296	$8 \cdot 10^{-9}$
14	Uşaq qidaları (hazır şəkildə qəbul olunan bütün növ qidalar)	37	$1 \cdot 10^{-9}$
15	Meyvə qurusu	600	$1,6 \cdot 10^{-8}$
16	Quru çay	1480	$4 \cdot 10^{-8}$

17	Dərman bitkiləri	7400	$2 \cdot 10^{-7}$
----	------------------	------	-------------------

Suyun radioaktivliyinin təyini

Radioaktiv maddələr açıq və qapalı su mənbələrinə torpaqdan və dağ suxurlarından, radioaktiv çöküntülərlə havadan və ya radioaktiv çirkab suları su mənbələrinə buraxıldıqda qarışa bilər. Suyun radioaktivliyi təbii və süni radioaktiv izotopların hesabına olur. Təbii radioaktiv maddələrdən suda kalium, uran, radium, torium və s. duzları olur. Süni radioaktiv izotoplardan isə suda hazırda atom-nüvə sınaqları nəticəsində xarici mühitə yayılmış ^{90}Sr , ^{90}Y və ^{137}Cs təsadüf edilir. Su mənbələrinə radioaktiv tullantılar axındıqda suda bir çox başqa izotoplara da təsadüf olunur.

Suyun radioaktivliyi təyin olunarkən su canlıları (balıq, plankton, bentos və s.), dib çöküntüləri də müayinə olunmalıdır, çünki bunlar özündə sudan yüz və min dəfələrlə çox radioaktiv maddələri toplamaq qabiliyyətinə malikdir.

Suyun radioaktivliyinin qiymətləndirilməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1. Su mənbələrinin sanitariya-topoqrafik müayinəsi.
2. Su mənbələrində radiometrik müayinə.
3. Su, plankton, bentos və dib çöküntüləri nümunəsinin götürülməsi.
4. Laboratoriyada götürülmüş nümunələrin radiometrik və radiokimyəvi analizi.

Sanitariya-topoqrafik müayinə zamanı su mənbəyinin çirklənmə şəraiti öyrənilir.

Su mənbələrində radiometrik ölçülər «Briz», «Desna», «SRP-68-01» və digər səyyar radiometrlərlə aparılır. Bu, ancaq suyun radioaktiv maddələrdə çirklənməsi və onların su mənbələrində yayılmasının vəziyyəti haqqında təxmini məlumat verir.

Su nümunəsi axar su mənbəyinə radioaktiv çirkli sular axındığı yerdən yuxarı və axın istiqamətində 0,25; 0,5; 1,0 km və s. məsafələrdən müxtəlif dərinlikdən götürülür.

Radiometrik müayinə üçün 0,5-1,0 l, radiokimyəvi müayinə üçün isə 5 l-dən az olmayaraq su nümunəsi götürülməlidir. Su nümunəsi təmiz yuyulmuş şüşə və ya polietilen qablara götürülür. Nümunə şüşə qabda götürülsə, onda radioaktiv maddələrin şüşə qabın divarında adsorbsiya olunmasının qarşısını almaq üçün suyun reaksiyasını turş mühitə keçirirlər. Bunun üçün suya bir neçə damla metiloranj əlavə edib, üzərinə açıq çəhrayı rəng alınana qədər damla-damla qatı HCl və ya HNO_3 əlavə edirlər.

Laboratoriyada su nümunələrinin, dib çöküntülərinin və su canlılarının ümumi β -aktivliyi suyun quru qalığında təyin edərkən, suyun qalığı $105-110^\circ\text{C}$ temperaturda quruducu şkafda qurudulur. Kül qalığında təyin edərkən suyun quru qalığı mufel sobasında 400°C -də yandırılır, sonra quru və ya kül qalığının çəkisi təyin edilir. Həmin materialdan 200-300 mq götürüb radiometrik cihazda verdiyi impulsların miqdarı ölçülür. Alınan nəticəyə görə suyun β -aktivliyi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A_{\beta} = \frac{n_o \cdot x}{a \cdot S_{eff} \cdot 60} \text{ Bk/l};$$

burada:

A_{β} – suyun ümumi β -aktivliyi Bk/l ilə;

n_o – götürülən quru və ya kül qalığının verdiyi impulsların dəqiqədə miqdarı (fonsuz);

X – 1 / suyun quru və ya kül qalığının çəkisi (mq-la);

a – müayinə üçün götürülən quru və ya kül qalığının çəkisi (mq-la);

S_{eff} – effektivlik əmsalı (etalonla təyin olunur);

60 – Bekkerelə keçmək üçün əmsal.

