

**N.F. QƏHRƏMANOV, B.Ş. BARXALOV,
Y.Q. NURULLAYEV**

RADİASİYA VƏ HƏYAT FƏALİYYƏTİ

*Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elmi
Şurasının 30.05.2012-ci il tarixli iclasının
09 sayılı qərarı ilə çap olunur.*

Sumqayıt -2012

UOT 574(075.8); 539.1

577.1
+Q 44

Elmi redaktor:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. Y.Y. Hüseynov

Rəyçilər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. Q.Q. Məmmədov

Kimya elmləri doktoru, prof. Ə.Ə. Ağayev

249596

Radiasiya və həyat fəaliyyəti
Sumqayıt Dövlət Universitetinin
Nəşriyyatı, 2012, 150 s., şək.

Radiasiya və həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi məsələlərinə həsr olunan bu kitabda ionlaşdırıcı şüalanmaların növləri, radioaktiv məhsulların bioloji təsiri, ionlaşdırıcı şüalanmaların normalaşdırılması və onlardan mühafizə üsulları, fərdi mühafizə vasitələri və radioaktiv maddələrin saxlanması, daşınması və məhv edilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

© Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2012-ci il

M Ü N D Ə R İ C A T

GİRİŞ	6
FƏSİL 1. İONLAŞDIRICI ŞÜALANMALAR	8
1.1. Ümumi müddəalar	8
1.2. İonlaşdırıcı şüalanmaların növləri	9
1.3. İonlaşdırıcı şüalanmaların ölçü vahidləri	14
FƏSİL 2. RADİASIYA FONU TƏSİRLƏRİNİN TƏBİİ VƏ SÜNİ MƏNBƏLƏRİNİN RADİASIYA-EKOLOJİ XARAKTERİSTİKALARI	19
2.1. Yerin təbii radiasiya fonu	20
2.2. Antropogen radiasiya fonu	37
FƏSİL 3. YÜKSƏK RADİOAKTİVLİYƏ MALİK ANOMAL TƏBİİ VƏ ANTROPOGEN ƏRAZİLƏR	54
3.1. Mühitin təbii radioaktivliyi yüksək olan anomal ərazilər	56
3.2. Nüvə partlayışlarının keçirilməsi nəticəsində mühitin yüksək radioaktiv çirklənməyə məruz qaldığı ərazilər	63
FƏSİL 4. NÜVƏ-ENERJİ MƏNŞƏLİ UZUNÖMÜRLÜ RADİONUKLİDLƏRİN EKOSİSTEMLƏRDƏ DAVRANIŞI	67
4.1. Nüvə-enerji mənşəli uzunömürlü radionuklidlərin atmosferdə davranışı	68
4.2. Uzunömürlü nüvə-energetik mənşəli radionuklidlərin torpaqda davranışı	76
4.3. Uzunömürlü nüvə-energetik mənşəli radionuklidlərin suda davranışı	88
4.4. Qida məhsullarında radionuklidlər	94

FƏSİL 5. AZƏRBAYCANDA RADİASIYA	
TƏHLÜKƏSİZLİYİ	102
5.1. Qanunvericilik, qaydalar, standartlar	102
5.2. İonlaşdırıcı radiasiya mənbələri	105
5.3. Azərbaycanın coğrafi mövqeyi və ən yaxın qonşu ölkələrin nüvə texnologiyaları sistemlərinin Azərbaycan Respublikasının radiasiya təhlükəsizliyinə təsiri	106
5.4. Abşeron yarımadasında radionuklidlərin yayılması	110
FƏSİL 6. RADİASIYA VƏ HƏYAT FƏALİYYƏTİNİN	
TƏHLÜKƏSİZLİYİ	132
6.1. Radioaktiv məhsulların bioloji təsiri	132
6.2. Təhlükəli və təhlükəsiz şüalanma dozaları	137
6.3. İonlaşdırıcı şüalanmaların normalaşdırılması və onlardan mühafizə üsulları	140
6.4. Fərdi mühafizə vasitələri	145
6.5. Radioaktiv maddələrin saxlanması, daşınması və məhv edilməsi	146
ƏDƏBİYYAT	148

*Sumqayıt Dövlət Universitetinin
yaradılmasının 50 illik yubileyinə
həsr olunur*

GİRİŞ

İonlaşdırıcı radiasiyanın canlı orqanizmlərə təsiri dünya elmini radioaktiv şüalanmanın tətbiqinin ilk addımlarından maraqlandırmğa başlamışdır. Bu, heç də təsadüfi deyildir, çünki tədqiqatçılar lap əvvəldən radiasiyanın mənfi təsirləri ilə qarşılaşmışdılar. Belə ki, 1895-ci ildə V. Rentgenin köməkçisi V. Qrubbe rentgen şüaları ilə işləyərkən əllərini yandırmışdı, radioaktivliyi kəşf etmiş fransız alimi A. Bekkerel isə radiumun şüalanmasından dəri yanıqları almışdı.

Radiasiya, doğrudan da, çox təhlükəlidir. Böyük dozalarda radiasiya toxumaların çox ciddi zədələnmələrinə səbəb olur, kiçik dozalarda isə bədxassəli şişlər (xərçəng) və genetik defektlər yarada bilər ki, onlar şüalanmaya məruz qalmış insanın uşaqları və nəvələrində özünü büruzə verə bilər.

Lakin əhalinin əsas kütləsi üçün təhlükəli olan radiasiya mənbələri heç də haqqında daha çox danışılanlar deyil. Belə ki, insan ən böyük radiasiya dozasını təbii radiasiya sistemlərindən alır. Atom energetikasının inkişafı ilə bağlı radiasiya (əlbəttə, atom elektrik stansiyalarında baş verə qəzalar istisna olunmaqla) insanın fəaliyyəti ilə bağlı yaranan radiasiyanın kiçik bir hissəsini təşkil edir. Biz daha böyük dozaları, başqa mənbələrdən, məsələn, təbabətdə rentgen şüalarından istifadə edilməsindən alırıq. Bundan başqa, kömürün yandırılması və hava nəqliyyatından

(təyyarə ilə uçuşlardan) istifadə edilməsi, xüsusilə də, hermetik qapalı otaqlarda uzun müddət qalmaq təbii radiasiya hesabına şüalanmanın əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb ola bilər.

İnsanların ionlaşdırıcı şüaların mənfi təsirindən mühafizəsi məsələləri rentgen şüalanmasının və radioaktiv parçalanmanın kəşfi ilə təxminən eyni zamanda meydana çıxmışdır. Bu, əvvəla, kəşf olunmuş şüalanmaların elmdə və praktikada tətbiqinin çox böyük sürətlə inkişafı, eləcə də şüalanmanın canlı orqanizmlərə mənfi təsirinin aşkara çıxarılması ilə şərtlənmişdir.

Diqqətinizə təqdim edilən bu kitabın I fəsilində ionlaşdırıcı şüalanmaların növləri, təbiəti və onların ölçü vahidləri haqqında məlumat verilmişdir.

II fəsildə fon radiasiya təsirlərinin təbii və süni mənbələrinin radiasiya-ekoloji xarakteristikaları, o cümlədən Yerin radiasiya fonu və antropogen radiasiya fonu üzrə məlumatlar şərh edilmişdir.

III fəsil mühitin təbii radioaktivliyi yüksək olan, eləcə də nüvə partlayışlarının keçirilməsi nəticəsində yüksək radioaktiv çirkənməyə məruz qalan ərazilərin təsvirinə həsr olunmuşdur.

IV fəsildə nüvə-enerji mənsəli uzunömürlü radionuklidlərin atmosferdə, torpaqda, suda davranışı, eləcə də qida maddələrində yığılması nəzərdən keçirilmişdir.

V fəsil Azərbaycanda radiasiya təhlükəsizliyi problemləri müzakirə olunmuşdur.

VI fəsil radiasiya və həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi məsələlərinə həsr olunmuşdur. Burada radioaktiv məhsulların bioloji təsiri, ionlaşdırıcı şüalanmaların normalaşdırılması və onlardan mühafizə üsulları, fərdi mühafizə vasitələri və radioaktiv maddələrin saxlanması, daşınması və məhv edilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

FƏSİL 1

İONLAŞDIRICI ŞÜALANMALAR

1.1. Ümumi müddəalar

İonlaşdırıcı şüalanmalar Yer üzərində insanların əmələ gəlməsindən çox-çox əvvəllər mövcud olmuşdur. Lakin ionlaşdırıcı şüalanmaların insan orqanizminə təsiri yalnız XIX əsrin sonunda, fransız alimi Anri Bekkerelin kəşfi, daha sonra isə Pyer və Mariya Kürinin radioaktivlik üzrə tədqiqatları nəticəsində aşkar olunmuşdur.

1896-cı ildə Anri Bekkerelin kəşf etdiyi təbii radioaktivlik hadisəsi dayanıqsız atom nüvələrinin digər elementlərin nüvəsinə çevrilməsi və bu zaman ionlaşdırıcı şüaların buraxılmasından ibarətdir. Sonuncular elektromaqnit şüalanmasının hissəcik və kvantlarının selindən ibarət olub, maddədən keçərkən mühitin atomlarının ionlaşmasını və həyəcanlanmasını doğurur.

Bir qədər əvvəl, 1895-ci ildə Konrad Rentgen X-şüaları (sərt elektromaqnit şüalanmasını) kəşf etmişdi ki, sonradan bu şüalar rentgen şüaları adlandırılmışdır.

1897-ci ildə Cəzef C. Tomson yeni elementar hissəciyin – elektronun kəşf etdiyini bəyan etdi. Bu kəşf atomun elementar və bölünməz olması barədəki çox əsrlik təsəvvürlərə ciddi zərbə vurdu.

1898-ci ildə Mariya Sklodovskaya-Küri toriumun radioaktivliyini aşkar etdi və elə həmin ildə əri Pyer Küri ilə polonium və radiumu kəşf etdi. Onlar radionuklidlərin digər elementlərə çevrilməsi faktını müəyyən etdilər (nuklid –

nüvənin tərkibi ilə fərqlənən istənilən atomdur; nuklon – proton və neytronun ümumi adıdır).

Nəhayət, 1899-cu ildə Ernst Rezerford α - və β - şüaları kəşf etdi, onların təbiətini izah etdi və F. Soddi ilə birgə radioaktivliyin nəzəriyyəsini yaratdı.

Bu böyük kəşflərdən nüvə fizikası - müasir fizikanın atom nüvələrinin quruluşunu və çevrilmələrini öyrənən sahəsi inkişaf etməyə başladı və indiyə qədər də bəşəriyyətin həyatını bütün tərəflərinə güclü təsir göstərməkdədir.

1.2. İonlaşdırıcı şüalanmaların növləri

“İonlaşdırıcı şüalanma” anlayışı özündə təbiətinə görə fərqlənən müxtəlif növ şüalanmaları birləşdirir. Onların oxşar cəhəti ondan ibarətdir ki, onların hamısı yüksək enerjiyə malik olub, bioloji obyektləri ionlaşdırmaq və dağıtmaq xassəsinə malikdir.

İonlaşdırıcı şüalanma – mühitlə qarşılıqlı təsiri zamanı elektrik yükləri yaradan istənilən şüalanmadır. Korpuskulyar və foton ionlaşdırıcı şüalanmalarını fərqləndirirlər.

Korpuskulyar şüalanma – sükunət kütləsi sıfırdan fərqli olan və radioaktiv parçalanma zamanı və ya sürətləndiricilərdə yaranan elementar hissəciklərin selidir. Bunlar α - və β - hissəciklər, neytronlar, protonlardır.

Foton şüalanması – vakuumda 300 000 km/san sürətlə yayılan elektromagnit rəqslərinin selidir. Bunlar γ - şüalanma və rentgen şüalanmalarıdır.

Bu şüalanmalar yaranma şəraiti və xassələri - dalğa uzunluğu və enerjiləri ilə fərqlənilirlər.

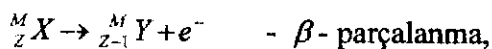
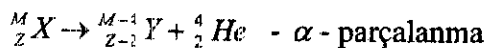
Radioaktivlik proseslərinin öyrənilməsi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, müxtəlif hissəciklərin və

γ -şüaların buraxılması özbaşına, lakin radioaktiv çevrilmə (sürüşmə) qanununa riayət olunmaqla baş verir:

- α - parçalanma zamanı nüvə $2e^+$ müsbət yük itirir və onun kütləsi dörd kütlə vahidi qədər azalır; bunun nəticəsində element dövri sistemin başlanğıcına tərəf sürüşür;

- β - parçalanma zamanı element dövri sistemin sonuna tərəf bir xana sürüşür.

Radioaktiv çevrilmə (sürüşmə) qanununu simvollarla yazmaq:



burada X - ilkin element; Y - çevrilmə elementi; M - kütlə ədədi; Z - yüküdür (və γ elementin sıra nömrəsidir).

Nümunə kimi cədvəl 1.1-də uran-238-in parçalanması sxemini göstərilmişdir

İonlaşdırıcı şüalanmaların əsas növləri bunlardır:

alfa (α) - şüalanma; beta (β) - şüalanma; neytron şüalanması; γ - şüalanma; rentgen şüalanması.

Bu şüalanmaların hər birinin qısaca xarakteristikasını verək:

α - **şüalanma** radioaktiv maddənin çevrilməsi və ya nüvə reaksiyaları zamanı buraxılan helium (${}^4_2 He$) nüvələrinin selidir. α -hissəciklərin enerjisi bir neçə MeV-ə çatır. Havada bu hissəciklər 8-9 sm qalınlıqda qatda udulur. α -hissəciklərin canlı toxumalarda qaçış yolu bir neçə mikron təşkil edir, qalınlığı 10 mikron olan folqa isə α -şüaları

selini tamamilə udur. α -hissəciyin enerjisi artdıqca onun udulduğu mühitdə yaratdığı ionlaşma da artır.

Cədvəl 1.1

Uran-238-in radioaktiv parçalanmasının sxemi

Süslənmənin növü	Nuklid	Yarımparçalanma dövrü
α	Torium-234	24,1 gün
β	Protaktinium-234	1,17 dəq
β	Uran-234	245000 il
α	Torium-230	8000 il
α	Radium-226	1600 il
α	Radon-222	3,823 gün
α	Polonium-218	3,05 dəq
α	Qurğuşun-214	26,8 dəq
β	Vismut-214	19,7 dəq
β	Polonium-214	0,00164 san
α	Qurğuşun-210	22,3 il
β	Vismut-210	5,01 gün
β	Polonium-210	138,4 gün
α	Qurğuşun-206	Stabildir

(α - parçalanma, β - parçalanma)

Nisbətən böyük kütləyə malik olması səbəbindən bu hissəciklər öz enerjisini tez itirir, buna görə də bu növ şüalanmanın nüfuz etmə qabiliyyəti kiçikdir. α -hissəciklərin xüsusi ionlaşması havada 1 sm yolda bir neçə on min cüt təşkil edir.

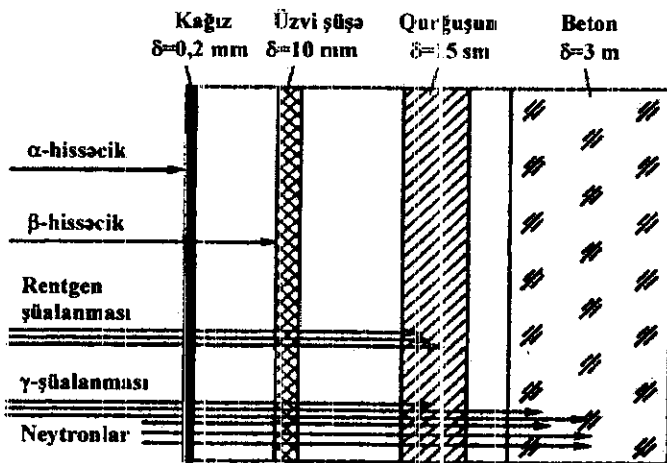
β - şüalanma radioaktiv parçalanma zamanı yaranan elektronların (və ya pozitronların) selidir. Bu hissəciklərin enerjisi bir neçə MeV təşkil edir. Havada maksimal qaçış yolu 15-m-dən çox, canlı toxumalarda isə 2,5 sm ola bilər. β -hissəciklərə nəzərən əhəmiyyətli dərəcədə (1840 dəfə) kiçik kütləyə malik olduğundan, β -hissəciklər daha yüksək nüfuz etmə qabiliyyətinə malik olurlar. Bu növ şüalanmanın ionlaşdırma qabiliyyəti α -hissəciklərinə nisbətən kiçikdir və 1 sm qaçış yolu üçün bir neçə on cüt təşkil edir.

Neytron şüalanması öz enerjisini maddənin nüvələri ilə toqquşma nəticəsində dəyişir. Qeyri-elastiki qarşılıqlı təsir zamanı ikinci şüalanmanın meydana çıxması mümkündür, bu şüalanmada həm yüklü hissəciklər, həm də γ -şüalanma ola bilər. Elastiki toqquşmalarda maddənin ionlaşması mümkündür. Neytronların nüfuzetmə qabiliyyəti güclü surətdə onların enerjisindən aslıdır.

Rentgen şüalanması β -hissəciklər ətraf mühitə təsir etdikdə və ya rentgen borularının anodu elektronlarla bombardman edildikdə meydana çıxır. Rentgen şüalanmasının fotonlarının enerjisi təqribən 1 MeV təşkil edir. Rentgen şüalanması, bir qayda olaraq, tormozlanma və xarakteristik şüalardan ibarət olur. Tormozlanma şüalanmasının spektri kəsilməzdir. Xarakterik şüalanma isə anodun

materialından asılı olan diskret spektrə malik olur. Rentgen şüalanması böyük nüfuzetmə və kiçik ionlaşdırma qabiliyyətinə malikdir.

γ -şüalanma rentgen şüalanması kimi, elektromaqnit təbiətinə malik olub, böyük nüfuzetmə qabiliyyətinə və kiçik ionlaşdırma təsirinə malikdir. γ -şüalanma təbii radioaktivlik, eləcə də süni nüvə reaksiyalarında, yüksək enerjili hissəciklərin toqquşması zamanı meydana çıxır. γ -şüalanmanın fotonunun enerjisi rentgen diapazonu fotonunun enerjisindən dəfələrlə çox olan çox böyük qiymətlər ala bilər. Müxtəlif növ şüalanmaların nüfuzetmə qabiliyyətinin keyfiyyətə müqayisəli xarakteristikaları şək.1.1-də göstərilmişdir.



Şək. 1.1. Müxtəlif növ ionlaşdırıcı şüalanmaların nüfuzetmə qabiliyyətinin müqayisəli xarakteristikaları

Radioaktiv maddələr (radionuklidlər) müxtəlif dayanıqlıq dərəcəsinə malikdirlər. Müəyyən müddət ərzində onlar ya parçalanır, ya da başqa hala keçir. Radionuklidlərin dayanıqlığını qiymətləndirmək üçün yarımparçalanma dövrü $T_{1/2}$ daxil edilmişdir. Bu, eyni zamanda dövrüdür ki, bu müddətdə radionuklidlərin ilkin miqdarınının yarısı parçalanır.

1.3. İonlaşdırıcı şüalanmaların ölçü vahidləri

Sərt şüalanmanın və yüksək enerjiyə malik hissəciklərin maddə ilə qarşılıqlı təsiri zamanı ionlaşma prosesi baş verir ki, bu da ionlaşdırıcı şüaların qeyd olunmasına və onların fiziki parametrlərinin müəyyən edilməsinə imkan verir. Bu zaman ümumi enerji vahidlərindən başqa özündə ionlaşdırma qabiliyyəti nəzərə alınmaqla ionlaşdırıcı hissəciklərin sayını ehtiva edən bir sıra xüsusi kəmiyyət və vahidlərdən istifadə etmək lazım gəlir.

Mühiti ionlaşdırma bilən hissəciklərin enerjisi kinetik enerji, rentgen və γ -şüalanmasının fotonları üçün isə $h\nu$ münasibəti ilə (h – Plank sabiti, ν - şüalanmanın tezliyidir) müəyyən olunur.

İonlaşdırıcı hissəciklərin enerjisi, bir qayda olaraq, elektron-voltlarla (eV) ifadə olunur ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$).

İonlaşdırıcı hissəciklərin seli Φ verilən səthdən vahid zamanda keçən hissəciklərin sayı ilə müəyyən olunur, yəni $\Phi = dN/dt$.

Selin ϕ sıxlığı $d\Phi/dS$ nisbəti, ionlaşdırıcı hissəciklərin enerji seli $\Phi_E = dE/dt$ kəmiyyəti ilə təyin olunur. Bu kəmiyyət baxılan dt müddəti ərzində verilən istiqamətdə gedən bütün hissəciklərin yekun dE enerjisinin nisbəti ilə müəyyən olunur.

İonlaşdırıcı şüalanmanın udulma zonası $D_{\text{şüa}}$ (şüalanma dozası) baxılan həcmdə udulan dE enerjisinin həmin həcmdəki maddənin dm kütləsinə nisbətinə bərabərdir:

$$D_{\text{şüa}} = \frac{dE}{dm}.$$

$D_{\text{şüa}}$ kəmiyyəti radiasiya təsirinin dərəcəsini müəyyən edən əsas kəmiyyətdir: BS sistemində C/kq, SQS sistemdə isə erq/q ilə ölçülür. (C/kq) vahidi Q_{rey} (Qr) adlanır:

$$1 \text{ Qr} = 1 \text{ C/kq} = 10^4 \text{ erq/q}$$

Sistemdən kənar vahid kimi praktiki dozimetriyada hal-hazırda *rad* vahidindən istifadə olunur:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Qr} = 10^{-2} \text{ C/kq} = 10^2 \text{ erq/q}$$

İonlaşdırıcı şüalanmanın bioloji təsiri yalnız udulmuş şüanın dozasından yox, həm də canlı orqanizmə nüfuz etmə dərinliyindən asılıdır. Bunu qiymətləndirmək üçün ionlaşdırıcı şüalanmanın *ekvivalent dozası* D_{ekv} (və ya H) daxil edilir:

$$D_{\text{ekv}} = D_{\text{şüa}} K = H,$$

burada K - şüalanma keyfiyyətinin ölçüsüz əmsəlidir.

Minimal K=1 qiyməti enerjinin xətti ötürülməsinə uyğundur. Digər hallar üçün bu əmsəlin qiymətləri Radiasiya mühafizəsi üzrə beynəlxalq komissiya (RMBK) tərəfindən tövsiyə edilmiş və aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir (maksimal qiymət K=20).