Laboratoriyada dib çöküntüləri və su canlıları nümunəsindən 10 q götürülür, qurudulur, yandırılır və mufel sobasında 400°C-də külü əldə edilir. Eksikatora soyudulur, çəkisi təyin olunur. Sonra küldən 200-300 mq götürülüb radiometrik cihazda verdiyi impulsların miqdarı ölçülüb, aktivlik 1 kq çəki üçün hesablanır.

Torpağın radioaktivliyinin təyini. Təbii radioaktiv izotopların və radioaktiv ailəyə daxil olan elementlərin (uran, radium, torium, kalium, fosfor və s.) əksəriyyəti torpaqda olur. Vulkan mənşəli süxurlar (uran, radium, torium ailələri izotopları hesabına) yüksək təbii radioaktivliyə malik olur. Torpağın süni radioaktiv izotoplarla çirklənməsi onların havadan çökməsi və ya radioaktiv maddələrlə işləyən müəssisələrin maye və bərk tullantılarının torpağa qarışması hesabına baş verir.

Torpağın radioaktivliyinin öyrənilməsinin gigiyenik əhəmiyyəti burada olan izotopların müxtəlif qida məhsulları ilə insan orqanizminə daxil olmasındadır. Müəyyən olunmuşdur ki, torpağın bitki örtüyü (mədəni və yabani bitkilər) orada olan radioaktiv maddələri xeyli miqdarda özündə toplayır.

Əgər torpağın radioaktiv maddələrlə çirklənməsinə şübhə varsa, onda əvvəlcə həmin yerin sanitariya-topoqrafik müayinəsi aparılır və radioaktiv tullantıların torpağa daxil olması şəraiti öyrənilir. Həmçinin həmin ərazidə SRP-68-01 cihazı ilə radiometrik müayinə aparılır və radiasiyanın səviyyəsi təyin edilir. Eyni zamanda torpaq nümunələri götürmək üçün sahələr seçilir. Əksər hallarda torpaq nümunəsi ilə yanaşı bitkilərdən, onların köklərindən, qrunut sularından da nümunə götürmək lazım gəlir.

Torpaq nümunəsi götürmək üçün müayinə olunan ərazidə hər biri 50 m² olan bir neçə sahə ayrılır, sonra həmin sahələrin orta hissəsində 1 m²-ə qədər yerin bitki örtüyü təmizlənir və oradan sahəsi 10x10 sm, qalınlığı 5 sm olan torpaq qatı götürülür. Götürülmüş nümunələrin hər biri ayrıca polietilen və ya müşəmbə materiala bükülüb laboratoriyaya göndərilir. Laboratoriyada torpaq nümunəsi bitki köklərindən, daşlardan və s. təmizlənib otaq temperaturunda qurudulur.

Torpağın ümumi β -aktivliyini təyin etmək üçün qurudulmuş torpaq nümunəsindən küvetlərə doldurulur. Təbii fonun səviyyəsi təyin edildikdən sonra ölçü aparılır və preparatın bir saniyədə verdiyi impulsların orta miqdarı

təyin edilir. Sonrakı hesablamalar qida məhsullarının radioaktivliyinin təyində olduğu kimi aparılır.

«Beta» radiometr olmadıqda – qurudulmuş və həvəng-dəstədə narın əzilmiş torpaq nümunəsindən götürülüb B-4 və DP-100 cihazlarında ümumi α - və β -aktivliyi təyin olunur. Bu cihazlarla işlədikdə torpağın radioaktivliyi bərk qida məhsullarının radioaktivliyinin təyində olduğu qaydada hesablanır.