Cədvəl 1.2

İonlaşdırıcı şüalanmanın növləri

İonlaşdırıcı şüalanmanın növü	K əmsəlinin qiyməti
Rentgen və γ -şüalanması	1
Elektronlar, pozitronlar, β -şüalanma	1
Protonlar, enerjisi 10 MeV-dən az olan	10
Neytronlar, enerjisi 20 MeV-dən az olan	3
Neytronlar, enerjisi 0,1-10 MeV intervalında olan	10
Enerjisi 10 MeV olan α -şüalanması	20
Ağır təpmə nüvələri	20

İonlaşdırıcı şüalanmanın *ekvivalent dozasının* ölçüsü (dimenzionu) udulan dozanın dimenzionu ilə üst-üstə düşür, onun vahidi *Zivert* (Zv) adlanır:

$$1 \text{Zv} = 1 \text{Qr} \cdot 1 (K=1) = 100 \text{rad} \cdot 1 (K=1) = 100 \text{ber},$$

burada 1 ber - əvvəllər istifadə olunan rentgenin K=1 olduqda 1 rad-a bərabər olan bioloji ekvivalentidir.

Radioaktivlikdə əsas proses kimi α - və β -hissəciklərin, neytronların və γ -şüalanmanın buraxılması ilə müşayiət olunan 1 parçalanma qəbul olunmuşdur. Əgər bir saniyədə 1 parçalanma baş verirsə, parçalanmanın belə intensivliyi (aktivliyi) 1 *Bekkerel* (Bk) kimi qiymətləndirilir. Əvvəllər istifadə olunan aktivlik vahidləri arasında aşağıdakı münasibət mövcuddur:

$$1 \text{ Rd (Rezerford)} = 10^6 \text{ Bk}$$

$$1 \text{ Ki (Küri)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk.}$$

Hal-hazırda radiasiya şüalanmasının aşağıdakı dozalarını fərqləndirirlər:

- *udulma dozası* – ionlaşdırıcı şüalanmanın, şüalandırılan cismin (orqanizmin toxumalarının) vahid kütləsi üçün hesablanmış udulan enerjisidir.

- *ekvivalent doza* – müxtəlif toxumaların şüalanmaya qarşı həssaslığını nəzərə alan əmsala vurulmuş udulma dozasıdır;

- *kollektiv effektiv ekvivalent doza* – insanların qrupunun hər hansı bir radiasiya mənbəyindən aldığı effektiv ekvivalent dozadır;

- *tam kollektiv effektiv ekvivalent doza* – insanların nəslinin hər hansı bir mənbədən onun sonrakı mövcudluğu dövründə alacağı kollektiv effektiv ekvivalent dozadır.

Cədvəl 1.3

Bəzi sistem (BS) vahidləri ilə sistemdən kənar vahidlərin arasındakı əlaqə

Şüalanmanın xarakteristikası	BS vahidi	Sistemdən kənar vahid	Vahidlərin arasındakı əlaqə
Aktivlik	Bekkerel (Bk) = = 1 parçalanma /s	Küri (Ki)	1 Ki = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bk
Doza: ekspozisiya	Kulon/kq (Kl/kq)	Rentgen (R)	1 R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Kl/kq
udulmuş	Qrey (Qr) = = 0,01 C/kq	Rad	1 rad = 0,01 Qr
ekvivalent	Zivert (Zv)	ber	1 ber = 0,01 Zv

FƏSİL 2

RADİASIYA FONU TƏSİRLƏRİNİN TƏBİİ VƏ SÜNİ MƏNBƏLƏRİNİN RADİASIYA-EKOLOJİ XARAKTERİSTİKALARI

Təbii və süni radioaktiv maddələr ətraf mühitdə kifayət qədər bərabər (yüksək radio- və antropogen bölgələr istisna olunmaqla) paylanmışdır və onun aktiv metabolitləridir. Belə metabolizmin mənbəyi radioaktiv maddələrin buraxdığı ionlaşdırıcı şüaların reaksiyalarıdır ki, onlar fotoeffekt kimi gedir: atomların elektron örtüklərinin, şüalandırılan maddənin ionlaşmasının payı çox kiçik olmaqla həyəcanlanması. Belə effektlər üzvi (bioloji) mühitdə mikroelementlərin, metalların – fermentlərin əksəriyyətinin fəal mərkəzlərinin - kimyəvi fəallığının kəskin şəkildə yükləməsinə gətirir. Şüalandırılan bioloji maddənin çox cüzi hissəsinin, dəmir, mis, kobalt, nikel, maqneziumun elektron örtüklərinin həyəcanlanması üçün, üzvi mühitin əsas plastik materialının, hidrogen, karbon, azotun aktivləşmə enerjisinə nəzərən onlarla dəfə az şüalanma enerjisi tələb olunur. Belə qarşılıqlı təsirlər diffuz paylanmış (fon) şüalandırıcıların açıq-aşkar fermentləri fəallaşdırma funksiyasına malik olmasını göstərir. Bunlar maddəyə nüfuz edən şəkli dəyişmiş kosmik şüalar və spektrin maddəyə nüfuz etməyən görünən və ultrabənövşəyi hissələri ilə birgə baş verir və onların akseptorları maqnezium - planetin biosferinin xlorofil səth örtüyüdür.

İonlaşma - maddə ilə bütün növ zərrəcik və fotonların (o cümlədən şüalanmanın görünən – ultra-bənövşəyi spektrlərinin) qarşılıqlı təsirinin məcburi tərkib hissəsi olan bu effekt, atomların valent örtüklərinin quruluşunun qısamüddətli dəyişmələrinə, elektronların azad olunması və sərbəst elektronların molekullararası «enerji mübadilə valyutası» mühitinə çıxmasına gətirir ki, bu da proseslərin aktivləşməsindən başqa, molekulların təsadüfi tikilib calanmasına səbəb olur və yeni bioloji quruluşların formalaşması amili kimi çıxış edir. Fotonların (zərrəciklərin) enerjisinin ötürülməsi prosesində belə qarşılıqlı təsirlərin payı biosferanın təşəkkülünün ilkin dövrü üçün səciyyəvi olan şüalanmaların, hal-hazırda isə mühitin bir sıra antropoloji şüalandırıcılarının enerjisinin artması ilə böyüyür.

2.1. Yerlə təbii radiasiya fonu

Bu fon torpaqda, suda, havada yayılmış və yaşı planetin yaşı ilə üst-üstə düşən radionuklidlərin şüalanmalarından yaranır. Belə radionuklidlərə kalium - 40 (^{40}K), uran - 238 (^{238}U), torium - 232 (^{232}Th) və torium və uranın, radonun ($^{219-232}\text{Rn}$), radiumun (^{226}Ra) parçalanma məhsulları aiddir. Radiasiya fonunun yaranmasında ikinci yeri kosmik şüalar, üçüncü yeri isə atmosferin yuxarı qatlarında stratosfer qazlarının kainatın müxtəlif bölgələrindən gələn yüksək enerjili nüvə zərrəcikləri ilə

qarşılıqlı təsiri zamanı yaranan yaşama müddəti kiçik olan radionuklidlər tutur.

Fon radionuklidlərinin əksəriyyətinin ilkin geoloji mənbəyi litosferin yuxarı qatlarıdır: (qranitlər, şistlər, qumdaşılar və s.). torpağın, suyun, havanın saprofit mikroflorasının, temperaturun kəskin dəyişmələrinin təsiri altında onların arası kəsilməyən dəyişməsi şüalandırıcıların torpağa, bitkilərə, heyvanlar aləminə miqrasiyasına gətirir (Cədvəl 2.1).

Cədvəl 2.1

Təbii radioaktiv fon radionuklidlərinin ilkin mənbələri

Litosferanın süxuru və torpağın növü	Radionuklidlərin konsentrasiyası, pKi/q (Bk/q)		
	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³² Th
Granitlər	27 (0,999)	1,6 (0,054)	2,2 (0,00081)
Şistlər	19 (0,703)	1,2 (0,00044)	1,2 (0,00044)
Qumdaşılar	10 (0,57)	0,5 (0,0002)	0,3 (0,0001)
Əhəngdaşılar	2,4 (0,888)	0,75 (0,028)	0,19 (0,00019)
Boz torpaqlar	18 (0,66)	0,85 (0,031)	1,3 (0,048)
Qaratorpaq	11 (0,41)	0,58 (0,021)	0,97 (0,036)
Boz meşə	10 (0,37)	0,48 (0,017)	0,72 (0,027)
Kültorpaqlı	4,0 (0,15)	0,24 (0,009)	0,33 (0,012)
Litosfer üzrə	10 (0,37)	0,7 (0,026)	0,7 (0,026)
ortalanmış məlumatlar			
Kənarçıxımaların tipik diapazonu	3 -20 (0,01-0,74)	0,3 - 1,4 (0,007- 0,054)	0,2 - 1,3 (0,07-0, 054)

Cədvəl 2.2

**Əsas qida məhsullarında ^{40}K və ^{226}Ra
izotoplarının miqdarı**

Məhsul	^{40}K, pKi/q (Bk/q)	^{226}Ra, pKi/q (Bk/q)
Çörək:		
qara	1,8 (66,6)	1,5 (0,096)
ağ	0,8 (29,6)	2,5 (0,092)
Kartof	2,9 (107,3)	9,6 (0,35)
Kələm	2,2 (81,4)	1,7 (0,06)
Süd	1,2 (44,4)	0,3 (0,01)
Mal əti	2,7 (99,9)	0,1 (0,03)
Donuz əti	2,0 (74,0)	1,5 (0,05)
Siyənək	2,1 (77,7)	3,4 (0,12)
Treska	2,8 (103,6)	4,0 (0,15)
Yumurta, 10 əd.	- (-)	1,5 (0,05)
Yağ	0,1 (3,7)	0,3 (0,01)

Cədvəl 2.3

**^{40}K -in insan orqanizmində orta konsentrasiyası,
q/kq (surət) və aktivliyi, Bk/kq (məxrəc)**

Tədqiqat obyektı	Göstərici	Tədqiqat obyektı	Göstərici
Timus*	0,6/18	Ürək	2,1/63
Dəri	0,8/24	Qara ciyər	2,5/75
Qalxanvari vəzi	1,2/36	Mərkəzi sinir sistemi	2,9/87
Bağırsaqlar	1,2/36	Beyin	3,0/90
Nazik bağırsaq	1,3/39	Skelet əzələləri	3,0/90
Qan	1,6/48	Eritrositlər	3,4/102
Ağ ciyər	1,9/57	Dalaq	3,1/93
Xaya	2,0/60	Qırmızı ilik	4,0/121

* Zob vəzisi, immun sisteminin mərkəzi orqanı

Məsələn, 1 q ^{40}K , maddə ilə fotoeffekt tipli qarşılıqlı təsirdə olan və maksimal enerjisi 1,3 MeV olan (parçalanmanın xarakteristikalarının orta qiymətləri Cədvəl 2.11-də verilmişdir) saniyədə 26,2 β -zərrəcik və 3,4 γ -kvant buraxır. Təbii kaliumun onun şüalandırıcı ilə qarışığında ən böyük bioloji əhəmiyyəti toxumaların membranlarının funksiyalarını təmin etməsindən ibarətdir (kalium-natrium ion nasosu, sinir impulslarının ötürülməsi, sinir toxumalarının həyəcanlanma qabiliyyəti (qıcıqlanması). Qida məhsulları və su ilə daxil olaraq, element, praktiki olaraq, tamamilə sorulur.

^{40}K -in orqanizmdə əsas yığıcıları, azalan ardıcılıqla eritrositlər, sinir toxuması (baş beyini), əzələ toxuması, qara ciyər, ağ ciyər, sümüklərdir (bax: Cədvəl 2.3). ^{40}K izotopu yığılıb qalmır: onun aktivliyinin orqanizmə daxil olduğu andan orqanizmdə parçalanma və çıxarılma nəticəsində iki dəfə azalması vaxtı $T_{\text{eff}}=58$ günə bərabərdir. Yaşlı adamın orqanizmindən ^{40}K suya nisbətən üç dəfə yavaş çıxır. Udulmuş dozanın orta gücü 170-190 mkQr (17-19 mrad/il) təşkil edir.

Yerin qabağında, torpaqda və miqrasiyanın sonrakı halqalarında geniş yayılan ikinci fon radionuklidi ^{239}U -dur (^{235}U və ^{234}U -nun az miqdarda qarışığı ilə). ^{239}U - kalsiuma oxşar ağ gümüşü metaldır, hava ilə, su buxarları ilə, turşularla reaksiyaya girir, qələvilərlə isə reaksiyaya girmir. Kalsium kimi, ona da mühitdə minerallarda, ən çox miqdarda uranitlərdə və kariotitlərdə rast gəlinir. Parçalanma enerjisi böyük deyil (1-1360 eV), Yer

qabığının yuxarı (torpaqaltı) qatlarında uranın ümumi miqdarı təqribən 10^{15} ($2,4 \cdot 10^{-4}$ %), dəriz suyunda – 10^{10} ($3,13 \cdot 10^{-7}$ %) təşkil edir. Uranın xüsusi fon radioaktivliyi mühitdə maddənin 0,33 mKi-sini təşkil edir.

İnsan orqanizminə gün ərzində daxil olan uranın miqdarı orta hesabla 1-lə 10 mkq arasında dəyişir və 300 mkq-a çata bilər. Yerin normal radiasiya fonuna malik ərazilərində insanların yumşaq toxumalarında uranın miqdarı çox cüzdür və yumşaq toxumalarda 0,33-0,99 fKi/q və sümüklərdə 0,7-8,9 fKi/q təşkil edir. Toxumalar tərəfindən udulan şüalanma dozası orta hesabla 8,0 mkQr (0,03-0,8 mrad)/il təşkil edir.

Fon şüalanma yüklənmələrinin formalaşmasında daha əhəmiyyətli rolu ^{238}U -un parçalanmasının törəmə məhsulu olan radium oynayır. O, urandan daha böyük kimyəvi aktivliyi və uyğun olaraq, mühitdə miqrasiyanın halqalarında daha böyük yürüklüyü ilə fərqlənir. ^{239}U -dan fərqli olaraq, parçalanmanın törəmə məhsulu ilkin mineralların kristal qəfəsindən xaricdə yerləşir və asanlıqla suya keçir. Təbii şüalandırıcının ən böyük miqdarı tərkibində yüksək miqdarda «qohum» elementlərin – kalsium, stronsium, bariumun olduğu su üçün səciyyəvidir.

Radium (Ra) – parıldayan gümüşü metaldır, hava ilə (oksigenlə), su ilə sürətlə reaksiyaya girir. Həll olunan xloridlər, bromidlər, sulfidlər, yodidlər, eləcə də bir sıra həll olunmayan birləşmələr (karbonatlar, sulfidlər, oksalatlar) əmələ gətirir. Radiumun bütün izotopları

radioaktivdir. Ən çox yayılan yarımparçalanma dövrü 1620 il olan uzunömürlü izotopdur. Təmiz radiumun duzu α -şüalandırıcısıdır. Onda parçalanma məhsulları - radon (Rn), aktinium (Ac) - yığıldıqda α , β -, γ -şüalarının mənbəyi olur. α -zərrəciklərin enerjisi böyükdür: 4,6-4,7 MeV. β -zərrəciklərin enerjisi qat-qat aşağıdır (bax: Cədvəl 2.12). Radiumun tarazlıqda olan duzu fotonlarının enerjisi $\sim 0,188$ MeV olan γ -şüalanmasının güclü daimi mənbəyidir.

Çöküntü süxurları və yer qabığının yeraltı qatlarının vulkanik süxurlarında radiumun radioaktivliyi 0,5-lə 1,3 pKi/q arasında dəyişir (maksimal qeyd olunan 60 pKi/q qiymətlərində). Torpaqların əksəriyyətinin xüsusi aktivliyi 1 pKi/q ($1 \cdot 10^{-10}$ kütlə %), içməli suyunku 0,01-6 pKi/q, okean suyununku 0,007 pKi/q təşkil edir. İnsan orqanizminə qida məhsulları ilə daxil olan radiumun ən böyük miqdarı (pKi/il) aşağıdakı kimidir: toyuq yumurtası ilə – 91-ə qədər, kartofla – 110-a qədər, ev quşlarının əti ilə – 15-ə qədər.

Radiumun orqanizmdə hərəkəti kaliumun miqراسiyası və yığılması ilə oxşardır. Bütövlükdə radiumun payına orqanizmdə olan radioaktiv maddələrin yekun aktivliyinin $< 0,1\%$ -i düşür. Radionuklidlərin ən böyük miqdarı sümüklərdə qeyd olunur ($\sim 0,2$ Bk/q), 30-70 dəfə az miqdarda parenximatoz orqanlarda (qaraciyər və böyrəklərdə) və təqribən 1000 dəfə az əzələ toxumasında qeyd olunur.

Radioaktiv torium (^{227}Th , ^{228}Th , ^{232}Th) yuxarıda göstərilən α -şüalandırıcılar kimi, gümüşü rəngli metaldir, oksigenlə, su buxarı ilə aktiv surətdə və turşularla zəif reaksiyaya girir. Mədən süxurlarında (torianitdə, toritdə), və kristal qəfəslərinin təbii dağılmasının nəticəsi kimi torpaqda geniş yayılmışdır. Suda pis həll olunduğundan, bitkilərə cüzi miqdarda daxil olur. Bütün izotopları güclü (~ 5 MeV) α -şüalandırıcılarıdır (bax: Cədvəl 2.12). α -zərrəciklərin havada qaçış yolu 5 sm-ə çatır. Radionuklidin birləşmələri orqanizmə cüzi miqdarda daxil olur, mədə-bağırsaq yolunda pis sorulur, əsasən sümüklərdə yığılır (1,8 Bk/q) və on dəfə az miqdarda digər orqanlar və toxumalarda toplanır.

Radon (^{222}Rn) və **toron** (^{220}Tn) - rəngsiz, dadı və qoxusu olmayan qazlardır. Onlar radiumun, toriumun təbii radioaktiv parçalanmasının qısaömrürlü halqalarıdır. Təsvirlərdə onlar çox vaxt ümumi radon adı altında birləşdirilir, havaya tərkibində uranit, karnotit, torit olan minerallardan şüalanı (düşür).

Şüa buraxaraq bu qazlar yüksək xüsusi kütləyə malik olmaları (havadan 7,5 dəfə ağırdır) səbəbindən materialların səthi boyunca «axır», dayaz dərələrdə, zirzəmilərdə, podvallarda, vanna otaqlarında, evlərin birinci mərtəbələrində yığılırlar; kimyəvi ətalətliliyi (ksenon kateqoriyasına aid edilmişdir) səbəbindən mühitin (bioloji halqaların) mübadilə reaksiyalarına girmirlər; bitki və heyvan toxumalarında olmurlar; hava daşıyan yollara, qabaqcadan məişət tozunun narın

dispersli zərrəciklərində adsorbsiya edərək (75%-i diametri 5-dən 25 nm-ə qədər olan aerosollarda) ciyərlərə hava ilə daxil olurlar.

Qazlar burun-qulağın, traxeyanın, bronxların, alveolların selikli qişasının epitellilərinə şüalanma yükünü formalaşdırən güclü (5 MeV-ə qədər) α -şüalandırıcılardır. Adsorbsiya olunmuş şüalandırıcıların cüzi hissəsi mədə-bağırsağ yoluna qida məhsulları, su ilə düşür. İzotopların orqanizmə daxil olmasının miqdarı yaşayış yerinin coğrafiyasından, onun ərazinin relyefinin sıfır səviyyəsinə nəzərən hündürlüyündən, evin mərtəbəsindən, inşaat materiallarının seçiyəsindən asılı olaraq son dərəcə güclü surətdə dəyişir.

Cədvəl 2.4

Radonun hava mühitində konsentrasiyası, Bk/m³

Ölkə	Açıq havanın torpağa yaxın qatı	Mənzillərin havası*	Yığılan doza, mkZv
Fransa	$22,1 \cdot 10^{-2}$	4,8 – 13	300,0
Rusiya	$0,2 \cdot 10^{-2}$	6 -17	400
ABŞ	$22,1 \cdot 10^{-2}$	17	Məlumat
Alyaska	$22,1 \cdot 10^{-2}$	Məlumat	yoxdur
İsveç	Məlumat	yoxdur	400
	yoxdur	Məlumat	3700
		yoxdur	

* Birinci mərtəbədən başqa, burada radioaktivik göstərilən qiymətlərdən 15-20 dəfə çoxdur

Cədvəl 2.5

Radonun suda konsentrasiyası, Bk/m³

Mənbə	Ölkə	Rayon	Konsentrasiya
Dənizlər və okeanlar	-	-	10 ⁻³
Çaylar	-	-	7,4 – 11,1
İçməli su	Avstriya	Zaltsburq	1,5 -7
		Baqstayn	3700
	Finlandiya	Helsinki	1200
		Digər rayonlar	280 - 45000
	İtaliya	-	80
	İsveç	-	19 -150
	ABŞ	Mən ştatı	660 - 5800
		Şimali Karolina ştatı	100 - 1700
Böyük Britaniya	Məlumat yoxdur	7,4 - 481	
Mənbələr və qazma quyuları	Fransa	Məlumat yoxdur	≤ 3700
	Yaponiya	Məlumat yoxdur	≤ 25900
	ABŞ	Məlumat yoxdur	≤ 11100

Ağ ciyərlərə maksimal şüalanma yüklənmələri uzun soyuq dövrünə malik olan və otaqların ventilyasiyasının məcburən kəskin şəkildə azaldıldığı ölkələrdə formalaşır. Otaqların içərisində (daxilində) qazların maksimal konsentrasiyası vanna otaqlarında 2.4 və 2.5 cədvəllərində

göstərilən orta qiymətlərdən 40-50 dəfə artıq miqdarda yığılır (döşəmənin, divarların su və qazkeçirmə qabiliyyəti nəticəsində), mətbəxdə (bir qayda olaraq, tərkibində izotoplar olan qazın yandırılması), birinci mərtəbələrin mənzillərinin otaqlarında (orta qiymətdən 15-20 dəfə artıq miqdarda) yığılır.

Qazların fon radioaktivliyinin qiymətlərinin orta qiymətlərinin aşılması (1-dən 10 kBk/m³-ə qədər) tikinti materialları qabaqcadan radiasiya nəzarətindən keçirilmədən inşa edilən evlərdə qeyd olunur (əsasən, şlakobeton, qırmızı kərpicin bir sıra növləri, panellər). Radiasiya cəhətdən yaşayış üçün təhlükəli olan evlərin payı, əsasən şimal ölkələrində, RMBK-nın məlumatlarına görə 0,1%-ə çatır.

Radioaktiv təsirsiz qazların parçalanması çox kiçik ölçülü (~100 qm) zərrəciklər şəklində bərk radioaktiv törəmə məhsullarının ²¹⁰Po və ²¹⁰Pb əmələ gəlməsi ilə başa çatır. ²¹⁰Pb-un Şimal yarımkürəsinin Yərə yaxın qatlarında orta konsentrasiyası 0,5 mBk/m³ təşkil edir. ²¹⁰Pb və ²¹⁰Po-un radioaktivliklərinin nisbəti 0,2-yə bərabərdir. Aerozolların otaqların havasındakı konsentrasiyası eynilə radonun, toronun konsentrasiyasının dəyişdiyi tərtibdə dəyişir. Təsirsiz şüalandırıcılardan fərqli olaraq izotoplar orqanizmə həm havanın aerozolları ilə, həm də qida məhsulları ilə, 1-dən 10 pKi/gün dozasında daxil olur. İnsanın bədənində 100-dən 400 pKi-yə qədər (0,37-dən 1,48 Bk-ya qədər) ²¹⁰Po və elə bu qədər, yaxud da bir qədər artıq qurğuşun-210 vardır. Papiros çəkənlərin orqanizminə tütünün tüstüsü ilə

əlavə olaraq ildə 80 mki izotop daxil olur.

Mühitin metabolizminə cüzi töhfəni atmosferin yuxarı qatlarında kosmik mənşəli neytronlar selinin təsiri altında yaranan *radionuklidlər* verir. Mühitdə yaranma sürəti $-0,2 \text{ at}/(\text{sm}^3 \cdot \text{s})$ - və sonrakı miqdarının qiymətləri tritium (^3H) və karbon (^{14}C) üçün $- 2,5 \text{ at}/(\text{sm}^3 \cdot \text{s})$ ən böyükdür. Tritiumun biosferada hesablanmış ümumi miqdarı (metabolizmin, eynilə hidrogenin daxil edildiyi halqalarına daxil edilən rəngsiz qaz) $(92,5-185,0) \cdot 10^{15}$ Bk təşkil edir ki, onların 65%-i okeanda, yerdə qalanları isə torpaqda və miqrasiyanın sonrakı halqalarında yerləşir. Təbii tritiumun qida məhsullarında miqdarı olduqca azdır (14-26 Bk/kq tərtibində).

^{14}C -ün mühitdə miqdarı bir qədər artıqdır. Onun biosferdə hesablanmış ümumi (yekun) qiyməti 8,5 EBk-ya (Eksa= $1 \cdot 10^{18}$) bərabərdir, bu zaman atmosferdə 1,6%, torpaqlarda -4, okeanın yuxarı qatlarında 2,2, dərinədə 92, dib çöküntülərində 0,2% təşkil edir. Karbon mühitin ən aktiv metabolitidir, bitkilərə bilavasitə havadan karbon qazının tərkibində hopur. İnsanın bədəninə qida, su (99%), hava ($\leq 1\%$) ilə daxil olur. Karbonun mənimsənilmə əmsalı 1-ə bərabərdir. Üzvi strukturların (o cümlədən qida məhsullarının) xüsusi aktivliyi 230 Bk/kq təşkil edir.

Hər iki radionuklid yumşaq γ -şüalandırıcıların mənbəyi olub, metabolizmin qohum halqaları ilə toxumalarda piy strukturlarına az tronluqla bərabər sürətdə paylanmışdır (bax: Cədvəl 2.12).

Təbii radionuklidlərin metabolizminin bioloji effektivliyinin göstəricisi buraxılan şüalanmaların maddə ilə qarşılıqlı təsirinün yekun effektlərinin yekun (son) qiymətləri – radionuklidlərdən ionlaşdırıcı şüalanmaların dozası, onların paylanması və orqan və sistemlərin şüalandırılmasına sonrakı reaksiyalardır (Cədvəl 2.6).

Foton-elektron sellərinin (udulma dozalarının) ən böyük miqdarını toxumaların hüceyrələri orqanizmdə bir bərabərdə paylanmış «yumşaq» β -şüalandırıcılardan (radioaktiv hidrogen, karbon, kalium) alır. Dozaların formalaşmasında bəzi üstünlüklərə maksimal funksional aktivliyə - maddələr mübadiləsinin maksimal sürətinə malik hüceyrələr sahib olur.

Uran, torium sırasının radionuklidləri bioloji toxumalara daha tropluğu ilə fərqlənir. Bununla belə, orqanizmə təkamülə söykənən işlənmiş zəncirle daxil olaraq, bu şüalandırıcılar qrupu sümük strukturlarında yığılır. Böyük enerji (~ 5 MeV) və sel sıxlığına malik buraxılan α -zərrəciklərlə qarşılıqlı təsir fotoeffekt tipi üzrə (elektron örtüklərinin cüzi ionlaşması ilə müşayiət olunan həyəcanlanma) reaksiyalarla başa çatır. Bu, mübadilə proseslərinin lokal effektiv ($NBE=20$) aktivləşməsinə gətirir ki, buna təkamül yolu ilə formalaşmış izotopları «seçimli tutan» mübadilənin neyro-endokrin tənzimlənməsi və qan yaratma sistemlərinin lokallaşması və funksiyaları dəlalət edir.

Daxili şüalanmanın stabil spektrini tamamlayan *xarici radiasiya təsirləri* kosmik, foton və korpuskulyar (əsasən, neytron) şüalanmalarından, eləcə də orqanizmdən kənardakı təbii radioaktiv γ -şüalandırıcılarından (yaşayış

binalarının divarları, yığılan təsirsiz qazlar, torpaq) yaranır.

Kosmik şüalar, atmosferin milyon illər ərzində yaranmış strukturu sayəsində, yüksək enerjili ilkin qalaktika (93%) və Günəş zərrəciklərinin şəkli dəyişmiş selidir. Qalaktika mənşəli zərrəciklər, əsasən, protonlar selinin enerjisi orta hesabla 100 MeV olmaqla, 10^{14} MeV-ə çatır, Günəşinki isə 20 MeV təşkil edir. Çox hissəsi Yer in maqnit sahələri (onların qoruyucu funksiyası endən asılı olub, qütblərə doğru azalır və ekvatora tərəf artır) sayəsində onun ətrafına dolanıb keçdiyi protonlardan başqa, ilkin kosmik şüaların tərkibinə atom nömrələri 3-5, 10-19, 20 olan nüvələrin proton-neytron qırıqları (parçaları) daxildir. İlkin kosmik şüaların intensivliyi Günəşin aktivliyinin 11 illik dövrəsinə uyğun olaraq dövrü şəkildə dəyişir və günəş aktivliyinin kəskin sıçrayışı dövründə iki-üç dəfə və daha artıq böyüyür.

Maqnit sahələrindən başqa, kosmik şüaların selini planetin nisbətən ensiz ekvatorial (yerin səthindən 1,2-8,0 Yer radiusu məsafəsində yerləşən) və daha geniş, ekvator dan 30-60 dərəcə en dairələrinə qədər uzanan radiasiya proton qurşaqları kəskin dərəcədə zəiflədir.

Cədvəl 2.6

Orta coğrafi enliklərdə normal radiasiya fonu şəraitində təbii mənbələrdən təbii orta illik şüalanma yükləri

Şüalanma mənbələri	Xarici nüfuzedicilərin şüalanma, mkQr (mrad)	Daxili şüalanma, mkQr (mrad)			Yekun ekvivalent doza	
		xayaların (cinsiyyət vəziləri, endokrin vəzilər, qanvaradan toxumaların)	Sümlük və bilavasitə bitişik toxumaların (beyin, endokrin vəziləri, qanvaradan toxumaların)	Yımsaq toxumaların (əzələ, epiteli, birləşdirici)	mənbə (yuyulaşdırılmış)	pay, %
<i>Bərabər paylanmış şüalandırıcılar</i>						
³ H	Yoxdur	0,01 (0,001)	0,01 (0,001)	0,01 (0,001)	32	14
¹⁴ C	Yoxdur	5 (0,5)	20 (2,0)	6 (0,6)		
⁴⁰ K	120 (12)	150 (15)	270 (27,0)	170 (17)		
Σ	120 (12)	155 (15,5)	290 (29,0)	176 (17,6)		

Osteotrop şüalandırıcılar

²³⁸ U	90 (9)	0,4 (0,04)	3 (0,3)	0,4 (0,04)	124	55
²²⁶ Ra	90 (9)	8,9 (0,89)	54 (5,4)	8,9 (0,89)		
²³² Th ve parçalanmanın töreme mahsulleri	140 (14)	0,16 (0,016)	10 (1,0)	0,16 (0,016)	38	
Σ	230 (23)	9,5 (0,95)	67 (6,7)	9,5 (0,95)	162	17
Tesisiz gazlar: ²²² Rn ve ²²⁰ Rn	-	0,002 (2·10 ⁻⁷)	0,003 (3·10 ⁻⁷)	0,002 (0,02); ağ ciyere - ≤ 400 (40)	Ağ ciyere - ≤ (40)	-

Kosmik şüalanma

Foton şüalanması	300 (30)	300 (30)	300 (30)	300 (30)	300	13
Neytron komponenti	3,5 (0,35)	3,5 (0,35)	3,5 (0,35)	3,5 (0,35)	4,37 (1,75 - 7)	1
NBE (nisbi bioloji effektivlik ile bürge deyişmelerin payı)	0,1 %	1,6 %	8,5 %	1,8 %	12 %	-
Cemi	= 650 (65)	= 468 (47)	= 660 (66)	= 492 (49)	= 225	-

Kosmik radiasiyanın ilkin selinin son dəyişməsi onun dəniz səviyyəsindən 20 km yuxarıda ozon qatı ilə qarşılıqlı təsiri zamanı baş verir. İlkin kosmik şüalanma burada tamamilə foton şüalanmasına çevrilir. Lakin bu zaman neytron seli qalır və o, istər hündürlüyə qalxdıqca, istərsə də ekvatorun Şimala və ya Cənuba doğru hərəkət etdikcə böyüyür. Qravitasiya sahələrinin və planetin radiasiya qurşaqlarının gücünün azalması ilə əlaqədar olaraq kosmik şüaların ümumi (yekun) ekvivalent dozası müvafiq olaraq ekvatordakı 35 mber-dən qütblərdə 140-180 mber-ə qədər dəyişir.

Kosmik mənşəli radioaktiv təsirin gücü barədə məlumatlar (selin yaşayış binalarının daşları və divarları, nəqliyyat vasitələri və s. tərəfindən ekranlanması səbəbindən kəskin azalması nəzərə alınmamaqla) aşağıda verilmişdir:

Dəniz səviyyəsindən hündürlük, km	0	3	5	10
Kosmik şüalanmanın gücü, mber/il, en dairəsində:				
0 dərəcə (ekvator).....	34	170	400	1400
30 dərəcə	40	220	580	2300
50 dərəcə.....	50	300	800	4500

Hündürlüyə qalxdıqca, o cümlədən planetin məskunlaşdırılmış adaptasiya olunan rayonlarında da radiasiya amilinin kəskin şəkildə artması aydın görünür. Xarici şüalanmanın dozasına əhəmiyyətli töhfəni yaşayış

binalarının inşaat materialları verir, bu binaların divarları və daşları kosmik şüalarının effektiv ekranıdır (Cədvəl 2.7).

Eyni zamanda binalarda ştalandırıcıların (divarlar, döşəmə, tavan) həndəsəsinin mürəkkəb olması və müasir inşaat materiallarından foton şüalanmasının gücünün artması səbəbindən dozalar kəskin şəkildə arta bilər və fonu iki-altı dəfə aşağı bilər.

Cədvəl 2.7

İnşaat materiallarında ^{226}Ra və ^{232}Th -un xüsusi aktivliyi və mənzilin daxilində xarici şüalanma yükləri

İnşaat materialının növü	Xüsusi aktivlik, Bk/kq		Xarici şüalanma yükü, mber/il
	^{226}Ra	^{232}Th	
Zəyli gilli şistlərin əsasında şlakbeton	320 – 2620	24 – 115	93 – 170
Fofogips	24 – 555	3 – 22	-
Uçucu kül	110 – 610	74 – 320	-
Sement	9 – 168	4 – 81	-
Yüngül doldurucu	36 – 195	37 – 182	-
Betonun doldurucusu (çınqıl, xırda çay daşı, qırma daş)	4 – 167	4 – 463	-
Kərpic	33 – 152	21 – 178	37 – 100
Şlak doldurucusu	84 – 151	32 – 182	-
Qum əsasında qazbeton	7 – 130	4 – 155	-
Kirəmit	63 – 91	32 – 64	-
Beton	11 – 80	9 – 105	-
Əhəng kərpic	6 – 25	4 – 29	-
İzolyasiya materialı (daş və ya şüşəli keçə)	13 – 15	4,6 – 15	-
Təbii gipsdən suvaq	1 – 13	1 – 12	-
Taxta	0,3 – 0,5	0,2 – 1,2	21 – 50

2.2. Antropogen radiasiya fonu

Təbii radiasiya fonuna aşağıdakı antropogen müdaxilələr mövcuddur:

- təbii radionuklidlərin süni (qlobal) konsentrasiyası və yenidən paylanması;

- mühitin nüvə-enerji mənşəli ən yeni radioaktiv metabolitlərlə çirkləndirilməsi;

- elmdə, təbabətdə, sənayedə süni radionuklidlərdən və ionlaşdırıcı şüaların digər mənbələrinin istehsalı və istifadəsi.

Yanacaqların çıxarılması və yandırılması, filizlərin emal edilməsi, inşaat materiallarının istehsalı və istifadəsi zamanı fon radionuklidlərinin süni (qlobal) konsentrasiyası mühitin fon geopopulyasiya paylanmasını kəskin şəkildə dəyişir. Bu növ çirklənmə daha böyük miqdarda istilik stansiyalarından çıxan kalium (^{40}K), uran (^{238}U), toriumla (^{232}Th) bağlıdır: çoxküllü kömürün yandırılması sonradan konsentrasiya olunmuş radionuklidlərin atmosfərə buraxılması ilə müşayiət olunur.

Kömürdə radionuklidlərin rəsmi miqdarı kalium (^{40}K), uran (^{238}U), toriumla (^{232}Th) üçün müvafiq olaraq 50, 20 və 10 Bk/kq qəbul edilmişdir. Real yanacaqlarda şüalandırıcıların konsentrasiyası (urana görə) 320-520 Bk/kq-a çatır. Planetdə hər il 3700 Mt kömür yandırılır ki, bu da planetin əhalisinin bütövlükdə təbii şüalanma yükünə 0,02 töhfə verir, bu zaman orta və şimal en dairələrindəki şəhərlərin əhalisinin şüalanması üstünlük

təşkil edir. Daxili yanma mühərriklərində maye (karbohidrogen) yanacaqlarının yandırılması böyük miqdarda ^{14}C , ^{40}K əlavə edir. Aşağıda bu sıranın (A) təsiri ilə bağlı əhaliyə düşən yekun populyasiya dozaları (orta fərdi dozanın şüalanmaya məruz qalanların sayına hasili) və onlara əlavə olaraq fosfat gübrələri ilə bağlı təbii şüalanma yükü (B) verilmişdir:

Təsirlər	A	B
İllik ekvivalent doza:		
fərdi, mber	0,02	0,04
populyasiyalı, Zv-insın	2000	1950

Fosfat gübrələrinin (onların illik istifadəsi 13 Mt əlavə edir) tərkibinə daxil olan və ekosistemin bütün halqalarına əlavə şüalanma yüklərinin formalaşmasında iştirak edən şüalandırıcıların tərkibi Cədvəl 1.8-də verilmişdir.

Burada nitrofosun, ammonium fosfatın, fosforitununun radiasiya aqressivliyi daha böyükdür. Onlar aktivliyi α -şüalandırıcılardan, maksimal bioloji effektivliyə malik radionuklidlərdən dozaların formalaşmasında maksimal iştirak etdikdə, 50 Bk/kq-ı aşır.

Tərkibinə və şəkli dəyişmiş təsirlərinin spektrinə görə yaxın olan radioaktivlik kömürün yandırılması zamanı əmələ gəlir (Cədvəl 1.9). Ən aqressiv (qəbul edilmiş NBE-yə görə) radionuklidlərin maksimal miqdarı

Rusiyanın kömür külündə (yandırılma aerosolunda) qeyd olunur.

Cədvəl 2.8
Fosfat gübrələrində təbii radionuklidlərin miqdarı,
Ki/kq (Bk/q)

Gübrə	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²³² Th	⁴⁰ K	Cəmi
Apatit unu	-	0,8 (0,03)	0,7 (0,026)	0,8 (0,03)	1,5 (0,045)	2,6 (0,096)	0,023
Fosforit unu	-	10,6 (0,39)	10,2 (0,38)	13,1 (0,48)	0,7 (0,026)	6,2 (0,23)	0,17
Tomasofosfat	≤ 1,0 (0,037)	0,2 (0,0074)	-	-	<0,1	0,1 (0,0037)	0,05
Superfosfat	14 (0,52)	14,1 (0,52)	-	-	0,4 (0,014)	3,7 (0,137)	0,18
Adi superfosfat	-	25 (0,92)	-	-	-	-	0,09
Ammonium fosfat	63 (2,34)	5,7 (0,2)	-	-	0,4 (0,014)	0,4 (0,014)	0,25
Nitrofos	-	23 (0,85)	23 (0,85)	25 (0,92)	-	-	0,26
Nitroammofos	-	-	0,4 (0,014)	0,4 (0,014)	-	-	0,002
NPK	-	0,2 (0,0074)	0,4 (0,014)	0,5 (0,018)	1,4 (0,052)	33 (1,22)	0,13
Zənginləş- dirilmiş konsentrat	-	11,5 (0,42)	10,6 (0,39)	7,9 (0,29)	0,6 (0,02)	2,0 (0,074)	0,12
Ftorsuzlaş- dırılmış fosfat	-	0,9 (0,0033)	-	-	-	0,9 (0,033)	0,07

Cədvəl 2.9-un məlumatlarında bilavasitə istehsalatda məşğul olan şəxslərə, eləcə də müəssisələrin (elektrik stansiyalarının) bilavasitə yaxınlığında yaşayan əhaliyə bu sıranın şüalanma yükləri nəzərə alınmamışdır. Əhaliyə şüalanma yükləri burada təbii radioaktiv fonu ikiqat artırabilir.

Global şəkli dəyişmiş radiasiya təsirlərindən başqa əlavə ekosistem şüalanma yüklərinə müəyyən töhfəni praktiki olaraq ölkənin bütün iri sənaye şəhərlərində yerləşən metallurgiya müəssisələri verir (Cədvəl 2.10).

Şlakların, aerosolların tərkibin burada, yanacaqların yandırılmasında olduğu kimi, əsas etibarilə α -şüalandırıcılar daxildir. Onlar narin dispersli zərrəciklərdə cəmləşərək, atmosfərə atılan radonla birlikdə əhaliyə şüalanma yüklərinin formalaşmasında iştirak edir və daha sonra atmosferin Yere yaxın qatlarına «axaraq», yanaşı olan rayonların əhalisinin tənəffüs sistemində şüalanma yükünü yaradır.

Radiasiya amilinin enerji spektrini və paylanmasını dəyişən ekosistem miqراسiyasının ilkin torpaq kanallarından, hüceyrə membranlarından dozaların populyasiya paylanmalarına qədər ekoloji ən yeni *antropoloji şüalandırıcılarının özünə* nüvə enerjisi mənşəli radionuklidlər aiddir. Süni radioaktivliyi mühitin tərkibinə bir bərabərdə (fon şəklində) daxil edən və laboratoriya təsadüflüyü amilinin müasir ekosistem təsirlərinə keçidini başa çatdıran əsas mənbələr nüvə silahının sınaqları oldu. Onlar radionuklidlərin radioaktiv yağıntılarını planetin Şimal yarımkürəsində nisbətən müntəzəm səpilməsinə səbəb oldu (Şək. 2.1).

Cədvəl 2.9
Kömürdə və onun yanma məhsullarında radionuklidlərin miqdarı, pKi/q (Bk/q)

Ölkə	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²³² Th	²²⁸ Th	²²⁸ Ra	⁴⁰ K
<i>Kömür</i>							
Rusiya	-	0,5 - 0,9	0,2 - 1,4	0,3 - 2,0	-	-	-
Polşa	0,001-1,3 (0,00037-0,0048)	-	-	-	-	-	-
Çexiya və Slovakiya	-	0,7 (0,026)	0,6 (0,022)	-	-	0,11-0,35 (0,0004-0,013)	25 (0,092)
ABŞ	0,49 (0,018)	0,3 (0,011)	-	0,57 (0,02)	-	-	1,4(0,052)
<i>Kömür külü</i>							
Rusiya	-	5,0 (0,185)	-	2,3 - 8,7 (0,085-0,322)	-	3,3 (0,122)	-
ABŞ	-	3,8 (0,14)	-	2,6 (0,096)	-	2,4 (0,089)	-
<i>Slak</i>							
Polşa	-	4,3 (0,159)	-	-	1,2 (0,044)	-	-
ABŞ	4,9 (0,18)	0,55 - 4,5 (0,02-0,166)	1,0 (0,057)	1,5 (0,055)	0,5 (0,018)	-	26 (0,96)
<i>Uçucu kül</i>							
Polşa	0,6 - 6,7 (0,022 - 0,248)	1,0 - 6,4 (0,037-0,237)	-	0,18 - 0,2 (0,006-0,0074)	1,0 (0,037)	-	22,5 (0,832)
ABŞ	10 (0,37)	0,4 - 3,1 (0,015 - 0,11)	17,3 (0,64)	2,6 (0,096)	0,4 (0,015)	-	11,5 (0,41)

**Hidrometallurjiya zavodunun havaya illik
radioaktiv buraxılışları**

Nuklid	Nuklidlərin buraxılışı, Ki (Bk)	Nuklid	Nuklidlərin buraxılışı, Ki (Bk)
^{238}U	0,09 ($0,3 \cdot 10^{10}$)	^{210}Pb	0,009 ($0,3 \cdot 10^{-9}$)
^{234}U	0,09 ($0,3 \cdot 10^{10}$)	^{210}Bi	0,009 ($0,3 \cdot 10^{-9}$)
^{234}Th	0,01 ($0,037 \cdot 10^{10}$)	^{210}Po	0,009 ($0,3 \cdot 10^{-9}$)
^{230}Th	0,01 ($0,037 \cdot 10^{10}$)	^{222}Rn	1400 ($5,18 \cdot 10^{13}$)
^{226}Ra	0,009 ($0,3 \cdot 10^{-9}$)		

1945-ci ildən 1991-ci ilə qədər dövrdə planetimizdə nüvə partlayışlarının ümumi sayı 2059, o cümlədən atmosferdə 508 təşkil etmişdir. Belə partlayışların çoxu, müvafiq olaraq 1085 və 205, ABŞ-da həyata keçirilmişdir. İkinci yerdə Rusiya (SSRİ) durur – 715 və 215. Fransa 182 partlayış (atmosferdə – 45), keçirmişdir. Böyük Britaniya və Çin – müvafiq olaraq, 42 və 35 (atmosferdə – 21 və 22) keçirmişdir.

Nüvə silahının sınaqlarının keçirilməsinə moratorium qəbul edildikdən sonra ayrı-ayrı partlayışlar Hindistan və Pakistanda - moratoriuma qoşulmamış ölkələrdə keçirilmişdir.