Torpağın radioaktivliyi Bk/kq və ya Bk/m² ilə ifadə olunur. Bu zaman 1 m² sahədəki 5 sm qalınlığında torpağın çəkisi 69 kq-a bərabər götürülür. Radiometrik müayinələrdən alınan nəticələr torpağın və bitkilərin orta radioaktivliyi (0,74-7,4·10² Bk/kq və ya 1,01-12,95·10¹⁰ Bk/km²; 1,85-12,95·10² Bk/kq) ilə müqayisə edilir. Eyni ərazinin torpağının və bitki örtüyünün radioaktivliyini təyin etdikdən sonra həmin ərazini çirkləndirən radioaktiv izotopun bitkilərdə toplanması əmsalı (bitkinin Bk/kq ilə aktivliyinin torpağın Bk/kq ilə aktivliyinə nisbəti) təyin olunur. Alınan nəticələrə əsasən torpağın və bitki örtüyünün radioaktivliyi gigiyenik cəhətdən qiymətləndirilir.

Havanın radioaktivliyinin təyini. Atmosfer havasında qaz halında (radon, toron, arqon, kripton və s.) və aerosol halında (radon və toronun parçalanması məhsulları, atom sınaqları nəticəsində alınan məhsullar və s.) təbii və süni radioaktiv izotoplara təsadüf edilir. Bu maddələr havaya torpaqdan, radioaktiv maddələr xalq təsərrüfatında istifadə olunarkən, nüvə reaktorlarının istismarı zamanı, nüvə sınaqları apararkən daxil ola bilər.

İstehsalatda iş otaqlarının havasının radioaktivliyinin öyrənilməsi sanitariya müayinəsindən başlanır. Bu vaxt texnoloji prosesin havanın çirklənməsinə təsir edə bilən cəhətlərinə xüsusi fikir verilir. Radioaktiv maddələrlə işləyən müəssisələr yerləşən rayonda müayinə apararkən fiziki və kimyəvi üsullarla ayrıca təbii və süni (sənaye müəssisələri hesabına) fonu təyin etmək lazımdır.

Havanın radioaktivliyini təyin etmək üçün aspirasiya (sorma) və sedimentasiya (çökmə) üsullarından istifadə olunur.

Aspirasiya üsulu ilə havanın radioaktivliyi təyin olunarkən hava nümunəsi xüsusi süzgəcdən (FPP-15, AFA və s., bunlar olmadıqda süzgəc kağızı, kimyəvi külsüz süzgəc, asbest-sellüloz kağızı və s.) sorulur. İş zamanı süzgəc xüsusi tutqacda bərkidilir və qaz sayğacı və ya reometrle birləşdirildikdən sonra adi tozsorana qoşulur, hava sorulur. Yaxud süzgəc kağızı bərkidilmiş tutqac rezin boru ilə elektroaspiratora birləşdirilir. Sonra süzgəcdən 8-10 dəq. müddətində 200-250 l/dəq sürətlə hava sorulur. Nümunənin götürülməsi qurtardıqdan sonra süzgəc Petri kəməsinə yerləşdirilib aktivliyi ölçülənə qədər saxlanılır.

Süzgəcin aktivliyi nümunə götürüləndən 20 dəqiqə sonra (əsasən radon və toronun parçalanma məhsullarından ibarət olan qısaömürlü izotopları təyin etmək üçün) və 3-4 saat sonra (ikinci dəfə) ölçülür. Süzgəcin aktivliyinin üç gündən sonra üçüncü dəfə ölçülməsi də əhəmiyyətlidir. Bu zaman artıq qısaömürlü izotoplar tamamilə parçalanmış olur. Hər dəfə süzgəcin aktivliyini ölçərkən əvvəlcə α -aktivliyi, sonra da β -aktivliyi ölçmək lazımdır.

Birinci ölçü aerosolların tam aktivliyini (uzun və qısaömürlü izotoplar bir yerdə), ikinci ölçü isə qısaömürlü izotopların qalan hissəsi və uzunömürlü izotopların aktivliyini, üçüncü ölçü isə (3 gündən sonra) ancaq uzunömürlü izotopların aktivliyini göstərir.