İkinci yeri dünyanın elektrik enerjisinin 30%-ni istehsal edən enerji təyinatlı (AES) nüvə reaktoları və tədqiqat reaktorları tutur ki, onlar Şimali Amerika, Asiya və Avropa ölkələrində nisbətən müntəzəm paylanmışdır.

Təqribən eyni sayda tədqiqat və texniki xarakterli reaktor ABŞ və Qərbi Avropa ölkələrindədir.

Hesablamalar (D. Hofman, 1994) göstərir ki, mühitin AES-dən Avroasiya və Amerika kontinentlərində müntəzəm paylanmış yekun aktivliyi, fəaliyyətdə olan nüvə-enerji qurğularının 10 illik normal işləmə rejimi halında Çernobil AES-dən mühitin nisbətən lokal çirklənməsinə bərabər olacaqdır. Qaz-aerozol buraxılışları AES-nın enerji tsikllərinin sonradan basdırılması tələb olunan maye və bərk tullantıları ilə tamamlanır. Belə tullantıların ümumi yığılmış miqdarı Rusiyada 200 min kubmetrə çatır. Belə şüalandırıcıların sonradan ekosistemlərin tərkibinə və metabolizminə daxil edilməsi riski olmadan basdırılması ciddi, hələ qəti şəkildə həll edilməmiş problem olaraq qalır.

Mənbələrinin rəüxtəlifliyindən asılı olmayaraq, mühitin nüvə-enerji mənşəli massiv radioaktiv çirklənmələrinin tərkibinə daxil olan əsas uzunömürlü radionuklidlər sezium (^{137}Cs), stronsium (^{90}Sr), çox az töhfə ilə plutoniumdur (^{239}Pu və ^{240}Pu). Bu nuklidlərin parçalanma sürəti onların mühitdə yığılma sürətindən əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır ki, bu da radionuklidlərin müasir mühafizə sistemləri və radionuklidlərin mühitə buraxılması normaları şəraitində şüalandırıcıların ekosistemlərdə yığılmasına gətirir.

Şimal yarımkürəsinin torpağında atmosferdən yağıntılar sayəsində ^{90}Sr və ^{137}Cs -nin yığılma səviyyəsi, mKi/km^3 (Bk/m^2):

İl	1958	1963	1968	1973
⁹⁰ Sr	6,67 (250)	29,5 (1100)	37,2 (1400)	35,2 (1200)
¹³⁷ Cs	10,7 (396)	47,2 (1750)	56,3 (2100)	56,3 (2100)

Müasir mühitin fon radiasiya təsirlərinə müəyyən (qəzalar zamanı tireotrop şüalanma yüklərinin formalaşmasına gətirən) töhfəni yodun qısaömlü izotopu (¹³¹I) verir. Buraxılışın bir sıra digər (əsas etibarilə qısaömlü) toplananları miqrasiya həlqələrinə, əhaliyə və bütövlükdə ekosistemə əlavə şüalanma yükünün paylanması və yığılmasına əhəmiyyətli töhfələr vermir.

Seziyum (¹³⁷Cs) - parıldayan qızılı rəngli yumşaq metaldir, oksigen və su ilə güclü sürətdə partlayışla reaksiyaya girir, kimyəvi xassələrinə görə kaliuma yaxındır. Stabil izotopun (¹³⁷Cs) mühidə miqdarı olduqca cüzdür (Yer qabığında, insanın və heyvanların sümük toxumasında $3 \cdot 10^{-6}$ % və dəniz suyunda $3 \cdot 10^{-8}$ %). Nüvə energetikası yaranana qədər mühidə bu izotop tamamilə mövcud deyildi. Təbii bioloji funksiya daşıyır.

Ən böyük əhəmiyyətə ¹³⁷Cs malikdir; onun AES tərəfindən buraxılışları 2000-ci ildə ümumən $22,2 \cdot 10^{19}$ Bk ($6,0 \cdot 10^9$ Ki)/il təşkil etmişdir (Çernobil AES-də qəza zamanı bu izotopun buraxılışı $22,9 \cdot 10^{20}$ Ki təşkil etmişdir). nüvə reaktorlarında uran, plutonium atomlarının bölünməsi, nüvə partlayışları zamanı əmələ gəlir; AES-nın qalıq məhsullarından ayrılaraq, təbabətdə, metallurgiyada, kənd təsərrüfatında γ -şüalandırıcı kimi istifadə edilir. Hal-

hazırda cüzi miqdarda xarici mühitin bütün obyektlərində aşkar olunur.

Sezium izotopları istənilən şəkildə orqanizmə daxil olduqda tamamilə (rezorbsiya əmsalı 100%-dir) metabolizmə qoşulur və kaliumla, o cümlədən ^{40}K -la rəqabətə girir. Orqanizmdə miqrasiya sürəti 25 dəfə kiçikdir ki (bax: Cədvəl 2.12), bu da izotopun daha sərt γ -şüalanmasında ^{40}K -a nisbətən daha böyük mikrolokal (membran) şüa yükləmələrinə gətirir. Bu halda enerjinin udulmasının xarakteri bir qədər fərqli, ionlaşmaya doğru sürüşmüş olur. Orqanizmdə miqrasiyanın təbii analoqundan fərqli olaraq, gündəlik daxil olmanın qiymətindən 30 dəfə çox olan doyma həddinə qədər yığılır. Mühitin müasir fon çirklənməsi şəraitində sakinlərin orqanizmində miqdarı, hesablamalara görə 0,4-0,5 Bk/kq təşkil edir, amma radiasiya qəzalarına məruz qalmış AES-lərə yaxın ərazilərin əhali qruplarında yüz min dəfə artıq olur.

Stronsium (^{90}Sr) - gümüşü kalsiuma oxşar metaldir, oksid təbəqəsi ilə örtülmüş olur, reaksiyalara pis girir, ekosistemin metabolizminə mürəkkəb Ca-Fe-Al-Sr kompleksləri əmələ gəldikcə qoşulur. Stabil izotopun təbii miqdarı torpaqda, sümük toxumalarında, mühitdə $3,7 \cdot 10^{-2}\%$ -ə çatır, suda, əzələ toxumalarında $7,6 \cdot 10^{-4}\%$ təşkil edir. Bioloji funksiyaları aşkar edilməyib; zəhərli deyil, kalsiumu əvəz edə bilir. Mühitdə radioaktiv izotop yoxdur. Stronsiumun radiasiya xarakteristikaları Cədvəl 2.12-də

verilmişdir. Mühitə daxilolma mənbələri eynilə sezium üçün olandır. Nüvə energetikası mənbələrindən gələn radio-nuklidlərin torpaqda və miqrasiyanın sonrakı halqalarındakı miqdarı ^{137}Cs -nin miqdarına uyğun gəlir.

Stronsiumun orqanizmə daxil olması metabolitin torpağın üzvi strukturuna, qida məhsullarına qoşulmuş olmasından asılıdır və 5%-lə 30% arasında dəyişir, uşaq orqanizminə daha çox nüfuz edir. Daxilolma yolundan asılı olmayaraq, şüalandırıcı skeletdə yığır (yumşaq toxquşmalarda 1%-dən artıq qalmır). Orqanizmdən çox pis kənarlaşdırılır ki (bax: Cədvəl 2.12), bu da orqanizmə xroniki daxil olduqda dozanın fasiləsiz yığılmasına gətirir. Özünün α -aktiv analoqlarından (uran, torium və s.) fərqli olaraq, stronsium effektiv β -şüalandırıcıdır. Bu, radiasiya təsirlərinin, o cümlədən cinsiyyət, endokrin vəzilərə, qırmızı sümük və baş beyninə təsirlərin spektrini dəyişir. Yığılan dozalar (fön) eynilə seziumda müşahidə edilən daxilolma hədlərində dəyişir ($4,5 \cdot 10^{-2}$ mZv/il tərtibli dozalarda sümüklərdə $0,2 \cdot 10^{-6}$ mKki/q-a qədər).

Plutonium ($^{239(240)}\text{Pu}$) - gümüşü-ağ metaldir, bərk, həll olunmayan oksidlər əmələ gətirir; nadir torpaq elementlərinə aiddir; mühitin təbii tərkibinə daxil deyil. Mühitdə miqrasiyasının təbiəti öyrənilməyib, lakin çox ehtimal ki, təbii (nadir-torpaq) torium analoqunun aktinidinin miqrasiyasına oxşardır. Torium kimi o da spektrinin energetik xarakteristikaları təbii analoquna yaxın olan α -, β -, γ -şüalandırıcıdır (bax: Cədvəl 2.12). Kompakt

enerji mənbəyi, nüvə yanacağı kimi, nüvə silahlarının istehsalında istifadə olunur. Plutoniumun payına mühitdə olan nüvə mənşəli radionuklidlərin 1%-dən çoxu düşür. 10%-ə qədər plutonium suda həll olunan formalara keçə və sonradan bioloji halqalar boyu miqrasiya edə bilər. Orqanizmdə miqrasiyanın, yığılmanın və paylanmasının xarakteri toriumda olduğu kimidir.

Şüalanma spektrinə, fiziki xarakteristikalarına görə neptunium ($^{212-235}\text{Np}$), amerisium ($^{237-242}\text{Am}$), kürium ($^{238-250}\text{Cm}$) radionuklidləri bir-birinə yaxındır. Onlar gümüşü metallardır, təbiətdə onlara rast gəlinmir, transuran aktinoid elementlərinə aiddir; hava, su onlara təsir edir, qələvilər isə təsir etmir; səthlərində oksid təbəqəsi əmələ gəldiyindən, havada dayanıqlıdır; mühitdə onların stabil izotopları aşkar olunmamışdır. α -şüalanmasının orta enerjisi təqribən 5 MeV/(Bk·s) olan α -, β -, γ -şüalandırıcılarıdır. İzotopları nüvə reaktorunda plutoniumun yaranması (və alınmasının) yan məhsulları kimi ayrılır. AES-da qəza nəticəsində çirkəndirmə zamanı mühitə çıxış çox cüzdür.

Orqanizmə mədə-bağırsaq yolundan çox pis sorulur. Mühitdə miqrasiyanın xarakteri tədqiq olunmayıb. Yığılma yeri skeletdir. Orqanizmdə yığıldıqda qırmızı sümük beyninin (iliyin), qara ciyərin, böyrəklərin zədələnməsi daha ehtimallıdır. Neptunium və küriumdan fərqli olaraq, amerisium ekosistemlərdə, orqanizmdə yaxşı həll olunur və daha mütəhərrikdir.

Yod ($^{131(129)}\text{I}$) – qara rəngli, metal parıltılı qeyri-metaldır. Yaxşı buxarlanır (uçucudur). Son məlumatlara görə, ^{129}I litosferdə uranın spontan bölünməsi zamanı əmələ gəlir. Onun hesablanmış konsentrasiyası stabil yodun (^{127}I) bir qramına 10^{-14} qram təşkil edir. Miqdarı (stabil yoda görə) torpaqda $0,14 \cdot 10^{-4} \%$ və $0,049 \cdot 10^{-4}$ təşkil edir. Bioloji aktivdir, qalxanşəkili vəzin hormonlarının sintezi üçün məcburi mikroelementdir. Qida ilə daxil olmalı miqdar 0,1-0,2 mq ($0,1-0,2 \cdot 10^{-16}$ mq/Ki təbii radioaktiv yod) təşkil edir. Əsas antropogen izotopu nüvə partlayışları, AES-nin istismarı (qəzaları), reaktorların qəzaları zamanı yaranan ^{131}I izotopudur. Miqrasiyanın ekoloji halqalarına fəal sürətdə qoşulur. Açıq nüvə sınaqları keçirildikdən sonra formalaşan yekun yığılma dozaları $480 \cdot 10^{-2}$ mkQr təşkil edir. Mühitə buraxılış AES-nin normal istismarı zamanı 5-400 Bk (Vt-il) arasında dəyişir. Radionuklid orqanizmə mədə-bağırsaq yolundan (əsas yol) daxil olduqda izotopun 100%-i sorularaq, daha sonra qalxanabənzər vəzidə, xüsusən də uşaqlarda, yığılır və bu zaman yaşlı adamın qalxanabənzər vəzisi üçün dozadan 2-10 dəfə artıq olur.

Birdəfəlik çirklənmədən (orqanizmə daxil olduqdan) sonra mühitin (orqanizmin) radioaktivliyinin davamiyyəti (sürəkliyi) 1,5 aydan çox olmur.

Cədvəl 2.11

Əhaliyə düşən süni şüalanma yükləri

Mənbə	Rusiyada şüalanmaya məruz qalanların sayı	Doza, mkr (mrad)		
		Rentgenoqrafiya	Əhalinin 50 %-i	5,8 - 70 (0,5 - 7,0)
Televizor ekranları və kompüterlərin displeyləri	Əhalinin 90 - 95 %-i	36 - 54 (3,8 - 5,4)	15 - 7 (1,5 - 0,7)	0,9 - 2,6 (9-26)*
Səmişin uçuşları zamanı kosmik şüalanma	Uçuş müddəti 1 saatdan 8 saata qədər olduqda 5%-dən 20 %-ə qədər	27 - 46 (2,7 - 4,6)	27 - 46 (2,7 - 4,6)	27 - 46 (2,7 - 4,6)
İşıqlanan siferblatlar	Əhalinin 1%-i	-	12-33 (1,2 - 3,3)	
Cəmi		≤ 17 mber	≤ 11,6 mber	≤ 20 mber

* Qalxanvari vəziyyət

Əhaliyə ekosistemin radiasiya təsiri mühitin radioaktiv çirklənməsi ilə bağlı olmayan *süni şüalanma* yükləri ilə tamamlanır. Mütəsir sakinlərə belə şüalanma yüklərinin məcmu (yekun) dozasına əsas töhfəni tibbi diaqnostika və müalicə məqsədləri ilə aparılan şüalanma verir. Belə radiasiya təsirlərinin tezliyi ildə hər 1000

adama 200-500 prosedur təşkil edir (ABŞ, Almaniyada - 600-ə qədər). Rusiyanın «orta sakininin» şüalanma dozaları 0,17-0,13 mrad-a çatır («nişanlanmış» izotoplardan istifadə edilməklə aparılan radioloji tədqiqatlar analoji dozaları formalaşdırır, lakin daha az sayda əhaliyə). Televizorların ekranları, kompüterlərin elektron-şüa borulu displeyləri güclü şüalandırıcılardır. Müasir sakinlərin aldığı yekun dozaya əhəmiyyətli töhfə verən xarici, geniş spektrə malik radiasiya təsiri reys sərnəşin uçuşlarında hündürlüyə qalxdıqca öz tərkibini kəskin şəkildə dəyişən kosmik şüalanmadır. Bütövlükdə bütün radiasiya təsirlərinin məcmusu orta təbii radiasiya fonunu iki dəfə yüksəldir (Cədvəl 2.11).

Beləliklə, planetimizin təbii mühitinə, o cümlədən insan orqanizminə radiasiya yükü həm bir sıra təbii təbiət amilləri ilə, həm də insanların fəaliyyəti nəticəsində yaşayış mühitinin antropogen dəyişmələri ilə şərtlənə bilər.

Sonda təbii və antropogen (nüvə-enerjisi) radio-nuklidlərinin xarakteristikalarını gətirək (Cədvəl 2.12).

Əsas təbii və antropogen (nüvə enerjisi) radionuklidlərin xarakteristikaları

Radionuklid	Yarımparçalanma dövrü	Udulum, %	Orqanizmdə ən çox yığılan yer	Orqanizmdə aktivliyin iki dəfə azalma müddəti	Şüalandırıcıların orta enerjisi, MeV			Orta illik fon yükü, cZv (mber)
					α	β	γ	
Kalium (^{40}K)	$1,3 \cdot 10^9$ il	100	Bütünlü bədəndə, beyin, eritrositlər	58 gün	-	0,5	0,16	Bütünlü bədəndə illik ≤ 20
Karbon (^{14}C)	5370	100	Piy, sümük toxuması	Yığılır	-	$4,9 \cdot 10^{-2}$	-	Bütünlü bədəndə 1,02, piy toxumasında 4,2
Radon (^{222}Rn)	3,8 gün	Udulumlar	Yığılır. Xarici şüalandırıcılar tipində yuxarı tənəffüs yolları, ağ ciyər	Yığılır	5,5	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,02 (ağ ciyərdə ≤ 50)
Toron-220	54, 5 gün							
Radium (^{226}Ra)	1620 il	0,5 - 1	Skeletdə 80% qədər	17 il	4,7	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$	≤ 14
Torium (^{232}Th)	$1,4 \cdot 10^{10}$ il	1	Sümük toxuması, qara ciyər	22 il	4,07	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,07 - 0,7

Polonium (²⁰⁹ Po) (radiumun törəmə məhsulu)	103 il	43	Sümlük toxuması, qırmızı sümlük ilivi, ağ ciyər	50 gün	5,75·10 ²	5,8	1,55	0,001 (ağ ciyəre 0,002-ya qədər)
	29,1 il	5	Bütün bədən, skelet	5700 gün	-	0,2-0,9 (sümlük toxuması sında 1,1)		Mühitdə fon miqdarı 0,045 Ki/km ²
Yod (¹³¹ I)	8,06 gün	100	Qalxanvarı vəzi	7 gün	-	0,2	0,4	-
Yod (¹²⁹ I)	1,57·10 ⁷ il					6,4·10 ⁻²	2,5·10 ⁻²	
Seziüm (¹³⁷ Cs)	30 il	76	Bütün bədən, böyrəklər, qara ciyər	138 gün	-	0,2	0,6	Mühitdə fon miqdarı 0,08 Ki/km ²
Seziüm (¹³⁴ Cs)	2,06 il					0,2	1,6	
Plutonium (^{238/239} Pu)	8,9·10 ⁶ gün	0,35	Ağ ciyər (aerozol düşmə), böyrək, qara ciyər	3,2·10 ⁴ gün	5,5	1·10 ⁻²	8·10 ⁻⁴	Mühitdə fon miqdarı 0,005 Ku/km ²
						(sümlük toxumasında 0,5 – 270)		

FƏSİL 3

YÜKSƏK RADİOAKTİVLİYƏ MALİK ANOMAL TƏBİİ VƏ ANTROPOGEN ƏRAZİLƏR

1-1,2 milyard il əvvəl Yerin təbii oksigensiz mühitdə yaranmış və 2-2,5 milyard il mövcud olmuş ilkin biosferində birinci ekoloji qəza baş verir: reduksiya reaksiyalarının əsasında qurulan mübadilə proseslərinin tərkibinə ekosistemin oksigendən istifadə edən və onu yaradan daha rəqabətli energetik halqaları qoşulur. Mühitin bundan sonra gələn «qlobal zəhərlənməsi» (dokembri dövrü) kəskin təkamül sıçrayışına gətirdi, o cümlədən müasir, tərkibində oksigen olan spektrini dəyişən atmosferin, onun ozon qatının formalaşması, yerüstü floranın, faunanın, litosferin ilkin radionuklid tərkibini ekranlayan torpaqların formalaşması sayəsində.

Bununla yanaşı, indiki zamanda da elə əhali yaşayan ərazilər (dəniz səviyyəsindən 3-5 min metr yüksəklikdə yerləşən) vardır ki, orada bütün canlılara, o cümlədən insana təsir edən xarici kosmik şüalanmanın spektr və dozaları dokembri qiymətlərinə yaxındır. Yerin mantiyasının konveksiya axınları, Yer qabığının tavalarının toqquşması, müəyyən dövrləklə baş verən vulkan prosesləri, hal-hazırda məskunlaşdırılmış və radioaktivliyi fəndan kəskin şəkildə yüksək olan ərazilərin formalaşmasına gətirmişdir (Cədvəl 3.1).

Cədvəl 3.1**Yer mantiyasında güclü surətdə uranın yığılması və onun radioaktivliyinin artması dövrləri**

Vaxt, milyon il qabaq	Geoloji dövr	Güclü uran yığılma dövrü
100	Neogen	-
	Paleogen	-
	Təbaşir	Erkən təbaşir – Gec təbaşir
200	Yura	Gec yura
	Trias	Gec perm
	Perm	Perm və trias süxurlarının təması
300	Karbon	Gec devon –
	Devon	Erkən devon
400	Yuxarı selur	-
	Aşağı selur	-
500	Kembri	-
600	Kriptomozoy	-
700	Eon	Vend
800	Eon	-
900	Eon	-
100	Eon	-
1200	Eon	-
1400	Rifey	-
1600	Rifey	Aşağı və orta rifeyin sərhədi
1800	Proterozoy	-
2000	Proterozoy	Orta və yuxarı proterozoyun sərhədi Aşağı və orta proterozoyun sərhədi

XX əsrin ikinci yarısından mühitin radioaktiv yenidən təşkili prosesinə mühitin kəskin artmış radioaktiv

çirklənməsinə malik əraziləri formalaşdıran insan qoşulur.

Belə təsirlərin təhlükəli olması sualına son cavab mövcud deyil. Bu problemin həllinə müəyyən töhfəni bu fəslin materialları verir.

3.1. Mühitin təbii radioaktivliyi yüksək olan anomal ərazilər

Yüksəkliyə qalxdıqca kvantların və zərrəciklərin enerjisinin əsas akseptorları olan oksigen və karbon dioksidin parsial təzyiqi azalır. Bu, fəonun ən aqressiv komponentlərinin, atmosfərə kosmosdan daxil olan neytron şüalanması selinin sıxlığının böyüməsinə gətirir (Cədvəl 3.2).

Cədvəl 3.2

Kosmik radiasiya selinin gücünün hündürlükdən asılı olaraq dəyişməsi

Dəniz səviyyəsindən hündürlük, km	İon cütlərinin yaranması, sm ⁻³ /s	Neytronların seli, sm ⁻² /s
0 – 0,1 (sahilyanı zona)	1,9 – 2,6	8·10 ⁻³
0.1 -0,5 (düzənliklər)	2,6 – 3,0	8·10 ⁻³
0,5 – 1,5 (dağətəyi yerlər)	3,0 – 5,6	1,7·10 ⁻²
1,5 – 2,5 (Alp çəmənlikləri)	5,6 – 6,5	6,4·10 ⁻²
2,5 – 4 (quş və bitkilərin yaşaması)	6,5 – 14,6	1,8·10 ⁻¹
≤ 10 (mikroorqanizmlərin yığılması, insanların uçuşu)	162	1,4

Atmosferin tormozlayıcı (ekranlayıcı) funksiyaları ekvatorndan həm Şimala, həm də Cənuba doğru zəifləyir.

Yerin maqnitosferinin (qütblərdə qapanan geomaqnit sahələrinin), ekranlaşdırıcı radiasiya qurşaqlarının gücü ekvatorndan aralandıqca azalır ki, bu da ağır yüklü zərrəciklərə (böyük sürətli protonlara, neytronlara, yüksək enerjili nüvələrin qəlpələrinə) burada planetin səthinə çatmağa və biosferin tərkib hissələri, bitkilər, heyvanat aləmi, əhali ilə qarşılıqlı təsirə girməyə imkan verir. Kosmik şüaların dozasının gücünün və tərkibinin dəniz səviyyəsindən (sürət) yuxarı hündürlüyün (3,5 km - məhrəc) artması ilə və ekvatorndan (maksimal geomaqnit və ekranlaşdırıcı mühafizəyə malik ərazilər) uzaqlıqla funksional əlaqəni təsvir edən məlumatlar göstərir ki, radiasiya amilinin gücü orta enliklərin təbii normasından onlarla dəfə və daha çox ola bilər:

En, dərəcə	10-20	30-40	50-60	80-90
Təbii kosmik şüalanmanın yekun ekvivalent dozası, mber/il	20,7/243	40/470	50/400	142/803

Amma buna baxmayaraq, əksər hallarda belə rayonlar nəinki məskunlaşdırılıb, həm də orta enliklərin düzənlik əraziləri ilə müqayisədə daha sağlam hesab olunur. Pamirin yüksək dağ ərazilərində, məsələn, peşəkar idmançıların müəyyən qruplarının məşqləri keçirilir və yüksək stayer dözümlülüyü formalaşdırılır. Alp qurşağının, Karpat dağlarının əraziləri sağlamlaşdırıcı istirahət zonalarıdır və səciyyəvi ekosistem normalarından

başqa, yerli əhalinin daha yüksək uşaq doğma funksiyasına malik olması ilə fərqlənir. Burada əhalinin artımı, bir qayda olaraq, yüksək olub, Qərbi Avropa ölkələrinin analoji (mənfi) sağlamlıq xarakteristikalarından kəskin şəkildə fərqlənir. Təbii kosmik şüaların təbii fonu yüksək olan bir neçə ərazi məlumdur (Cədvəl 3.3).

Planetimizdə həmçinin tərkibində litosferin yuxarı qatlarına, o cümlədən torpaq qatına daxil olmuş böyük miqdarda təbii radioaktiv maddələr olan komponentlərdən ibarət mədən süxurlarının xüsusiyyətlərinə malik Yer qabığının anomal strukturu ilə şərtlənən yüksək radioaktivliyi olan ərazilər vardır.

Belə süxurlar monasit və toriumla zəngin qumlar, qranit, şist süxurları və bir sıra başqaları ola bilər. Yüksək radioaktivlikli ərazilərdən aşağıdakıları göstərmək olar: Hindistanın Kerala və Madera ştatlarının monasit rayonları, burada əhalinin şüalanma dozası 3924 mber/il qiymətinə çatır ki, bu, norma kimi qəbul olunan orta enliklərin əhalisinin aldığı dozadan 30 dəfə çoxdur.

Braziliyanın bir sıra rayonları (Rio-de-Janeyro, Minad-Enayres ştatları, Quatapari qəsəbəsi) və Niye adası (Sakit okean), burada əhalinin illik dozası 1150-1800 mber/il-ə çata bilər ki, bu da normadan 8,5-13 dəfə yüksəkdir. Göstərilən ərazilərdə ümumilikdə 500 minə yaxın insan yaşayır. Yüksək radioaktiv fonlu ərazilərə bütün dağ-büküklü periferik bölgələri aid etmək lazımdır: Ural, Maqnitqorsk, Nijni Tagil, Krasnoyarsk və b. (1-1,5 mln. insan).

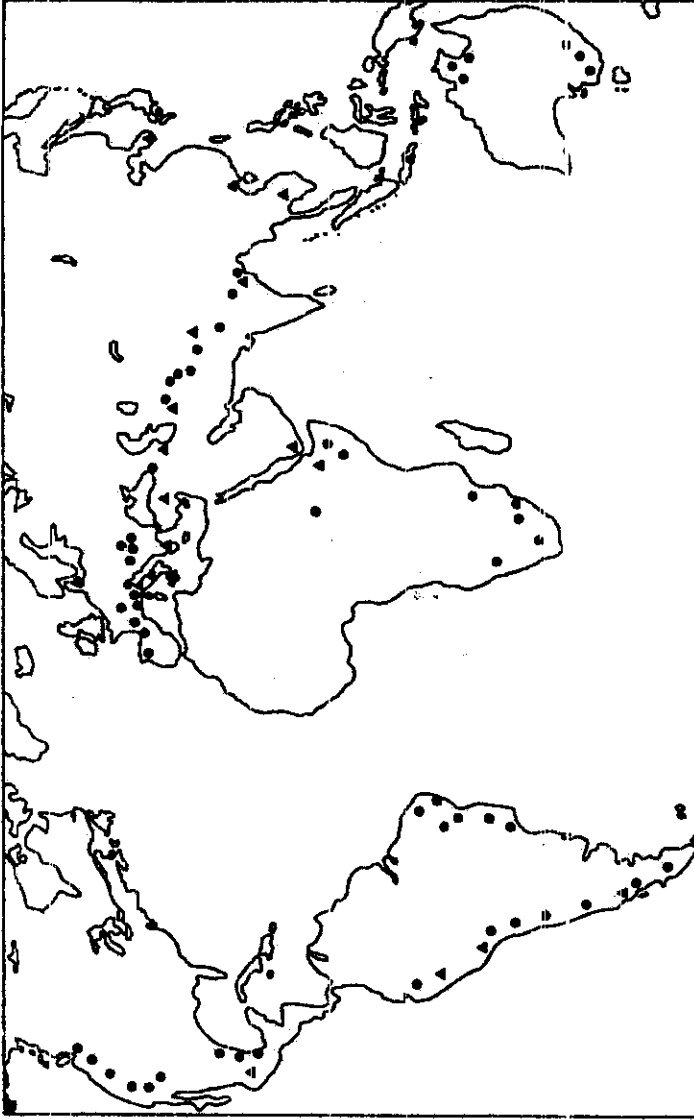
Cədvəl 3.3

Yüksək kosmik şüalanmaya malik ərazilər

Ərazi; dəniz səviyyəsindən hündürlük, km	Yekun ekvivalent doza, mber/il (təbii normanın %-i)	Mühitin ekoloji xarakteristikası	Əhalinin sayı və reproduktivlik qabiliyyəti (1990 – 2000-ci illər); orta hesablaşma göstəricisi, %
Qərbi Cənubi Qafqaz, Kərpət dağları; 1428 – 3724	220-360 (550 – 900)	İynəyarpaqlı, fıstıq meşələri, biçənəklər, subtropik iqlim	4 milyon adam; + 13,5
Alp qurşağı; 2200 – 3000 m Yay otlaqları (kurortlar); 3600 – 5100	220-580 (550 – 1450)	İynəyarpaqlı meşələr, kollar (Alp xalça çəmənlikləri, rododendron, qaragilə)	Bir neçə milyon adam; + 0,25
Pamir (Çin, Monqolustan, Tacikistan, Əfqanıstan); 3500 – 4000	360-470 (900 – 1175)	Bozqırlar, çay vadilərində meşələr	Bir neçə milyon adam; + 17,1
Himalay dağları, Hihd-Qang vadisi 33 min km ² ; 4000 – 5000	310-490 (775 – 1225)	Düzənliklər, tropik iqlim	Bir neçə min adam; + 10,5
Şimal en dairələri, Qütbərxası yerlər (Norveç, Danimarka, İslandiya və b.)	142-472 (355 – 1180)	Qütbərxası iqlim	Bir neçə milyon adam; + 7,9

Şüalanma mənbələri burada yalnız yüksək şüalanma yükü formalaşdırmır, onlar həm də ekosistemin bütün halqalarının metabolizminə qoşularaq, burada yaşayan sakinlərin orqanizmində yığılır. Mötədil radioaktiv fona malik orta enlik rayonlarından fərqli olaraq burada əhaliyə düşən şüa yükləri təbii fondan 10-15 (bəzən isə 30) dəfə çoxdur. Şüalandırıcıların ən azı 30%-i burada əsasən cinsiyyət vəzilərinə, qanyaratma toxumalarına, beyinə şüa yükü verən uran-torium qrupunun α -aktiv radionuklidləridir. Bununla belə, bu, yerli sakinlərin sağlamlığına təsir etmir, bəzən isə hətta onu yaxşılaşdırır. Təkamül nöqtəyi-nəzərindən məhz bu ərazilər bəzi yerlərdə müasir kənd təsərrüfatı bitkilərinin, heyvanların, insanın effektiv (rəqabətə davamlı) növ əmələgəlmə yerləri olmuşdur (şək. 3.1).

Anomal, lakin sabit təbii radiasiya təsirli yerlərdən başqa, çox ehtimal ki, müəyyən rolu Günəşin aktivliyinin artması ilə bağlı normal rayonlarda Yerın səthinə çatan korpuskulyar və sərt foton şüalanmaların gücünün dövrü olaraq qlobal artması da oynayır. 1920-ci ildə A.L. Çijevski Günəşdəki aktivliklə Yerdəki həyatın arasındakı səbəb əlaqəsinin salnamələr, monastır xronikaları, səyahətçilərin gündəlikləri, astronomların qeydləri, statistikanın, təbabətin, botanikanın və s. məlumatlarına əsasən izləmişdir. Belə cürbəcür mənbələr ona qərribə qanunauyğunluqları aşkar etməyə imkan verdi: taun, vəba, difterit və digər yoluxucu xəstəliklər Günəş aktivliyinin ən böyük olduğu dövrlərdə fəallaşır.



Şek. 3.1. İri uran yataqlarının (●) N.İ. Vavilov tərəfindən aşkarlanmış növ əmələ gəlməsi mənbələri (▲) ilə müqayisə edilməsi

Günəşin aktivliyinin dəyişməsi ilə həmçinin qanda leykositlərin miqdarının, qandakı şəkərin, kalsium və kalium miqdarının dövrü dəyişmələri, qanın laxtalanması, insanların dərisinin elektrik potensialının sürüşmələri, vəhşi və kənd təsərrüfatı heyvanlarının nəsil vermə qabiliyyətinin dövrü dəyişmələri də əlaqədardır. Hətta ağacların kəsiyində onların canlı kütləsinin artma sürətini göstərən həlqələrin qalınlığında 11 illik dövrilik müşahidə olunur.

Günəşin hər 11 ildən bir müntəzəm olaraq təkrarlanan aktivliyi qara ləkələrin, onun tacında protuberansların əmələ gəlməsi, planetlərarası fəzaya elektron, proton, ağır ionların selinin tullanılması ilə müşayiət olunur. Onların ümumi gücü (10^{25} Coula qədər) elə böyükdür ki, planetin radiasiya qurşaqları, geomaqnit sahələri onların öhdəsindən gələ bilmir. Başlanğıc enerjisi 500 MeV olan proton selləri Yerin səthində Günəş aktivliyinin pikindən sonra bir qədər gecikmə ilə qeydə alınır (1942-ci ildən). Böyük intensivlikli Günəş partlayışları zamanı neytronlar selinin sıxlığı normal korpusklyar axından minlərlə dəfə çoxdur (23.02.1996 tarixli qeydiyyat), aktivliyin az artması dövründə isə – onlarla və ya yüzlərlə dəfə çox olur. Kiçik sel sıxlığına malik yüksək enerjili zərrəcikləri hədəfi əsasən *neytronlardır*. Çox ehtimal ki, bu dövrdə yırtıcı heyvanların aqressivliyidir, nəqliyyat qəzalarının tezliyinin artması, xroniki əsəb-psixi və ürək-damar xəstəliklərinin və s. kəskinləşməsi onların makropopulyasiya səviyyəsində zədələnməsi ilə bağlıdır.

3.2. Nüvə partlayışlarının keçirilməsi nəticəsində mühitin yüksək radioaktiv çirklənməyə məruz qaldığı ərazilər

1942-ci ilin sonuna yaxın Çikaqo universitetinin ərazisində dünyada ilk nüvə reaktorunun buraxılışına hazırlıq işləri başlandı. Kütləsi bir neçə ton olan qurğu bütün gücü nəzəri hesablamaları xeyli aşan enerji hasil edə bilmişdi. Xirosima (6 avqust 1945-ci il) və bir qədər sonra Naqasaki nüvə silahının ilk, həm də son hədəfi oldu. Atom silahının mühiti ən çox çirkləndirən sınaqları Nevada ştatında (ABŞ-in Qərbi, əhalisi 799 min nəfər, Bikini mərcan adasında (Sakit okeanda Marşal adaları, ümumi sahəsi 5 km²); Rusiyada (SSRİ-də) Semipalatinsk poliqonunda (bitişik ərazilərin əhalisi 803 min nəfər). Yeni Zelandiya, Şimal buzlu okeanında (ümumi sahə 83 milyon km², arktik səhra, tundra) aparılmışdır. Anomal radiasiyalı ərazilərin formalaşmasına az miqdarda öz töhfəsini Fransa (Mururoa adası), Çin (Çinin qərb hissəsində yüksək dağlıq Lobnor sahəsi, dəniz səviyyəsindən 780 m yuxarı) vermişdir.

ABŞ-da dünyada ən çox sayda (1085), o cümlədən rəsmi şəkildə mühitin çirkləndirilməsi 270 mKi (ölkədə qəbul edilmiş 100 mKi normasına qarşı) olan nüvə partlayışları aparılmışdır.

SSRİ-də 715 partlayış, o cümlədən atmosferdə ən çox sayda (215) sınaq aparılmışdır. Bu partlayışların əksəriyyəti Semipalatinsk poliqonunda, eləcə də Yeni

Zemlyada aparılmışdır; burada dünyada ən böyük gücə malik partlayış (xüsusilə də 1961-ci ildə hidrogen bombasının sınağı) aparılmışdı. Burada aparılan sınaqların məcmu trotil ekvivalenti 90 MVt olmuşdur. Radioaktiv sezium, stronsium, plutoniumla Bərens və Karsk dənizlərinin sahillərindəki tundra, Qərbi Sibirin şimal hissəsi çirklənmişdir. Poliçon və adalara bitişik sahiyanı sular və körfəzlərdən işlənmiş reaktorların basdırılma yerləri kimi istifadə olunur.

Bütövlükdə Rusiya və Qazaxıstanın poliçonlara bitişik əhalisi az olan ərazilərində sezium-137-yə görə çirklənmə $\leq 0,07$ Kİ/km² təşkil edir. Radioaktiv yağıntılarn (tökülmələrin) maksimal aktivliyi Amdermada (Rusiyanın Nen milli dairəsi) qeyd olunmuşdur və fonu 11 min dəfə aşır. 60° Şimal dairəsindən şimaldakı ərazilərdə «radionuklidlərin miqrasiyası - şibyə - şimal maralı - insan» zəncirində radioaktivliyin qiyməti fon qiymətindən 10 dəfə böyükdür.

Nüvə sınaqlarından başqa, SSRİ və ABŞ-da tam ekoloji təhlükəsizliyin təmin olunması şərti ilə geoloji kəşfiyyat və sənaye nüvə partlayışları keçirilirdi.

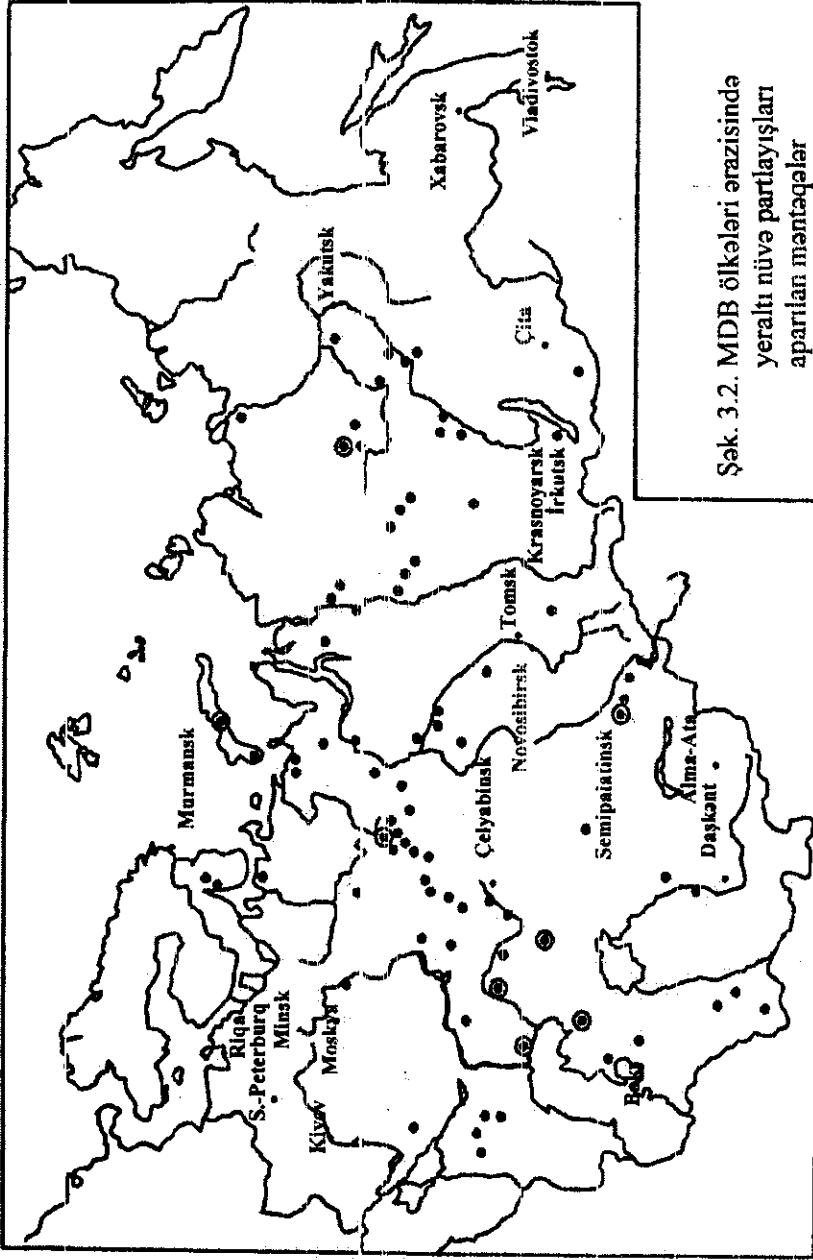
ABŞ-da, 1976-cı ildə müqavilə imzalandıqdan sonra Nevada, Nyu-Mexiko ştatlarında dərin neft-qaz yataqlarının aşkarlanması məqsədilə 27 yeraltı nüvə partlayışı həyata keçirilmişdir. Onlardan yalnız biri – Nyu-Mexikodakı qaz yataqlarının kəşfiyyatı məqsədilə aparılan partlayışlar nəticə etibarilə səmərəli olmuşdur.

Səmərəliliyin aşağı olması nüvə geoloji kəşfiyyatından imtina olunmasına məcbur etmişdir.

SSRİ-də dinc məqsədlərlə 115 yeraltı sınaq, o cümlədən Rusiyada 89 (Qərbi Sibirdə 16, Həştərxan vilayətində 15, Perm vilayətində 10, Başqırdıstan, Şimali Qafqaz, Murmansk vilayətində və digər yerlərdə aparılmışdır (şək. 3.2).

Burada ekoloji təhlükəsizliyin əsası ondan ibarət idi ki, partlayış nöqtəsində temperatur Selsi şkalası üzrə təqribən bir milyon dərəcəyə çatırdı ki, bu da radioaktiv parçalanma məhsullarının litosferə əriyib yapışmasına gətirirdi. Partlayışlar ölkənin əhalisi az olan regionlarında aparılırdı. Yüksək çirklənmə riskinə yaxında yerləşən az miqdarda qəsəbələr, şəhərlər məruz qalırdı (bir neçə yüz adam).

Parçalanma radionuklidlərinin əsas hissəsi süxura əriyib yapışaraq qaz və suyu keçirməyən bir kütlə təşkil edirdi. Lakin yeraltı suların temperaturun kəskin dəyişmələrinin təsiri altında sonradan lokal radioaktivliyin hermetikliyinin pozulması və onun çətin proqnozlaşdırıla bilən miqراسiyası mümkündür. ABŞ-da olduğu kimi, belə partlayışlar qeyri-rentabelli, ətraf mühitə çətin proqnozlaşdırılan zərər vuran hesab olunmuşdur və hal-hazırda aparılmır.



Şek. 3.2. MDB ölkeleri arazisinde yeraltı nüve partilayışları ayrılan mantaçeler

FƏSİL 4

NÜVƏ-ENERJİ MƏNŞƏLİ UZUNÖMÜRLÜ RADİONUKLİDLƏRİN EKOSİSTEMLƏRDƏ DAVRANIŞI

Radioaktivlik, 3-cü fəsildə göstərildiyi kimi, mühitin ən yeni (yad) komponenti deyil. Onun antropogen təsirlərinin müasir gücü yalnız geoloji keçmişin (ilkin kosmik və Yer şüalanmalarının) yox, həm də radioaktivliyin Yer qabığının tavalarının strukturları ilə, dəniz səviyyəsindən yuxarıda yüksəkliklə, qütblərə yaxınlıqla, Günəşin aktivliyinin və geoloji aktivliyin dövrləri ilə bağlı müasir rəqsləri ilə də dəyişir. Mühitin tərkibinə öz kimyəvi xassələri və şüalanma spektrinə görə ən yeni radionuklidlərin daxil olması ekosistemin bütün halqalarında - molekullardan tutmuş geoplanetar halqalara qədər – udulan radiasiyanın və onun spektrlərinin formalaşmış nisbətini (balansını) dəyişdirir. «Həyatın başlanmasının kosmik funksiyaların» (V.İ. Vernadskiyə görə) davam etdirən radionuklidlər ekosistemin aktiv halqalarında seçimli şəkildə milyon illər ərzində qərarlaşmış miqdarlar üçün səciyyəvi olmayan miqdarda yığılır. Radiasiya təsirlərinin spektrinin və effektlərinin belə yenidən paylanması ekosistemin bir-birindən qarşılıqlı surətdə asılı olan halqalarının (saprofit mikroflora – bəsitlər – bitkilər – məməlilər) radiohəssaslığının kəskin fərqli olması halında, qabaqca bilinməsi çətin olan

həddə çatdıqda, ekosistem homeostazının kəskin pozulmasına və bundan sonra patoloji reaksiyaların mühitin radioaktivliyi ilə birbaşa əlaqəsi olmayan artımına gətirə bilər. Belə reaksiyaların ehtimalı, onların profilaktikası və düzəldilməsi üçün tədbirlərin işlənilməsi və hazırlanması nüvə-enerji mənşəli radionuklidlərin mühitdə davranışının xarakterini bilməyi tələb edir.