Havada olan α -aktiv aerosolların konsentrasiyası aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A_{\alpha} = \frac{n_o \cdot K_k}{S_{eff} \cdot V \cdot 60 \cdot S} \text{ Bk/l};$$

burada:

A_{α} – havada olan α -aktiv aerosolların konsentrasiyası, Bk/l ilə;

n_o – süzgəcin verdiyi impulsların bir dəqiqədəki sayı, (fonsuz) imp/dəq.;

K_k – keçid əmsalı. Bunu təyin etmək üçün eyni vaxtda iki radiometriya qurğusunda effektivliyi nəzərə almaqla ardıcıl birləşdirilmiş birinci və ikinci süzgəclərin (hava nümunəsi keçirilən) verdiyi impulsların sayını təyin edirlər və alınan nəticəni N_1 və N_2 kimi qeyd edirlər. Təcrübədə aerosolların süzgəcdən keçməsinə düzəliş etmək üçün K_k – aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$K_k = 1 + \frac{N_2}{N_1};$$

S_{eff} – müəyyən şəraitdə ölçü aparmaq üçün effektivlik əmsalı (etalonla təyin olunur);

V – sorulan havanın həcmi, litrlərlə;

S – preparatın özündə udulmaya düzəliş, adətən $S=1-K_s$ kimi təyin olunur. Burada K_s – özündə udulmaya düzəliş əmsalıdır ki, bu da FPP – üçün təxminən 0,2-dir.

Aerosolların β -aktivliyini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$A_{\beta} = \frac{n_o \cdot K_k}{S_{eff} \cdot V \cdot 60} \text{ Bk/l};$$

burada:

A_{β} – havada olan β -aktiv aerosolların konsentrasiyası, Bk/l-lə;

n_o – süzgəcin verdiyi impulsların bir dəqiqədəki sayı (fonsuz), imp/dəq.;

K_k – aerosolların süzgəcdən keçid əmsalı;

S_{eff} – həmin şəraitdə etalonlaşdırma ilə təyin olunan ölçünün effektivlik əmsalı;

V – sorma (aspirasiya) yolu ilə süzgəcdən keçirilən havanın həcmi, litrlərlə.

Sedimentasiya yolu ilə hava nümunəsi götürüldükdə havadan Yer səthinin hər km^2 -nə çökən radioaktiv aerosolların miqdarı Bekkerele hesablanır (Bk/km^2).

Beləliklə, radiokimyəvi müayinə aparmadan ümumi α - və β -aktivliyə görə havada olan qısaömürlü və uzunömürlü radioaktiv izotopların konsentrasiyası təyin olunur və gigiyenik cəhətdən qiymətləndirilir.

XARİCİ ŞÜALANMANIN DOZİMETRİYASI

İnsanın xarici şüalanması əsasən radioaktiv maddələrlə iş zamanı baş verir. Təbabətdə rentgen şüaları və radioaktiv maddələrdən istifadə edildikdə xəstələrlə bərabər tibb işçiləri də şüalanmaya məruz qalırlar. Bəzi hallarda insanlar təbii şüa mənbələrindən (qranit daşlar, vulkanik süxurlar, tərkibində radionuklidlər olan faydalı qazıntılar, bəzi yataqlardan çıxarılan neft və s.) də yüksək dozada (il ərzində orta hesabla 10-13 mZv) şüalanmaya məruz qala bilərlər. Təbii radiasiya fonu əsasən kosmik şüalar, torpaqdakı radioaktiv elementlər, dağ süxurları, tikinti materialları və s. hesabına yaranır ki, bu da əhali üçün orta hesabla il ərzində 0,95 mZv-dir. Keçmiş SSRİ ərazisində yaşayan əhali il ərzində təbii radiasiya hesabına orta hesabla 0,4-2,0 mZv şüa dozası almışlar.

Yüksək dozada şüalanmaya məruz qalmış şəxslərdə kəskin və xroniki formalı şüa xəstəliyi baş verir. Kəskin şüa xəstəliyi qısa müddət ərzində çox yüksək dozada şüalandıqda (məsələn, qəza hadisələrində, nüvə silahlarının sınaqları və onların tətbiq olunduğu hallarda və s.), xroniki şüa xəstəliyi isə uzun müddət icazə həddi dozasından nisbətən yüksək dozada ionlaşdırıcı şüaların təsirinə məruz qaldıqda baş verir.