4.1. Nüvə-enerji mənşəli uzunömürlü radionuklidlərin atmosferdə davranışı

Atmosfer texrogen, o cümlədən də nüvə-enerjisi, radioaktiv qaz-aerol buraxılışların akseptorudur. Onların sonradan hava kütlələrinin cərəyanlarına (daxil olması, səpilməsi, asta mexaniki (qravitasiya) sedimentasiyası mühitin sezium-stronsium fon çirklənməsinin nisbətən bərabər (qlobal) paylanmasına gətirir. Atmosferi ən çox nüvə silahının yerüstü sınaqları çirkləndirir. Radioaktivliyin daxil olması və sonrakı paylanması burada amilin mühitin tərkibində uzun müddət ərzində mövcud olmasını nəzərdə tutan bir sıra qanunauyğunluqlara tabe olur.

Nüvə qurğularının partlayışı zamanı nüvə yanacağının böhran (kritik) kütləsində zəncirvari bölünmə (parçalanma) reaksiyası 0,1 mks müddətində baş verir. Proses çox böyük enerjinin ayrılması ilə baş verir və bu, yalnız molekulyar (kimyəvi) yox, həm də maddənin nüvə rabitələrinin qırılmasına, yüksək dərəcədə aktiv plazmanın

(çılpaq nüvələri) kürəşəkilli yığınının əmələ gəlməsinə gətirir ki, o, sürətlə atmosfərə genişlənir. Prosesə hava mühitinin qazları və aerosolları qoşulur, onlar göbələk şəklində qalxan müxtəlif diametrlı radioaktiv aerosollar əmələ gətirir.

Əmələ gələn buludun həcmi 20 kq trotil ekvivalenti gücünə malik partlayış baş verdikdə təqribən 100 km^3 , 1 Mt trotil ekvivalentində isə 5000 km^3 təşkil edir. Parçalanmanın radioaktiv qəlpələrinin 20%-dən (partlayışın minimal gücündə) və 90%-ə (partlayışın maksimal gücündə) qədəri stratosferə, qalanlar isə troposferə düşür.

Radioaktiv aerosollar troposferə düşdükdə onların hava kütlələrinin cərəyanı vasitəsilə böyük sürətlə, əsasən partlayış yerindən coğrafi paralellər üzrə «yayılması» və yerdəyişməsi baş verir. Belə ki, 07.03.1955-ci il tarixində Nevada ştatında (ABŞ) aparılan nüvə sınaqlarının məhsulları böyük miqdarda 12.03.1955-ci il tarixində Leninqrad vilayətində yağıntı şəklində düşmüşdür. Böyük Səhrada 13.02.1966-cı il tarixində partlayışdan sonra parçalanma məhsulları 17.02.1966-cı il tarixində Kırmda aşkar olunmuşdur. Analoji olaraq radionuklidlər Çernobil qəzasından sonra yayılmışdır.

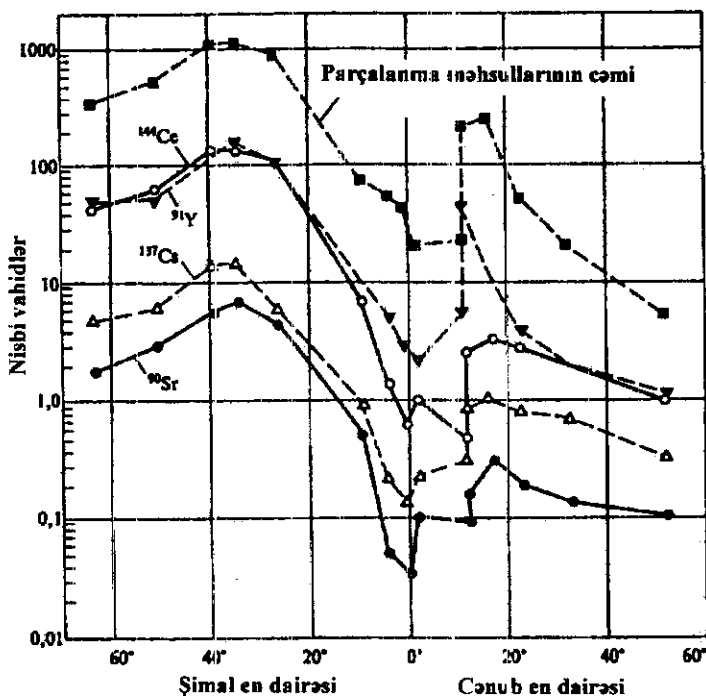
Troposferin çirklənmələrinin əsas hissəsi partlayış anından yaxın günlər - həftələr ərzində aerosolların buludların yaranması prosesinə çatılması nəticəsində yağıntıların vasitəsilə çökür. Radionuklidlərin cüzi hissəsi havanın aerosolları tərəfindən sorbsiya olunur (udulur), koaqulyasiyaya məruz qalır və daha sonra «quru»

hissəciklər şəklində tökülür. Troposferin təmizlənmə sürəti yarımtəmizləmə dövrü 20-40 gün olan eksponensial qanuna tabe olur.

Stratosferə getmiş hissəciklərin qravitasiya çökməsi çox asta, on illər ərzində gedir. Antropogen radionuklidlərin «rezervuarına» gedən bulud paralellər üzrə stratosfer hava axınları tərəfindən ~ 100 km/saat sürəti ilə tutulur və tədricən uzanaraq planetin antropogen radioaktiv halqalarını formalaşdırır. Burada aerosolların qravitasiya çökməsi atmosferin radioaktiv hissəciklərinin ölçüləri çox kiçik, 0,1-10 mkm tərtibində olan aşağı qatlarının daimi turbulent cərəyanları səbəbindən çox ləng gedir. Sedimental proseslərin bir qədər (cüzi) üstünlüyü ilə yaranan tarazlıq, əsasən, planetin şimal yarımkürəsinin mühitinin uzunmüddətli, müntəzəm az intensivlikli çirklənməsinə gətirib çıxarır (bax: Şək. 2.1).

Nüvə mənşəli radionuklidlərin tərkibi stratosferdə sirkulyasiya (dövremə) zamanı dəyişir. Qısaömürlü radionuklidlər (partlayışın ən böyük hissəsi) parçalanaraq, mühitin global kiçik intensivlikli sezium-stronsium mənşəli çirkləndiriciləri üçün yer saxlayır. Stratosfer radionuklidlərinin troposferə keçməsi və sonrakı çökməsi (mexanizmlər aydınlaşdırılmayıb) əsasən maksimumu Şimal yarımkürəsində olmaqla, hər iki yarımkürənin 25-30 dərəcə en dairəsində baş verir (şək. 4.1).

Töküntünün (yağıntının) ən böyük hissəsi (stratosfer-troposfer - Yer səthi) 40-50 dərəcə en dairəsinə sürüşür.



Şək. 4.1. Havada nüvə partlayışlarının parçalanma məhsullarının konsentrasiyasının müxtəlif en dairələrində paylanması

Qlobal töküntülərin dinamikası il ərzində dəyişir, maksimum yaz fəslinə və yay fəslinin başlanğıcına uyğun gəlir (Şimal yarımkürəsində I-II rüblər, Cənub yarımkürəsində IV rüb). Atmosferin öz funksiyaları və strukturuna bu sərəya aid çirkləndirmələr əhəmiyyətli pay vermir.

Atom elektrik stansiyalarının qəzasız buraxılışları radionuklidlərin atmosfərə kiçik, lakin fasiləsiz daxilolma mənbəyidir. Atmosfer çirklənmələrinin Yerin səthinə tökülən böyük hissəsi atom elektrik stansiyalarının normal iş rejimində cüzidir.

Atmosferin mümkün (potensial) çirkləndirilmə mənbəyi kimi ən böyük təhlükəni nüvə yanacağının təkrar emalı müəssisələri təşkil edir. Bu müəssisələrin tullantılarında (istilik ayıran elementlərində) külli miqdarda uzunömürlü radioaktiv maddələr, o cümlədən radionuklidlər olur ki, onları bağlamağa və ya mexaniki şəkildə saxlamağa imkan verən metodların olmamağı səbəbindən onlar maneəsiz xarici mühitə daxil ola bilər. Belə radionuklidlərə, məsələn, istilik ayıran elementlərin emalı zamanı əmələ gələn tritiumu (^3H) və kriptonu (^{85}Kr) aid etmək olar. Radiokimyəvi tullantıların emalı üzrə zavodlara daxil olan işlənmiş istilik ayıran elementləri suyun altında saxlayırlar; su eyni zamanda həm soyuducu mühit, həm də ionlaşdırıcı şüalanmalardan mühafizə (ekran) rolunu oynayır. Anbardan istilik ayıran elementlər ilkin emal kamerasına göndərilir, orada onlar sökülür, çubuqlar isə yanacağın qalıqlarını çıxartmaq üçün mexaniki emal olunur. Qalıqları azot turşusunun köməyi ilə çıxarırlar, sonra isə uranı, plutoniumu, parçalanma və aktivasiya məhsullarını ayırırlar. İstilik ayıran elementlərin belə emalı qazşəkilli və uçucu parçalanma məhsullarının buraxılışı ilə müşayiət olunur. Nüvə yanacağının təkrar emalı zavodlarının istismarının

təcrübəsi göstərdi ki, bu müəssisələrin buraxılışları ilə atmosferə ^3H , ^{14}C , ^{85}Kr , ^{129}I , ^{131}I , ^{106}Ru , ^{137}Cs , radioaktiv aktinoidlər daxil olur.

Atmosferin çirklənməsi nöqteyi-nəzərindən radioaktiv kripton xüsusi diqqətə layiqdir. Nüvə yanacağı-nın işlənməsi üzrə zavodlara ildə təqribən 1 MVt (el)-a 400 Ki ^{85}Kr ($14,8 \cdot 10^{12}$ Bk) yaranır. Zavoddan 1 - 100 km məsafədə cinsiyyət vəzilərinə təsir edən ^{85}Kr dozası olduqca azdır və ildə 1 Ki ($3,7 \cdot 10^{10}$ Bk) üçün $2 \cdot 10^6$ adam·rad ($2 \cdot 10^8$ adam·Qr) və ya 1 MVt (el.) üçün 0,0007 adam·rad ($7 \cdot 10^{-6}$ adam·Qr) təşkil edir.

Bununla belə məhz elə kimyəvi cəhətdən ətalətli və radiasiya baxımından təhlükəsiz olan tullantıların bu tərkib hissəsi, hava mühitinin ionlaşdırılmasına verdiyi çox böyük töhfəsi və bu prosesin atmosferin müxtəlif qatlarında normal paylanması transformasiyası səbəbindən atmosferin fiziki ekosistem funksiyalarına qarşı aqressivdir.

Sərt ultrabənövşəyi və ionlaşdırıcı şüalanmaların təsiri altında atmosferin yuxarı qatlarının ionlaşdırılması oksigenin fotodissosiasiyasına və planetin kosmik şüaların ekranlanması və filtrasiyası kimi ən mühüm ekosistem funksiyalarından birini yerinə yetirən atmosfer ozon qatının əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır.

Atmosferin fiziki analogi, yerə yaxın olan qatı təbii radionuqların təsirinə əsasən də radonun radiasiyasının təsiri altında təhlükəsizliyinin bilavasitə yaxınlığında ion

əmələgəlmə reaksiyaları sayəsində formalaşır. Bu qazla qarşılıqlı təsir zamanı dənizin üzərində saniyədə 1 m^3 havada $12 \cdot 10^3$ ion cütü və quru üzərində $5 \cdot 10^6$ ion cütü əmələ gəlir. Yərə yaxın olan qatlarda ionların əmələ gəlməsi, görünür ki, biosenozlarda mühüm antibakterial (epidemiya əleyhinə) funksiyanı yerinə yetirir.

Atmosferin antropogen ionlaşdırılması mənbəyinin paylaşdırılması təbi mənbədən kəskin fərqlənir. Demək olar ki, bütün əmələ gələn ^{85}Kq atmosfərə Şimal yarımkürəsində buraxılır. Bu, onun Yer kürəsinin atmosferində bir qədər qeyri-bərabər paylanmasına gətirib çıxarır. Cənub yarımkürəsində ^{85}Kr -un konsentrasiyası Şimal yarımkürəsinə nisbətən 1,3-1,4 dəfə azdır. Hündürlüyə görə ^{85}Kq ta dəniz səviyyəsindən 20 -25 km-dən yuxarıya qədər demək olar ki, bərabər paylanır. Hal-hazırda atmosferdə ^{85}Kr -un konsentrasiyası, dəniz səviyyəsindən yuxarı hündürlükdən asılı olmayaraq, $\sim 3 \text{ nKi/m}^3$ hava təşkil edir. Kriptonun (enerjisi 0,25 MeV olan β -zərrəciklərin və yarımparçalanma müddəti 10,75 il olan 0,514 MeV enerjili γ -kvantların β -aktiv şüalandırıcısı) atmosferdə bərabər (hündürlüyə görə) paylanması əlverişsiz ekoloji nəticələrə gətirib çıxara bilər.

Havanın ionları atmosferin əsas sulfat və nitrat toksik çirkləndiricilərini sorbsiya edən su damcılarının kondensasiya, və müvafiq olaraq, onların əmələ gəlməsi və böyüməsi mərkəzləridir. Yüksək diffuzion ion əmələgəlmənin nəticəsi olan yüksək kondensasiya, mühitin kütləvi toksik texnogen çirkləndirməsi ilə birgə turş

dumanların və yağışların əmələ gəlməsinin, torpaqların turşlaşması və onların reproduktiv funksiyalarının pisləşməsinin amillərindən biridir, immunitetin zəifləməsinə və nəticə etibarilə, respirator xəstəliklərin artmasına aparır. Kondensasiya mərkəzlərinin sayının kütləvi (diffuzion) artması stratosfer sulfat və nitrat qatının formalaşmasına, Yer kürəsinin radiasiya balansının pozulmasına və sonrakı çətin proqnozlaşdırıla bilən (qeyri-sabit) iqlim dəyişmələrinə gətirib çıxara bilər.

Atmosferə əsasən nüvə yanacağıının emalı zavodlarının tullantıları ilə buraxılan digər kritik radionuklid tritiumdur. Nüvə yanacağıının tərkibində olan tritiumun təxminən 75 %-i atmosfer havasına tullanır ki, bu da ildə 1 MVt elektrik enerjisinə 19 Ki ($70,3 \cdot 10^{10}$ Bk) ^3H təşkil edir. Bununla belə 1,2 Ki ($4,4 \cdot 10^{10}$ Bk) reaktorlardan çıxan tullantılarla, 16 Ki ($59,2 \cdot 10^{10}$ Bk) isə istilik ayıran elementlərin emalı zavodundan daxil olur. Əhalinin hesablanmış kollektiv şüalanma dozası son dərəcə azdır və ildə 1 MVt elektrik enerjisinə $2 \cdot 10^{-2}$ adam-Zv təşkil edir. Mühitdə tritiumun mövcudluğundan aşkar ekoloji dəyişikliklər proqnozlaşdırılmır.

4.2. Uzunömürlü nüvə-energetik mənşəli radionuklidlərin torpaqda davranışı

Torpaq ekosistemlərin mübadiləsində ilkin (işəsalıcı) həlqədir. Onun funksional halı radiasiya (günəş

və radioaktiv) enerjisinin bioloji strukturlara çevrilməsinin effektivliyini təyin edir. Torpaqda işəsalıcı çevrilmələrin mövcud başlanğıcı ölmüş bioloji substratları üzvi monomerlərə qədər parçalayan, bioloji maddələrin sintezinin təkrarlanan dövrünə asanlıqla qoşulan ilkin sintezin saprofit mikroflorası (produsentlər) və ilkin istehlakından (konsumentlər) ibarətdir.

Sintez mübadiləyə dağ süxurlarının minerallarını tədricən cəlb etməklə su, karbon dioksid, oksigen, azot, fosfor, enerji tutumlu makroelementlər (Si, Al, K, Na, Ca, P, S), mikroelementlər (Cu, Mo, I, B, F, Pb və b.), fon radionuklidlərindən istifadə edilməklə baş verir. Proses son dərəcə mürəkkəbdir, qarşılıqlı balanslaşdırılıb, milyon illər ərzində "işlənib" və olduqca kiçik dayanıqlıq ehtiyatına malikdir: mühitin normal halında 1,5 ÷ 2 sm torpaq qatı 100 ildən az olmayan müddət ərzində formalaşır. Torpağın yumşalmasında, onun aktiv komponentlərinin, sulu torpaq məhlulunun (kimyəvi və o cümlədən, radioaktiv maddələrin daşınmasını həyata keçirən) axdığı kapilyarvari kanallarının, karbon oksidi və radonla zənginləşmiş hava ilə dolu torpaq boşluqlarının formalaşmasında bitkilərin kök sistemi, soxulcanlar, həşəratlar iştirak edirlər. Torpağın aktiv bioloji əsaslarının təşkil olunma səviyyəsi, və deməli radiohəssaslığı son dərəcə çox müxtəlifdir. Ona görə də torpaq mübadiləsinə əlavə radiasiya amilinin daxil edilməsi torpaq ekosisteminin yaranmasında kəskin pozulmalarla özünü göstərə bilər. Torpağın əlavə qəza radioaktiv maddələri ilə

çirkləndirilməsi torpaq mübadiləsinin mümkün pozulmaları ilə yanaşı onun bioloji halqa ilə sonrakı daşınması, son nəticədə labüd olaraq insan orqanizmində kumulyasiyasının çıxış nöqtəsidir. Torpaq səthinə çökmüş radionuklidlər müxtəlif amillərin təsiri ilə istənilən istiqamətdə hərəkət edə bilər. Təzə çökmüş radionuklidlərin “üfqi” yerdəyişməsinə səbəb güclü yağışdan sonra səth axıntıları, qış ərzində qarda yığılanların ərimiş qar suyu ilə yuyulmaları ola bilər. Müəyyən edilmişdir ki, qar suları ilə miqrasiya edən ^{90}Sr -un, demək olar ki, hamısı (82-100%) kation şəkilində olur.

Radionuklidlərin torpağın profili üzrə “şaqli miqrasiyası” üzərində radionuklidlərin yığıldığı hissəciklərin mexaniki daşınmasının, həmçinin özlərinin sərbəst ionlar şəkilində yerdəyişməsinin nəticəsi ola bilər. Bəcərilən kənd təsərrüfatı torpaqlarında radionuklidlər qazılan torpaq həddində nisbətən bərabər paylanır. Onların müəyyən miqdarda səthdən dərinliyə mexaniki daşınması yağış soxulcanları və yerqazan heyvanlar tərəfindən torpağın yumşaldılması nəticəsində mümkündür.

Xam torpaqlarda bölünmə məhsullarının şaquli miqrasiyası çox zəif gedir. Müəyyən edilmişdir ki, qəlpə radionuklidlərin əsas hissəsi torpağın üst üfününə nazik təbəqəsində toplanır və onların şaquli yerdəyişməsi il ərzində bir neçə millimetri aşmır. Ümumən hesab etmək olar ki, ^{90}Sr və ^{137}Cs qiyməti və xarakteri *torpağın radiasiya tutumundan* asılı olan torpaq radioaktivliyini yaradan əsas şüalandırıcılarıdır. Torpağın radiasiya tutumu

onun fiziki həlletmə qabiliyyətindən (məsaməlilik dərəcəsindən, məsamələrdə torpaq məhlulunun miqdarından, və onun kation tərkibindən asılı olan); kimyəvi uduculuq qabiliyyətindən (torpaq elementləri və dağ süxurları ilə pis həll olunun birləşmələrin yaranması); bioloji uduculuq qabiliyyətindən (mikrofloranın və sonrakı mübadilə həlqəsində təbii fon analoqları hüququnda, stabil elementlərin tərkibinə daxil olma).

Torpağın ümumi radiasiya (sorbsiya) tutumunun 100 qram torpaqda birdən bir neçə radium milliqram ekvivalenti arasında dəyişir ki, bu da ÇAES, "Mayak" İB qəzasından maksimum çirklənmiş radioaktiv ərazilərin real yaranmış torpaq aktivliyinin qiymətindən yüz minlərlə dəfə çoxdur. Torpaqların sorbsiya radiasiya tutumunun (radionuklidin torpağın bərk fazasında miqdarı - həll olunmayan fraksiya, münasibətinə əsasən keçirilən) torpaq məhlulundakı miqdarına nisbətən müqayisəli qiymətləndirilməsi Cədvəl 4.1-də verilmişdir.

Göstərilən qiymətlər qaratorpaq, meşə yatağı torpaqlarının torpaq metabolizminin kalium analoquna - ^{135}Cs -a nisbətə daha çox ifadə olunmuş böyük sorbsiya tutumlu (çöküntülərdə həll olunmuş radionuklidlərin zəbt etmə qabiliyyəti) olduğunu göstərir.

Torpağın sorbsiya prosesləri radionuklidlərin kökətrafi dərinliklərə nüfuz etmə sürəti və ekosistem zəncirində sonrakı miqrasiyası ilə funksional əlaqəlidir.

Torpaqların bərk fazasında - həll olunmayan fraksiya və torpaq məhlulunda radionuklidlərin aktivlik münasibətinə əsasən torpaqların sorbsiya tutumunun müqayisəsi

Torpaqlar	Torpaqların maye və bərk fazasında aktivlik münasibətləri (Kp)	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Tundra (Arxangelsk vilayəti)	29.5 ± 2.8	1433 ± 199
Boz meşə: (Oryol vilayəti) (Tomsk vilayəti)	71.9 ± 5.2	6140 ± 993
	93.5 ± 8	5800 ± 1760
Orta podzol (Moskva vilayəti)	50.0 ± 2.6	2237 ± 127
Qaratorpaq (Voronej vilayəti)	291 – 430	Məhlulda müşahidə edilmir

Prosesin sürəti (mühitin çirklənməsindən sonra) şüalandırıcılarla torpağın bərk fazası arasında rabitənin möhkəmliyi, dissosiasiya sürətindən və şüalandırıcı və onun birləşmələrinin kimyəvi xassələrindən asılı olaraq sonrakı ion yerdəyişmələri ilə təyin olunur. Ərazinin relyefi (qar və yağış suları ilə üfüqi yerdəyişmə ilə sonradan alçaq yerlərdə güclü toplanma), və həmçinin radionuklidlərin kökaltı dərinliklərə sürətli yerdəyiş-

məsinə və radiasiya təhlükəsi faktorunun ekosistemdə aktiv miqrasiyasını təcrid edilməsinə gətirən torpağın mexaniki (dərin qazılma) işlənməsi miqrasiyaya əhəmiyyətli düzəlişlər verir. Radionuklidlərin becərilməyən torpaqlarda (çəmənliklər, meşə yatağı) kökətrafi dərinliklərdə uzunmüddətli saxlanması, torpaq metabolizminə daxil olması onların otlarda, yarpaqlarda toplanaraq sonradan torpaq proseslərinə dəfələrlə təkrarlanan qoşulmalarına (töküntülərin çürüməsi ilə) gətirir. Belə ki, radionuklidlərin 5-10 sm (Yakutiya torpaqlarında ^{90}Sr üçün 135 Bk/Kq, ^{137}Cs üçün 158 Bk/Kq-a qədər) dərinliklərdə maksimal toplanması zamanı yerüstü töküntülərin radioaktivliyi uyğun olaraq 149 və 244 Bk/Kq təşkil edir. torpağın üst qatlarının radioaktivliyi bu halda cüzi, 20-30 Bk/Kq tərtibində olur. Onilliklərə uzanan belə şaquli miqrasiya prosesinə üstüqi yerdəyişmələr və radionuklidlərin daha geniş və mühitin radioaktivliyinə görə zəif təzadlı ərazilərə (ilkin çirklənmədən fərqli olaraq) yayılması əlavə olunur. Prosesdə torpağın canlı orqanizmlər birliyi (pedosenozlar), gemicilər, otyeyən heyvanlar iştirak edirlər. Burada yenidən paylanma fauna üzvlərinin aktiv və passiv mobilliyinin, onların metabolizm məhsullarının yayılmasının, radionuklidlərin miqrasiyasının mürəkkəb qida zəncirinin nəticəsidir. Bu cür proseslərin sürəti çirkləndiricilərin kimyəvi xassələrindən və uyğun olaraq onların qeyri radioaktiv analoqlarının ekoloji qida zəncirində yerinə yetirdikləri funksiyalardan asılıdır (Cədvəl 4.2).