Hər iki halda ionlaşdırıcı şüaların bioloji təsirinin ilkin mərhələsi canlı materiyayı təşkil edən atom və molekullarda gedən ionlaşmadır. Xüsusən insanın orqan və toxumalarının 75%-ə qədərini təşkil edən su molekulları ilk növbədə ionlaşmaya məruz qalaraq sərbəst radikallar (atomar hidrogen – H, hidrosil – OH, hidroperoksid HO₂ və s.) əmələ gətirir. Əmələ gəlmiş sərbəst radikallar ferment sisteminin aktiv strukturları ilə (sulfidhidril – SH qrupu) reaksiyaya girərək onu qeyri-aktiv disulfid (S=S) qrupuna çevirir. Şüalanmanın təsiri altında hüceyrələrin nüvəsində dezoksiribonuklein turşusunun və dezoksiribonukleoproteidin miqdarı xeyli dərəcədə azalır və onların təzələnmə sürəti ləngiyir (pozulur).

İonlaşdırıcı şüaların orqanizmdə törətdiyi patoloji proseslərin ağırlığı – şüalanmanın dozasından, növündən, təsir müddətindən, şüalanan səthin sahəsindən, orqanizmin fərdi reaktivliyindən asılıdır. İonlaşdırıcı şüaların kiçik dozada uzunmüddətli təsiri stoxastik effekt (bədxassəli yeni törəmələr və irsi xəstəliklər) də yarada bilər.

İonlaşdırıcı şüaların təsirinə həssaslığın artmasına görə insan orqanizminin toxuma və hüceyrələri aşağıdakı ardıcılıqla düzülür: 1) sinir toxuması; 2) qığırdaq və sümük toxuması; 3) əzələ toxuması; 4) birləşdirici toxuma; 5) qalxanabənzər fəzi; 6) həzm vəziləri; 7) ağciyər; 8) dəri; 9) selikli qişalar; 10) cinsi vəzilər; 11) limfa toxuması, sümük iliyi.

Odur ki, Xarici şüalanmanın dozimetriyasını apardıqda bu qanunauyğunluğu (cəhəti) nəzərə almaq lazımdır. Bu zaman əsasən rentgen və qamma-şüaların, neytron seli və β-hissəciklərin dozasının ölçülməsinin əhəmiyyəti vardır.

Doza, ionlaşdırıcı şüaların maddəyə verdiyi və onun vahid kütləsi üçün hesablanmış enerjisinə deyilir. Ekspozisiya, udulmuş və ekvivalent doza ayırd edilir.

Ekspozisiya dozası, rentgen və qamma-şüaların havada ionizasiya effekti yaratmasını xarakterizə edən şüalanma dozasıdır. Ölçü vahidləri Kulon/kiloqram (K/kq) və rentgendir (R).

Udulmuş doza – ionlaşdırıcı şüaların şüalanmaya məruz qalan maddədə udulmuş və onun vahid kütləsi üçün hesablanmış enerjisidir. Udulmuş dozanın Beynəlxalq sistemdə (BS) vahidi Qrey (Qr), sistemdənənar vahidi isə raddır (rad).

$$1 \text{ Qrey (Qr)} = 1 \text{ Co/kq} = 100 \text{ rad.}$$

Rad-I q maddədə udulan 100 erq enerjiyə bərabərdir.

Ekvivalent doza – udulmuş dozanın müəyyən əmsala vurma hasili olub, həmin növ şüalanmanın dağıdıcı təsirini əks etdirir. Ekvivalent dozanın ölçü vahidi BS-də zivert (Zv), sistemdənənar vahidi isə rentgenin bioloji ekvivalentidir (rbe).

$$1 \text{ ZV} = 1 \text{ Qr} = 10^2 \text{ rbe.}$$

Rbe-orta xətti enerji itkisi 3KeV olan və I mikron qalığında su qatında (etalona bərabər qəbul edilir) I R şüalanmanın yaratdığı effekt qədər bioloji effekt yarada bilən hər hansı bir növ şüalanmanın dozasına deyilir.

Xarici şüalanmanın dozasını ölçmək üçün istifadə olunan cihazlarda ionlaşdırıcı şüaların qeydiyyatı ionizasiya, fotoqrafiya və lüminessensiya hadisələrinə əsaslanır. Təyinatına görə isə bu cihazlar aşağıdakı qruplara bölünür:

1. Rentgenometrlər – ionlaşdırıcı şüaların ekspozisiya dozası gücünü ölçən cihazlar.
2. Radiometrlər – hissəciklər selinin sıxlığını ölçən cihazlar.
3. Fərdi dozimetrlər – ionlaşdırıcı şüaların ekspozisiya və udulmuş dozasını ölçən cihazlar.

Radiasiya nəzarəti təşkilinə görə qrup radiasiya nəzarəti və fərdi dozimetriya nəzarətinə bölünür. Bu məqsədlər üçün istifadə olunan cihazlar stasionar və səyyar (daşınan) cihazlar olmaqla iki yerə bölünür. İstifadə olunan cihazların göstəricilərinin dəqiqliyinə şüalanmanın intensivliyi, düşmə bucağı, bölgülənməsi, xarici mühit şəraiti (havanın temperaturu, rütubəti və s.) təsir edə bilər.

Stasionar və səyyar cihazlarla aparılan ümumi dozimetriya nəzarəti bəzən bir fərdin aldığı xarici şüalanmanın dozasını dəqiq göstərməyə bilər. Çünki şüalanma sahəsi vaxt və miqyas etibarilə tez-tez dəyişə bilər. Ona görə də fərdi dozimetriya da aparılmalıdır.

Hazırda istifadə olunan fərdi dozimetrlər üçün kiçik ionizasiya kameraları və ya kondensator kamerası (FDN-fərdi dozimetriya nəzarəti), xüsusi növ fotoqrafiya lövhələri (FFN-fərdi fotoqrafiya nəzarəti) və termoluminescent detektorlar (TLD) tətbiq olunur. Bütün bu dozimetrlər əsasən rentgen və qamma-şüalanmanı ölçmək, bəziləri isə (FFN, TLD) digər növ şüaları (neytronlar, β -hissəciklər və s.) ölçmək məqsədilə istifadə olunur.

Kondensator kameralarından fərdi dozimetriya nəzarəti üçün istifadə olunduqda işin mahiyyəti kameraların elektroduna yığılmış elektrik yükü

potensialının rentgen və ya qamma-şüaların təsiri altında mütənasib nisbətə dəyişməsinə əsaslanır. Hazırda bu növ dozimetrlərdən KİD-2 (FDK-2), DK-0,2 (CD-0,2) və s. istifadə olunur.

Fərdi fotoqrafiya nəzarəti üsulunun mahiyyəti məlum dozada şüalanmaya məruz qalmış nəzarət fotoqrafiya lövhələri ilə işdə istifadə olunmuş lövhələrin qaralmasının optik səviyyəsinin müqayisəsinə əsaslanmışdır. Bu məqsədlə ən çox İFK-2,3 (FFN-2,3), İFK-2,3 M (FFN-2,3 M), İFKU (UFFN – unifikasiya edilmiş fərdi fotoqrafiya nəzarəti) dozimetrlərindən istifadə olunur. Bu dozimetrlər enerjisi 1 MeV və daha çox olan β -, 0,1-3,0, MeV γ - və neytron şüalanmalarının dozasını ölçmək üçündür. Həmin cihazlar β -şüalanmanı 0,05-1,2 rbe, γ -şüalanmanı 0,05-2 rbe, istilik neytronlarını 0,05-2 rbe diapazonda ölçə bilir.

Termolüminessent dozimetrlərin iş prinsipi müəyyən tərkibə malik kimyəvi birləşmələrin şüalanmaya məruz qaldıqda enerjinin udulması və sonradan müəyyən mühitdə onun ayrılması və bu zaman işıqlanma (lüminessensiya) verməsi qabiliyyətinə əsaslanmışdır. Lüminessensiyanın səviyyəsi şüalanmanın dozası ilə mütənasibdir. Son zamanlar litium-flüorid, kalsium-flüorid, alüminofosfat şüşələrindən bu məqsədlər üçün daha geniş istifadə olunur.