Cədvəl 4.2

Çernobil AES-dakı qəzadan sonra təbii-ışlənmiş (surət) və şumluq (məxrəc) torpaqlarda radionuklidlərin miqdarı və şaquli paylanması, Bk/kg (1995)

Dərinlik, sm	Torpağın çirklənmə dərəcəsi	
	seziyumla	stronsiumla
0 – 2	16121/3163	522/60,6
2 – 15	8315/3285	134/57,9
15 – 23	46/3343	6,5/71,7
23 – 57	3/3421	1,2/91,4
57 – 91	4/3319	0,7/83,6

Bütün heyvan və bitkilər ekosistemdə cüzi miqdarda yayılmış, rəqibləri (o cümlədən bioloji funksiya xarakterinə görə) uzunömürlü radioaktiv mühit çirkləndiriciləri olan mikroelementləri seçimli və intensiv toplamaq qabiliyyətinə malikdirlər. Onların toplanma əmsalı (radionuklidlərin mühit tərkibindəki radioaktivliyinin orqanizmdəki radioaktivliyə olan nisbəti) bir neçə mindən on minlərə qədər dəyişir. Yüksək toplanma əmsalı ona gətirir ki, biosenozların çirklənmiş biokütləsində şüalandırıcıların konsentrasiyası mühitin radioaktivliyi ilə müqayisədə daha yüksək olur (bu da hadisələrin sadə sanitari analizində radiasiya riskinin qeyri adekvat qiymətləndirməsinə gətirir).

Səpilmiş şüalandırıcıların seçimli biogen toplanmasının güclü prosesi radioaktiv çöküntülərin düşməsi anından ilk illərdə daha intensiv olur. Radionuklidlər bu dövrdə mühit üçün düzülmiş deyil, necə ki, bu gilli mineralların kristal qəfəsində sonradan baş verir

(elementlərin qocalma prosesi), daha yeni olan asan dissosiasiya uğrayan birləşmələr olurlar. Qocalmanın torpaq-kimyəvi reaksiyalar kompleksi və sonradan radionuklidlərin çətin həll olunan torpaq və mineral strukturların tərkibinə daxil olması izotopların metabolizmini onların təbii kimyəvi analogları ilə eyni hüquqa çevirir. Belə proseslərin sürəti radionuklidlərin fiziki-kimyəvi xassələrindən, həmçinin torpağın çirklənmə xarakterindən (rütubətdən, ionların miqdarından) asılıdır. Bitkilər tərəfindən radionuklidlərin udulma sürəti pH-in neytral və zəif qələvi hala yaxın olduqda maksimal olur. Turş mühitdə torpağın bərk fazası tərəfindən sorbsiya güclənir. Kənd təsərrüfatı məhsulu kütləsinin artımının nəticəsi kimi, rütubətlik, biokütlələrdə radionuklidlərin miqdarını azaldır. Dayanıqlı elementlərin ionlarının yüksək konsentrasiyası radionuklidlərin kək sisteminə nüfuzuna əngəl törədir.

Bitkilərin kökləri üçün, əssən də mühitin çirklənməsinin ilk illərində, daha güclü mənimsənilə bilən stronsiumdur. Radionuklidlərin qocalması yavaş-yavaş baş verir. Torpağa ^{90}Sr -un daxil edilməsindən 12 il sonra izotopun 95%-i dəyişiləcək, kalsiuma bənzər formada qalır (Cədvəl 3.3).

Radionuklidlərin üzvü çimlərdən mineral fraksiyaya keçidi və sonradan bitkilərə daxil olmasının azalması (yeddi dəfə) yalnız torpağın dərin şumlanmasıdan sonra baş verir. Bununla bərabər 40 Ki/km^2 -dən yuxarı çirklənməyə məruz qalmış ərazilərdə aparılan bu cür şumlanma torpağın saprofit florasının, onurğasızların sürətlə məhv olmasına, ümumən biokütlələrin növ

tərkininin cırlaşmasına gətirir ki, bu da torpaq funksiya-sının sərt patoloji deformasiyası zamanı izotopların minerallaşmasını sürətləndirir

Cədvəl 4.3

Kənd təsərrüfatı regionlarında kimyəvi elementlərin yığılma əmsallarına görə təsnifatı

Yığılma əmsalı	Kimyəvi element
10 - 1000 (güclü yığılma)	K, Cz, Pb, N, Cl, Br, Na, Li
1 - 10 (zəif yığılma)	Mg, Ca, Sr, B, Se, Fe, Mn
0,1 - 1 (yığılmanın olmamağı)	Ba, Ra, Si, F, J, Co, Ni, Cn
0,01 - 1 (zəif diskriminasiya)	Cs, Be, Fe, Ru
0,01 (güclü diskriminasiya)	Sc, Y, Zn, Ta, Pm, Pb, Pu, Sb

Stronsiumun bitkilərdə toplanması torpağın kalsium izotopunun çevriləcək rəqibinin miqdarı ilə tərs mütənəsibdir. Metabolizmin belə blokadasının həddi var. Kalsiumun əlavə olaraq (100 q torpağa 25 mq-ekv.-dən çox) daxil edilməsi radionuklidlərin bitkilərə keçmə sürətinin sonrakı azalmasına gətirmir. Ümumən, həm klassik eksperimental tədqiqatların, həm də son illərin müşahidələrinə görə stronsium su, torpağın mineral əsası və biokütləsi arasında bərabər paylanması ilə fərqlənən birinci qrup radionuklidlərə aid olub, süxurlarda toplanma əmsalı aşağı (1- 65), biokütlələrdə isə 1000-2000-dir.

Müxtəlif mənbələrə əsasən torpaqda toplanma əmsalına görə sezium ya güclü ya da zəif toplanan elementlər dəstəsinə aiddir. Aydındır ki, bu mühitin çirklənmə anından miqrasiya prosesinin qiymətləndirmə

müddəti və uyğun olaraq izotopun mineral fiksə olunma (kristallaşma) dərəcəsi ilə əlaqədardır. İzotopun miqra-siyası (torpaq – su – bitki) ilə aparılan təcrübə və müşahidələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, o, biokütlədə şüalandırıcının miqdarı böyük olduqda (8000 – 9000) torpağın qeyri üzvi fazasında (toplanma əmsalı 0,25) toplanması üstünlük təşkil edir.

Radionuklidin bitkilərə keçməsi daha çox torpağın xarakterindən və bitkilərin mineral mübadiləsinin xüsusiyyətlərindən asılıdır. Ümumittifaq kənd təsərrüfatı radiologiyası ETİ-nun Çernobil AES-dakı qəzadan zərərçəkmiş ərazilərin torpaqlarında əsas radionuklidlərin metabolizmi üzrə tədqiqatlarının nəticələri qaratorpaq ərazilərdə bitən kənd təsərrüfatı bitkilərinin autoekosistem “dezaktivasiya”sını göstərdi (Cədvəl 4.4).

Burada hər iki radionuklidin ərzaq biokütləsinə daxil olması zərərçəkən bölgələrdə daha geniş yayılmış çimli- podzol qumluca torpaqlarla müqayisədə 10-15 dəfə azdır. Radionuklidlər daha çox paxlalı bitkilərdə və qarabaşaqda toplanır.

Qəzadan zərərçəkmiş ərazilərin torpaqları köklə məskunlaşmış təbəqənin 129 ilə bərabər olan yarım-təmizlənmə müddəti kimi integrativ radiasiya-ekoloji kəmiyyətə görə ekoloji cəhətdən əlverişsiz mövqedə yerləşirlər, bu da həmin ərazilərin yalnız 600-1000 ilə radiaoaktiv “təmizliyini” proqnozlaşdırmağa imkan verir.

**Çernobıl AES-dakı qəzadan radioaktiv olan ərazilərdə
bitən kənd təsərrüfatı bitkilərində ^{90}Sr və ^{137}Cs -un
keçmə əmsalları (KƏ)**

Kənd təsərrüfatı bitkisi	Torpaqlardan ^{90}Sr -un KƏ			Torpaqlardan ^{137}Cs -un		
	şimli-podzollu	boz torpaq	qara torpaq	şimli-podzollu	boz torpaq	qara torpaq
Dənli bitkilər (çovdar, buğda)	1,0	0,2	0,1	0,3	0,03	0,03
Yulaf	6,0	1,0	0,4	0,2	0,05	0,05
Noxud	7,0	1,3	0,6	0,5	0,05	0,05
Qarabaşaq	5,0	0,5	0,2	0,75	0,1	0,1
Kartof	2,6	0,3	0,1	0,3	0,08	0,05
Kələm	1,2	0,2	0,1	0,06	0,05	0,05

Torpaqların köklə məskunlaşmış təbəqəsinin ümumi radioaktivlikdən yarımtəmizlənmə müddəti:

Torpaqlar	Çimli podzol	Çimli gillicəli	Torflu	Düzən torflu	Bataqlıq
Yarımtəmizlənmə müddəti, il	129	78	28	13,9	12,4

Maksimum radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış bölgələrin ərzaq bitkilərində radionuklidlərin toplanmasının qeydə alınmış dərəcələri Cədvəl 4.5-də verilmişdir.

Cədvəl 4.5

Kartofun timsalında radionuklidlərin paylanması

¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
Torpaqların çirklənməsi, Ki/km ² ; nKi/kq	Miqdar, nKi/kq		Torpaqların çirklənməsi, Ki/km ² ; nKi/kq	Miqdar, nKi/kq	
	kök yumru- larında	gövda və yarpaq- larda		kök yumru- larında	gövda və yarpaq- larda
25; 11,3 Yığılma əmsalı	1,1 0,048	31,2 1,36	2,18; 5,9 Yığılma əmsalı	2,08 0,3	28,5 40,7

¹³⁷Cs-un maksimal miqdarı, nKi: taxılda - 3,1; kartofda - 0,72; tərəvəzdə - 1,57; çoxillik otlarda - 55,7

Aydınır ki, Çernobil AES-da qəzadan mühitin çirklənmə təhlükəsini təyin edən radionuklid, stronsiumla müqayisədə daha kiçik toplanma əmsalına malik olmasına baxmayaraq, sezium 137-dir ki, bu da onun torpaqda daha böyük miqdarda olması ilə əlaqədardır. İzotoplar daha yüksək miqdarda bitkilərin torpaqüstü hissəsində (yarpaqlarda) toplandığından, aktivliyin ən güclü kumulyatoru çoxillik otlar, qida kimi istehlak olunanlar arasında isə dənli və paxlalılardır (bax: Cədvəl 4.4).

Radionuklidlərin sonrakı "torpaq – bitki – heyvan – insan" miqrasiyası insan bədənində maksimal toplanma zamanı radionuklidlərin kumulyasiyasına gətirir.

Əhalinin orta illik daxili şüalanma dozası qruplararası kəskin fərq formalaşdırır – toplanmış 2,4 mZv

(0,2 ber) minimal, 5 mZv (0,5 ber) orta, 25 mZv (2,5 ber) maksimal radioaktivlik əsasən yoxlanılmış əhalinin qidalanma xarakteri və uyğun olaraq qida rasionunu ilə təyin olunur (bitki mənşəli məhsulların istehlakı üstünlük təşkil etdikdə minimal, heyvan mənşəli məhsulların istehlakı üstünlük təşkil etdikdə isə maksimal toplanma). Təhlükəsiz dərəcəsinə aid olan ərazilərdə (5 Ki/km² tərtibində) radioaktivliyin toplanması xeyli aşağıdır. Bununla belə, burada da radioaktivliyin, maksimal radiasiya riski qeydə alınan ərazilərlə müqayisə olunan dərəcədə toplanması mümkündür.

Plutoniumun (son dərəcə cüzi miqdarda) və onun kimi *neptunium*, *amerisium* və *küriumun* insan orqanizmində miqrasiyası və sonrakı yığılması daha az tədqiq edilmişdir. Bu elementlər aktiv ekosistem mübadiləsinə daxil olmayan, güclü diskriminasiyaya uğramış metabolitlərə aiddirlər. Torpağın bu sıranın radionuklidləri ilə ilkin çirkliliyi diametri 10 mkm tərtibində və aktivliyi 50 – 100 mBk olan PuO₂ “isti zərrəciklər” şəkilində qeyd edilir. Torpaq miqrasiyasına qoşulma çox ləng, alçaqmolekullu fulvoturşularla Fe-Pu-Al komplekslərinin yaranmasından sonra baş verir. Kökətrafi sistemə sonrakı şaquli hərəkət sürəti torpaqda formalaşan qeyri radioaktiv daşıyıcıların sürətindən asılıdır. Mühitin çirklənməsindən sonra plutonium çöktüntülərinin 9%-ə qədəri qaratorpaq ərazidə 10 - 90 sm dərinliyə, 20%-ə qədəri boz torpaq torfluqlarda analoji dərinliyə, 10 - 15 il keçdikdən sonra miqrasiya edirlər.

Torpağın plutonium ilə çirklənməsi, onun səth təbəqəsində uzunmüddətli qalması α -şüalandırıcısının insan orqanizminə aerosol şəklində keçməsinə, radionuklidlərin ciyərlərdə (4-83 mBk) və nəfəs yolları üzrə limfa düyünlərində toplanmasına və ciyərlərdə 0,8 fZv, cinsiyyət orqanlarında 3.6 fZv tərtibində şüa yüklənməsinə gətirir. Çernobil qəzasından sonra plutoniumdan şüa yüklənməsi orta hesabla 1.5 dəfə artaraq 2 mkZv/il-ə çatmışdır.

4.3. Uzunömürlü nüvə-energetik mənşəli radionuklidlərin suda davranışı

Mühitin ilkin çirklənməsi zamanı radionuklidlərin xeyli hissəsi çirklənmiş səthlərdən qar və yağış suları ilə yuyularaq qismən açıq su hövzələrinə, qismən isə qrunut sularına qovuşurlar. Daimi çirklənmə mənbəyi bir qayda olaraq su hövzələrinin, göllərin, dənizlərin, çayların sahiləyi ərazilərində tikilən AES-dir. Nüvə energetikası qurğularında reaktorların soyudulması üçün böyük həcmdə sudan istifadə olunur ki, ona radioaktiv korroziya məhsulları və az miqdarda radioaktiv tullantılar qarımış olur. Ümumən Yer (su sahəsi onun tam səthinin 2/3-ni təşkil edir) su hövzəsinə antropogen radioaktiv çirklənmənin 80%-i daxil olur ki, bu da onu zəngin təbii və süni radionuklidlər deposuna çevirir. Radionuklidlərin su hövzələrinə axımı onların torpaq ilə qarşılıqlı təsirinin sürətindən asılıdır. ⁹⁰Sr-un torpaqdan suya axımının

yarımtəmizlənmə dövrü 2,4 ilə, ^{137}Cs üçün isə stronsiumla müqayisədə 10 dəfə azdır.

Dəniz sularında, sahilyanı ərazilərdə, çay mənsəblərində (estuarilər), laqunlarda, kontinental şelf üzərində su sahələrində, qitələrin “ucqar” adlandırılan və dərinliyi 1 km-dən artıq olmayan dənizlərində radionuklidlərin davranışı praktiki maraq doğurur.

Suyun səthinə və yuxarı təbəqələrinə daxil olan radioaktiv maddələr ilkin olaraq dənizlərin üst laylarında məskunlaşaraq, sonradan aşağılara miqrasiya edirlər. Dənizlərin 700 m dərinliyində stronsiumun miqdarı səthdəkinin 20-30%-ni təşkil edir. ^{90}Sr və ^{137}Cs -un miqdarı aşıq dənizlərdə okeanlarla müqayisədə daha yüksəkdir. Məsələn, radionuklidlərin Baltik dənizində fon aktivliyi həmin enliklərdə Atlantik okeandakından 6-10 dəfə yüksəkdir.

Sahilyanı sularda radionuklidlərin şaquli yer-dəyişməsi və dib çöüntülərində sonrakı toplanması okeanlarla müqayisədə daha sürətlə baş verir. Fərqlənmənin əsas səbəbləri:

- radionuklidlərin sahilyanı sulara massiv, iri dispersli axıntılar vasitəsi ilə sorbsiya olunması və çökməsi;

- fırtına zamanı sahilyanı suların dibdən asanlıqla qalxaraq radionuklidləri zəbt edib çökən biogen və litogen dənələrin yüksək bioloji və biokimyəvi aktivliyi;

- dayaz sahilyanı sularının, çay estuarilərinin, laqunların biokütlələrinin böyük miqdarı və nəhəng bioloji aktivliyidir.

Radionuklidlər daha yüksək miqdarda hidrobiont biokütləsində, əsasən də planktonda aşkar edilir. Cs-Sr şüalandırıcıların su biotlarının metabolizminə daxil olması əsasən suyun mineralaşmasından asılıdır. Onun artması ilə radioaktivliyin zəbt olunma sürəti və miqdarı azalır. Belə ki, baltik dənizində balıqların sümüyündə stronsium-90-nın miqdarı Atlantik okeanındakından 5 dəfə çoxdur. Radionuklidlərin daha yüksək konsentrasiyası şirin su biokütlələrində aşkar edilir.

Hidrobiontlar radionuklidləri bilavasitə sudan və qida zəncirindən mənimsəyirlər. Radionuklidlərin daha güclü mənimsənilməsi suyun üst qatlarında baş verir və onun mütləq bioloji tərkib hissələri – plankton və nektonlar vasitəsi ilə həyata keçirilir. Sahilyanı dənizlərin böyük miqdarda fito-, zooplankton biokütləsi, bu həlqədə yüksək radionuklid toplanma əmsalı (10 000 və daha yüksək) və ekosistem mübadiləsinin daha yüksək sürəti (sonradan ölmüş hissələri çökən təkhüceyrəlilər kütləsinin reproduksiyası və onun bioloji zəncirdə sonrakı dib miqrasiyası) su mühitinin bu növ bioloji dezaktivasiyasını effektivliyinə görə birinci yerə çıxarır. Bu miqrasiya zəncirində radionuklidlərin 90-95%-i dib çöktüntülərinə gedirlər.

Daha yüksək trofik səviyyələrə keçdikcə toplanma əmsalı azalır (zooplanktonlarda 360-a, balıqlarda 33-ə

qədər). Torpaq çirklənməsində olduğu kimi, miqrasiyada izotopun ekosistem “yeniliyi” mühüm əhəmiyyət kəsb edir: zooplanktonlarda ^{55}Fe toplanması stabil dəmirlə müqayisədə 670 dəfə çoxdur. Şirin suda yaşayan mikroorqanizmlər su miqrasiyasının başlanğıc həlqəsi olaraq, nüvə energetik mənşəli radionuklidləri daha aktiv udurlar. Bu zaman kiçik konsentrasiyalı şüalandırıcılar biokütlənin aktivliyini və sorbsion qabiliyyətini stimullaşdırır. Mübadilənin sonrakı həlqələrində izlənən bu cür xüsusiyyətlər eyni şəraitdə dəniz suları ilə müqayisədə şirin su hövzələrinin daha effektiv təmizlənməsinə gətirir. Axarsız suların, orta qurşaq göllərinin ^{90}Sr və ^{137}Cs -dan yarımtəmizlənmə müddəti (radioaktiv parçalanma kimi eksponent üzrə baş verən) 10 – 20 il təşkil edir. Çaylarda bu proses xeyli sürətli gedir və çirklənmiş suların okeana axması ilə daha da güclənir.

Şirin su hövzələrinin dib süxurlarının radionuklidlərin toplama əmsalı böyük olmayıb, suyun aktivliyini 5 - 10 dəfə üstələyir; bu əmsal ali su bitkilərində 200 - 1000, planktonda 1000-ə qədər (orta hesabla), lil çöküntülərində 400 - 4000-ə bərabər olur.

Paylanmanın ümumi xarakterinə görə radionuklidlər dörd qrupa bölünür:

- suda nisbətən yüksək miqdarda qalan, hidrotrop;
- suda, süxurda və biokütlədə bərabər paylanan;
- əsasən süxurlarda yığılan, pedotrop;
- biokütlələrdə yığılan, biotrop.

Müasir dövrdə mühitin əsas çirkləndiricisi sezium, əsasən süxurlarda toplanır; stronsium su, süxur və biokütlə arasında nisbətən bərabər paylanır. Bununla belə bölgü şərtidir: radionuklidlərin kütləyə görə paylanması hesablanması zamanı hətta izotopların cüzi konsentrasiyasında radionuklidləri effektiv udan və toplayan su mühitinin bioloji komponentinin daha yüksək aktivliyi əyani surətdə görünür. Radioaktivliklə zənginləşmiş biokütlə sonradan müstəqil mübadilə dövrünü olan dib çöktüntülərinə qovuşurlar.

Yeraltı sulara radionuklidlərin davranışı onların torpaqdakı və açıq su hövzələrindəki miqراسiyasından kəskin fərqlənir. Bu su mənbələrinin radiasiya tutumu radionuklidlərin yeraltı sulara daxil olmasının yollarına, hidrogeoloji şəraitinə və suyun hidrodinamikasının xarakterinə (hərəkətinə), yeraltı suların drenajlanmasına, onların kimyəvi tərkibinə görə xeyli fərqlənirlər. Prosesin belə çoxamilli olması radionuklidlərin bu su hövzələrində davranışının müxtəlifliyini təmin edir. Radioaktiv çirklənməyə daha çox məruz qalan, bilavasitə atmosfer çöktüntüləri və açıq su hövzələri ilə əlaqəli olan təzyiqsiz qrunç sularıdır. Bununla belə torpaqların əksəriyyəti, əsasən də gilli torpaqlar, bu çirklənmələrin qrunç sularına sızmasını güclü surətdə əngəlləyirlər. Tədqiqatlar göstərir ki, Yer səthinin ^{90}Sr ilə 1m dərinliyə çirklənməsindən 40 il sonra delüvial gildən keçən radionuklidlərin ilkin konsentrasiyaya nəzərən nisbi miqdarı $4 \cdot 10^{-3}$, 100 ildən

sonra $8 \cdot 10^{-4}$ təşkil edəcəkdir.