DOZİMETRİYADA HESABLAMA ÜSULLARI

Radioaktiv maddələr və ionlaşdırıcı şüa mənbələri ilə iş zamanı bilavasitə dozimetrlərlə şüalanmanın dozasını ölçməkdən başqa xarici şüalanmanın dozimetriyası və müdafiəyə nəzarət məqsədilə hesablama üsullarından da geniş istifadə olunur.

Müdafiəsi olmayan nöqtəvari mənbədən alınan şüalanmanın dozası aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$D = \frac{K \cdot Q \cdot t}{r^2};$$

burada:

D – alınan şüalanmanın dozası, rentgen ilə;

K – izotopun qamma sabiti, r/saat ilə (cədvəldən götürülür);

Q – mənbənin radioaktivliyi, mküri ilə;

t – şüalanma müddəti, saatlarla;

r – şüalanma mənbəyindən olan məsafə, sm-lərlə.

Əgər mənbənin aktivliyi radiumun milliqram ekvivalenti ilə göstərilərsə, həmin düstur aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$D = \frac{8,4 \cdot M \cdot t}{r^2}$$

burada:

M – mənbənin qamma-aktivliyi, radiumun mq.ekv. ilə;

8,4 – radium 226-nın qamma sabitidir.

Xarici şüalanmadan müdafiənin əsas parametrlərinin hesablanması

Xarici şüalanmadan müdafiəni təşkil edərkən əsas meyar İHD (icazə həddi dozası)-dır. Bu da radioaktiv maddələrlə işləyənlər üçün ildə 2 rbe-ə və ya il ərzində bərabər sürətdə şüalanmaya məruz qalırsa, həftədə 0,04 rbe-ə bərabərdir.

Əgər yuxarıdakı ikinci düsturda həftəlik İHD-nın ədədi qiymətini yerinə yazsaq və məsafəni metrə keçirsək, düstur aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\frac{M \cdot t}{r^2} \leq 48$$

burada:

M – mənbənin qamma-aktivliyi, radiumun mq.ekv. ilə;

t – həftə ərzində şüalanma müddəti, saatlarla;

r – mənbə ilə orqanizm arasındakı məsafə, m-lərlə;

48 – sabit əmsaldır.

Miqdarla müdafiə. Bu zaman müdafiə ekranından istifadə etmədən müvafiq vaxt ərzində müvafiq məsafədə hansı aktivlikdə mənbə ilə İHD-dən artıq şüalanmadan işləmək mümkün olduğu təyin olunur. Məsələn, operator həftədə 36 saat müddətində şüa mənbəyindən 1 m məsafədə iş aparır. Ən çoxu hansı aktivliyə malik olan mənbə ilə o işləyə bilər?

Yuxarıdakı düstura əsasən hesablanır:

$$M = \frac{48 \cdot r^2}{t} = \frac{48 \cdot 1}{36} = 1,3 \text{ radiumun mq.ekv.}$$

Vaxtla müdafiə. Bu zaman həftə ərzində İHD-dən artıq şüalanmadan hansı vaxt ərzində iş aparmaq mümkün olduğu təyin olunur. Məsələn, laboratoriyada radiumun 10 mq. ekv. aktivliyində mənbə ilə 1 m məsafədə iş aparılır. Həftə ərzində hansı vaxt ərzində işləmək mümkün olduğunu aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$t = \frac{48 \cdot r^2}{M} = \frac{48 \cdot 1}{10} = 4,8 \text{ saat (həftədə).}$$

Məsafə ilə müdafiə. Bu zaman təhlükəsiz şəraitdə işləmək üçün işçi ilə mənbə arasında hansı məsafə lazım olduğu hesablanır. Məsələn, radioloji şöbədə tibb bacısı hər gün 6 saat (həftədə 36 saat) radiumun 3,3 mq.ekv. aktivliyində preparat hazırlayır.

Onun şüa mənbəyindən hansı məsafədə iş aparması aşağıdakı kimi hesablanır:

$$r = \sqrt{\frac{M \cdot t}{48}} = \sqrt{\frac{3,3 \cdot 36}{48}} \approx \sqrt{3} \approx 1,7 \text{ metr.}$$

Ekranla müdafiə. Bu, müəyyən materialların ionlaşdırıcı şüaları udmaq qabiliyyətinə əsaslanmışdır. Qamma-şüaların udulmasının intensivliyi materialın sıxlığı və qalınlığı ilə düz, şüaların enerjisi ilə tərs mütənəsbdir. Xarici şüalanma zamanı alfa-hissəciklərdən müdafiə üçün ekrandan istifadə etməyə ehtiyac yoxdur, çünki bunların havada qət etdiyi yol çox qısadır və digər materiallar tərəfindən yaxşı tutulur (adi tibbi xalat alfa-şüalardan tam müdafiə edir).

Beta-şüalardan müddafie üçün yüngül materiallardan: alüminium, şüşə, plastik kütlə və s. istifadə olunmalıdır. Qalınlığı 0,5 sm olan alüminium təbəqəsi beta-hissəcikləri tam udur.

Qamma-şüalardan müddafie üçün ağır metallardan; qurğuşun, çuqun və s. istifadə olunmalıdır. Beton, daş, torpaq, su və s.-dən də istifadə oluna bilər. Qamma şüalardan ekranla müddafie üçün əvvəlcə ekranla neçə dəfə zəifləşdirmə lazım olduğu hesablanır, sonra isə 51 saylı cədvəl vasitəsilə yarımzəifləşdirmə (şüalanmanın gücünü iki dəfə azaldan) qatlarının sayı tapılır. Zəifləşdirmə dərəcəsi dəfələrlə ölçülür və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$K = \frac{P_o}{P_x};$$

burada:

K – zəifləşdirmənin dərəcəsi, dəfələrlə;

P_o – iş yerində şüalanmanın doza gücü;

P_x – həmin iş şəraiti üçün şüalanmanın icazə həddi dozasının gücü.

Cədvəl -51

Zəifləşdirmə dərəcəsinin dəfələrlə sayına müvafiq olaraq yarımzəifləşdirmə qatlarının hesablanması

Zəifləşdirmə dərəcəsinin dəfələrlə sayı	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
Yarımzəifləşdirmə qatlarının sayı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Yarımzəifləşdirmə qatlarının sayı tapıldıqdan sonra ayrı-ayrı materialların bir yarımzəifləşdirmə qatının qalınlığı (sm-lərlə) 52 saylı cədvəldən götürülüb müddafie ekranının faktiki qalınlığı hesablanır:

Cədvəl -52

Bəzi materiallar üçün bir yarımzəifləşdirmə qatının qalınlığı

Materiallar	Qalınlığı
Qurğuşun	1,8 sm
Dəmir	2,4 sm
Beton	10 sm
Torpaq	14 sm
Ağac	25 sm

Məsələn: şüalanma dozası gücünü 8 dəfə zəiflətmək üçün qurğuşun ekranın qalınlığını hesabladıqda, əvvəlcə cədvəldən 8 dəfə zəifləşdirməyə müvafiq yarımzəifləşdirmə qatının sayının 3 olduğu tapılır. Sonra qurğuşun

ekranın bir yarımxəifləşdirmə qatının qalınlığı (1,8 sm) qatların sayına (3-ə) vurularaq (1,8x3=5,4 sm) ekranın faktiki qalınlığının 5,4 sm olduğu tapılır.

Müəyyən bir materialdan hazırlanmış məlum qalınlıqda müdafiə ekranının digər bir materialın hansı qalınlıqda müdafiə ekranı ilə əvəz etmək mümkün olduğu aşağıdakı tənəsüblə hesablanır:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{P_2}{P_1};$$

burada:

d_1 – mövcud müdafiə ekranı materialının qalınlığı (sm-lə);

P_1 – həmin müdafiə ekranı materialının sıxlığı (q/sm³-lə);

d_2, P_2 – axtarılan materialın qalınlığı və sıxlığı.

Bu hesablamada müxtəlif müdafiə materiallarının sıxlığı cədvəlindən istifadə edilir (cədvəl 53).

Cədvəl -53

Müxtəlif materialların sıxlığı

Materiallar	Sıxlıq (q/sm ³)	Materiallar	Sıxlıq (q/sm ³)
Su	1,0	Beton	2,1-2,7
Hava	0,00129	Alüminium	2,7
Kərpic	1,4-1,9	Çuqun	7,2
Qurğuşun	11,34	Dəmir	7,89