Bilavasitə yağıntılardan və yeraltı suların zəif, azalan süzülməsindən qidalanmayan təzyiqli (artezian) su mənbələri radioaktiv çirklənməyə məruz qalmır.

Ümumən, texnogen mənşəli radionuklidlərin həm torpaqda, həm də su mühitində miqrasiyası ümumi qanunauyğunluqlara tabedir. Yeni izotop birləşmələrin mineralaşmaya qədər yüngül dissosiasiya nəticəsində mühitə ilkin tullanması kütləvi halda torpaq (su) – bitki metabolizminə ilkin qoşulmasına və sonradan isə radionuklidlərin miqrasiyanın trofik zəncirinə aktiv qoşulmasına gətirir.

Zəncirlərin (torpaq - su, ilkin saprofit mikroflora - bitkilər - heyvanlar) radiasiya tutumu ümumilikdə mühitin mineral mənfi ion zənginliyindən asılıdır; kifayət qədər mineralaşmış torpaqda (qaratorpaq), dəniz suyunda radionuklidlərin miqrasiya və toplanma prosesi mübadilənin sonuncu, insan üçün təhlükəli mərhələsində (ərzaq məhsullarında) xeyli yavaş gedir.

Miqrasiya sürəti daha çox metabolizmin iqlim şəraitindən asılıdır. Mühitin və ekosistem komponentlərini - mikro-, makroflora (enliyarpaq, qarışıq meşələr, meşə çöllüklər), fauna – kifayət qədər müxtəlifliyinin (ekoloji differensiasiya) mütləq şərtində proses su - torpaq metabolizminin temperaturu sıfır həddini aşmayan bölgələrdə daha intensiv gedir. Analogi, lakin bitki və heyvanat aləmi kasıb olan coğrafi zonalarda, metabolizmin sürəti

azalır (çöllər, səhralar, aktiv insan fəaliyyəti olan bölgələr).

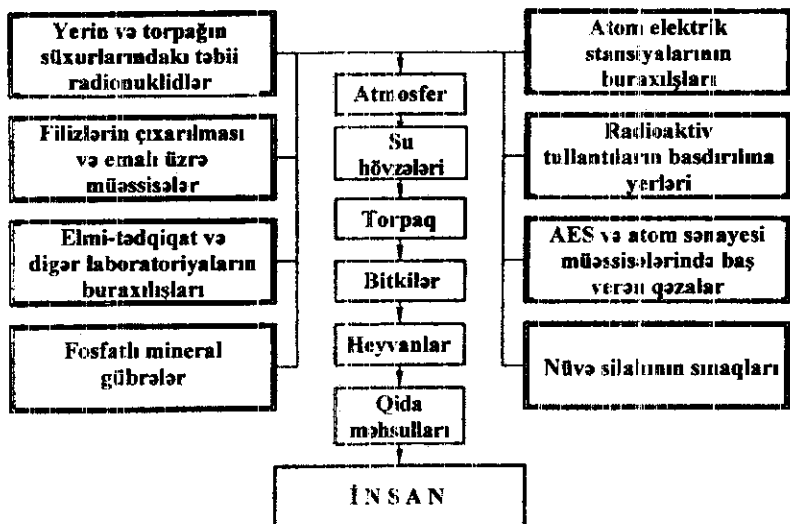
Mühitin, təbii-trofik miqrasiya zəncirindən keçən təbii dezaktivasiya prosesi, torpaq metabolizmin sıfırıncı temperatur həddini aşan bölgələrdə daha uzunmüddətli olur. Bu cür ərazilərdə (tundra, tayqa) radioaktiv metabolitlər ekosistem prosesin periodik konservasiya olunması ilə mübadiləsinin aktiv həlqələrinə qoşulurlar. Bu cür konservasiyanın davamiyyəti ilin soyuq dövrünün uzanması ilə artır.

4.4. Qida məhsullarında radionuklidlər

Xarici mühiti çirkləndirən radionuklidlər “yad maddələr” şəkilində “qida zəncirinə” qoşulmağa qadir olub, qida məhsulları ilə insan orqanizminə düşə bilirlər. Bu cür radionuklid mənbələri şəkl. 4.2-də göstərilmişdir.

Yer qabığı, onun süxurları və torpaq radioaktiv maddələrin təbii mənbələridir ki, buradan da onlar suya və qida məhsullarına düşürlər. Bu qrupa ilk növbədə yer səthində nisbətən bərabər paylanmış ^{40}K və bir sıra digər kosmogen radionuklidlər, həmçinin az miqdarda ^{238}U , ^{232}Th zəncirinin parçalanma məhsulları olan uzunömürlü radionuklidlər daxildirlər.

Orta səviyyəli təbii radiasiyaya malik bölgələrdə ^{238}U -in insan orqanizminə qida məhsulları ilə illik daxil olan



Şək. 4.2. Radionuklidlərin insan orqanizminə və "qida zəncirinə" daxil olma mənbələri

miqdarı Yaponiya, İngiltərə və ABŞ məlumatlarına görə təqribən 5 Bk tərtibində qiymətləndirilir ki, bu da içməli su və hava ilə daxil olanları üstələyir. Rusiyanın və İngiltərənin məlumatlarına görə analogi asılılıq ^{226}Ra -nın insan orqanizminə daxil olan miqdarında da müşahidə olunur. Bu izotopun qida ilə illik daxilolma miqdarı 15 Bk-ə çatır, ki bu da hava ilə daxilolmanı 1000 dəfədən çox üstələyir. İnsan orqanizmini ^{222}Rn parçalanmasının məhsulları (^{210}Pb və ^{210}Po) ilə də təchiz edən əsas mənbə qida məhsullarıdır. Süd və ətə bu izotopların konsentrasiyası adətən çox olmur, çörək məhsullarında – orta, balıq və dəniz mühitinin digər sakinlərində isə

nisbətən yüksəkdir. İllik daxilolmalar qidalanmanın xarakteri ilə əlaqədar olub, İngiltərə və ABŞ-da 20-30 Bk, Almaniyada, Rusiyada, Hindistanda, İtaliyada 40 Bk-ə qədər və Yaponiyada 200 Bk-ə qədər olur. Bu radionuklidlərin xüsusilə böyük illik daxilolmaları (140 Bk-ə qədər ^{210}Pb və 1400 Bk-ə qədər ^{210}Po) arktik və subarktik regionlarda yaşayan əhalidə qeydə alınmışdır ki, bu da əsas qida məhsulu kimi, qış mövsümündə, tərkibində bu izotopları toplayan şibyələrlə qidalanan şimal və Kanada marallarının ətindən istifadə edilməsi ilə əlaqədardır.

^{232}Th və ^{228}Ra insan orqanizminə əsasən heyvan və bitki mənşəli qida ilə daxil olurlar. Digər təbii radionuklidlər insan orqanizminə cüzi miqdarda daxil olduğundan, əhəmiyyət kəsb etmirlər.

Sadalanan təbii radionuklidlər, mineral gübrələrin alınmasında ilkin xammal olan fosfid süxurlarında yüksək miqdarda olduğundan, onlar qida məhsullarına bu gübrələrdən istifadə olunması nəticəsində də düşə bilərlər.

Ekoloji və gigiyenik nöqtəyi nəzərdən daha vacib olanı, ətraf mühitin nüvə reaktorlarının tikilməsi və istismarı, radioaktiv izotopların xalq təsərrüfatının digər sahələrində istifadə olunması, həmçinin bu cür istehsalın bərk və maye tullantılarının basdırılması nəticəsində çirkləndirilməsidir. Bu hallarda ətraf mühitə, və deməli həmçinin qida məhsullarına da yüksək miqdarda ən müxtəlif süni radionuklidlərin (^7B , ^{22}Na , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , 57 , 58 və ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{65}Zn , ^{76}As , ^{88}Rb , 89,90 və ^{91}Sr , 95 və ^{97}Zr ,

^{95}Nb , ^{99}Mo , ^{99}Tc , 103,105 və ^{106}Ru , 108 və ^{110}Ag , ^{113}Sr , ^{115}Cd , 124 və ^{125}Sb , ^{125}Sn , ^{123}Te , 134 və ^{137}Cs , 139,141 və ^{144}Ce , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{182}Ta) və ən başlıcası, böyük yarımparçalanma müddətinə malik bir sıra izotopların – ^{14}C (5730 il), ^{129}I (16 mln. il) və b.– düşməsi mümkündür.

Bu cür geniş spektrə malik radionuklidlərin ətraf mühitə daxil olması balıq və digər dəniz məhsullarının çirklənməsinə gətirir. Xuptun (1985) məlumatına görə, balığın (treska, kambala, paltus, siyənək) radioaktivliyi $690 - 750 \text{ Bk/kq}^{-1}$ -ə (β şüalanına üzrə cəmi), $23 - 28 \text{ Bk/kq}^{-1}$ -ə (^{134}Cs -a görə), $570 - 590 \text{ Bk/kq}^{-1}$ -ə (^{137}Cs -a görə) çata bilər. Çanaqlara və qına (zirehə) malik dəniz heyvanları daha çirklənmiş olurlar. Onlarda aktivliyin miqdarı həmin yerlərdən tutulmuş balıqlardakından yeddi – on (uyğun olaraq omar və yengəclər), və hətta 90 dəfə (sahil molyuskları) çox olur.

Ətraf mühitin daha ciddi dəyişmələri, atmosferdə və ya Yer səthində nüvə silahının sınağı və nüvə müəssisələrində ciddi qəzalar zamanı qeydə alınmışdır.

BMT-nin elm komitəsi dünyanın Çernobıl AES-ində qəzadan bu və ya digər dərəcədə zərər çəkmiş müxtəlif ölkələrinin məlumatları əsasında belə qənaətə gəlmişdir (1993) ki, insanların ^{131}I və ^{137}Cs ilə şüalanmasında daha vacib mənbə ərzaq məhsullarıdır.

Çernobıl AES-ində qəza nəticəsində ürəmi tullantılarda radioaktiv maddələrin 43%-i bu radionuklidlərin və həmçinin ^{134}Cs -un payına düşür. Göstərilən radionuklidlər otlalarda otların, bostan bitkilərinin

üzərinə düşdükdən tezliklə sonra insan orqanizminə süd və göyərti ilə keçirdilər. Digər əsas qida məhsulları (dənli, meyvəköklü, meyvə, ət) insan orqanizminə çirklənmədən bir müddət sonra düşürdülər ki, bu da onların bu müddət ərzində öz aktivliyini kifayət qədər azaldan ¹³¹I (yarımparçalanma müddəti 8,04 sutka) mənbəyi kimi təhlükəsini azaldırdı.

¹³¹I və ¹³⁷Cs konsentrasiyası haqqında məlumatlara görə, Çernobıl AES-ində qəzanın ilk həftəsində Rumıniya, İsveçrə, Yunanıstan, Bolqarıstan, Ukrayna vilayətləri, Belorussiya və Rusiyada süd məhsullarının çirklənməsi 28-44 Bk/kq-a çatırdı, halbuki, Qərbi Avropa ölkələrində (Belçika, Fransa, İrlandiya, Böyük Britaniya) bu qiymət 0.6-4.4 Bk/kq-dan yuxarı olmayıb, Şimali Avropa, Asiya və Şimali Amerika ölkələrində isə daha aşağı (0.1-0.8 Bk/kq) olmuşdur. Göyərtinin çirklənmə səviyyəsi qismən yuxarı olub, ayrı-ayrı regionlarda (Yunanıstan, Yuqoslaviya) 150-210 Bk/kq-a çatmışdır. ¹³⁷Cs-la çirklənmə geniş əhatəli yeyinti məhsullarını əhatə edir.

Daha yüksək çirklənmə səviyyəsi – 57-200 Bk/kq⁻¹ yerli məsullarda (Avstriya, Finlandiya, Rumıniya, İsveçrə, Bolqarıstan, Ukrayna, Belorussiya və Rusiyanın qəza yerinə yaxın bölgələri) qeydə alınmışdır. Bu regionlarda çirklənmə səviyyəsinə (21-90 Bk/kq) görə ikinci yerdə süd məhsulları durur. ¹³⁷Cs-un aşağı konsentrasiyası meyvə və tərəvəzdə (9-46 Bk/kq), dənli məhsullarda və göyərtidə (15-60 Bk/kq) olmuşdur. Qərbi və Şimali Avropa, Şimali Amerika və Qərbi Asiya ölkələri regionlarında ¹³⁷Cs-un

miqdarı süd məhsullarında 0,05-13 Bk/kq, yerli məhsullarda 0,03-18 Bk/kq, digər məhsullarda 0,03-18 Bk/kq intervalında dəyişir.

Müxtəlif heyvanlar tərəfindən istifadə edilən qida mənbələrinin müxtəlifliyi səbəbindən ^{137}Cs -un miqdarı ev quşları və donuz ətində aşağı, inək və qoyun ətində bir qədər yüksək, ov quşlarında çox yüksək olmuşdur.

Əksər insanlar tərəfindən az miqdarda qəbul edilən bəzi ərzaqlarda – maral ətində, göbələkdə, göl balıqlarında ^{137}Cs -un miqdarı göstərilən qiymətlərdən xeyli yüksək olmuşdur. Belə ki, Çernobil qəzasından sonra İsveçdə bu radioizotopun maral ətindəki miqdarı 10 Bk/kq-a çatmışdır. Almaniya ərazisində göbələkdə ^{137}Cs -un miqdarı qismən aşağı olmuş, lakin göbələyin növündən asılı olaraq geniş intervalda dəyişmişdir (keçi göbələyində 250 Bk/kq-a, ağ göbələkdə 100 Bk/kq-a qədər, şampinyonlarda daha az). Şirinsulu göl balıqlarında ^{137}Cs -un miqdarı 300 Bk/kq-dan (Almaniya) minlərlə Bk/kq-a qədər (İsveç) təşkil etmişdir. Dəniz balıqlarının orqanizmində ^{137}Cs çox kiçik miqdarda toplanır.

BMT-nin elm komitəsi tərəfindən aparılan analiz göstərdi ki, qida ilə daxil olan radionuklidlərlə daxili şüalanma dozasının 50%-i ^{137}Cs və həmçinin ^{134}Cs -un payına düşür.

“Qida zənciri” ilə orqanizmə daxil olma imkanına malik daha bir radionuklidi – ^{90}Sr -u qeyd etmək lazımdır. Çernobil AES-da ümumi tullantıda ^{90}Sr -un payının az olmasına – 4% baxmayaraq, onun rolu çox böyükdür:

insan orqanizminə düşdükdə sümük stronsium toxunalarında toplanaraq praktik olaraq xaric olunmur, onun yarıraparçalanma müddəti çox böyükdür (29,12 il).

Stronsium xarici mühitə böyük miqdarda daxil olması əvvəllər də – nüvə silahlarının sınağı dövründə olmuşdur. Həmin müddət ərzində bu radionuklidin ümumi daxil olması 600 Bk/kq, 1975-ci ildə planetin şimal yarımkürəsində torpaqda orta miqdarı isə 2068 Bk/kq təşkil etmişdir.

Qida məhsullarında ^{90}Sr mənbəyi çörək, süd, tərəvəz və meyvələrdir. Belə ki, 1960-1975 illər ərzində ABŞ və Danimarka əhalisi süd məhsulları ilə 30%, dənli məhsullarla 17-45%, tərəvəz və meyvələrlə 54 və 24% ^{90}Sr qəbul etmişlər. Ət məhsullarına çox az faiz düşür.

Nüvə silahının partladılması nəticəsində atmosfərə, sonradan isə qida məhsullarına düşən ^{90}Sr miqdarı son illər tədricən azalmışdır. Belə ki, Rusiyada 1960-cı ildən 1970-ci ilədək ^{90}Sr miqdarı çörəkdə 50 dəfə (2,2-dən 0,44 Bk/kq-a), süddə 33 dəfə (11-dən 0,33 Bk/kq-a), ətdə 5 dəfə (10,7-dən 2,2 Bk/kq-a) azalmışdır.

Radionuklidlərin arzuolunmaz təsirlərinin profilaktikasının əsas istiqamətlərindən biri onların qida məhsullarında miqdarına nəzarətdir.

Qida məhsullarında ^{137}Cs və ^{90}Sr -un yol verilən miqdar səviyyələri aşağıdakı kimidir:

Sümüksüz ət	160	50
Sümüksüz maral ətii	250	80
Sümüksüz vəhşi heyvan ətii	320	100
Bütün növ sümüklər	160	200
Yumurta və ondan hazırlanan məhsullar	80	50
Təzə süd	50	25
Süd konservləri	200	100
Quru süd məhsulları	360	200
Bərk pendirlər	50	100
Təzə buzlanmış alıq	130	100
Quru və hissə verilmiş balıq	260	200
Yosunlar, dəniz mollyuskları və xərçəngkimilər	200	100
Dənli bitkilər	80	140
Paxlalı bitkilər və yarmalar	60	100
Un və un məmulatları	60	80
Çörək və çörək-bulka məmulatı	40	70
Un qənnadı məmulatları	50	80
Şəkər	140	100
Kartof	320	60
Tərəvəz və bostan bitkiləri	130	50
Meyvələr və giləmeyvələr	40	50
Göbələklər	500	50
Qurudulmuş kartof	1200	240
Qurudulmuş tərəvəz və bostan bitkiləri	600	240
Qurudulmuş meyvələr və giləmeyvələr	200	240
Quru göbələklər	2500	250
Cem, mürəbbə, şirələr	80	70
Ədviyyat və ədviyyə	200	100
Çay	400	100
Dənəvər və üyüdülmüş qəhvə	300	100
Bitki yağı	60	80
İnak yağı	100	60
Pivə, çaxır və digər spirtli içkilər	70	100

FƏSİL 5

AZƏRBAYCANDA RADİASİYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ

5.1. Qanunvericilik-Qaydalar-Standartlar [7]

Azərbaycanda nüvə enerjisindən istifadə sahəsində qüvvədə olan yalnız bir qanun vardır. Bu qanun 30 dekabr 1977-ci il tarixində qəbul edilmiş Əhalinin Radiasiya Təhlükəsizliyi haqqında Qanundur. Bu qanunla Sənayedə Təhlükəsizlik və Dağ-Mədən İşlərinə Nəzarət üzrə Dövlət Komitəsi, Səhiyyə Nazirliyi və Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyini Azərbaycanda nüvə və radiasiya ilə bağlı bütün fəaliyyətlər üçün tənzimləyici və nəzarətədiçi orqan kimi təsbit olunmuşdur. Xüsusi hallar Cinayət Məcəlləsi (2000-ci il), İnzibati Məcəllə, Sağlamlığın Təhlükəsizliyi haqqında Qanun (1999-cu il), Texniki Təhlükəsizlik haqqında Qanun (1999-cu il), Mülki Məcəllə (1998-ci il), Prezidentin 1998-ci il tarixli 758 sayılı fərmanı və Hökumətin qərarları ilə tənzimlənir.

Keçmiş Sovet İttifaqında və Rusiyada işlənib hazırlanmış standartlar və qaydalardan hal-hazırda istifadə olunur. Bunlar Radiasiya Təhlükəsizliyi üzrə Standartlar (1996), Radioaktiv Tullantıların İdarəedilməsi üzrə Sağlamlıq Qaydaları, Ümumi Sağlamlıq Qaydaları və başqalarıdır.

Hal-hazırda Əhalinin Radiasiya Təhlükəsizliyi haqqında Qanununda nəzərdə tutulan Radiasiyadan Mühafizə üzrə Standartlar və Qaydalar IAEA-nın

tövsiyələrinə, beynəlxalq təcrübəyə uyğun olaraq işlənib hazırlanmaqdadır.

Milli Təhlükəsizlik Nazirliyi radioaktiv mənbələr və nüvə materiallarının fiziki mühafizəsini, onların daşınmasına əməliyyat dəstəyini təmin edən və onların qeyri-qanuni daşınmasının və ya ölkədə radioaktiv mənbələr və nüvə materialları ilə bağlı istənilən qanunazidd əməliyyatların qarşısını almaq üçün tədbirlər həyata keçirən dövlət orqanıdır.

Dövlət Gömrük Komitəsi və *Dövlət Mühafizə Xidməti Departamenti* radioaktiv materialların Azərbaycanın sərhədlərindən keçirilməsinin qarşısını almaq üçün məsuldur və sərhəd nəzarət məntəqələrində texniki nəzarəti həyata keçirir.

Fövqəladə Hallar Nazirliyi mülki müdafiə və qəzalara qarşısının alınması üçün cavabdehdir.

Respublikada radiasiya təhlükəsizliyi *daxili* və *xarici* amillərlə səciyyələndirilir.

Bu amillərin hər biri öz növbəsində *tabii amillər* və *süni amillər* kimi iki qrupa bölünür.

Azərbaycanda nüvə texnologiyası və nüvə reaktorları yoxdur.

Süni nüvə materiallarından əsasən aşağıdakı sahələrdə istifadə olunur:

1960-cı ildən sonra Azərbaycanda dinc məqsədlər üçün nüvə enerjisindən istifadə üzrə elmi tədqiqatlar aparılmağa başlanmışdır. Bu işlərin əsas istiqamətləri aşağıdakılardır:

- materialların, məsələn, polimerlərin, sorbentlərin, katalizatorların, dielektriklərin və s. radiasiyanın təsiri ilə modifikasiyası;

- radiasiya-neft prosesləri;
- radiasiya polimerləşdirilməsi;
- radiasiya-heterogen prosesləri;

- su, kömür, neft qalıqları, hidrogen-sulfid və təbii qazlardan hidrogen və tərkibində hidrogen olan qazların alınmasının radiasiya-kimya prosesləri;

- su və tərkibində su olan qarışıqlardan hidrogen və tərkibində hidrogen olan qazların alınmasının radiasiya-kataliz prosesləri;

- dənli bitkilərin radiasiya ilə emalı prosesləri;

- biologiya, materialşünaslıq, təbabət və texnikada nüvə-analitik metodlardan istifadə;

- təbabətdə izotop mənbələrindən istifadə;

- ekoloji problemlərin həlli üçün radiasiya-kimya prosesləri;

- radioaktiv karotaj metodları.

Səhiyyə Nazirliyində ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{99}Tc , ^{131}I əsasında ionlaşdırıcı şüa mənbələri və rentgen qurğuları vardır.

Kənd Təsərrüfatı Nazirliyində ^{137}Cs izotop mənbələri. ^{241}Am , $^{241}\text{Am} + \text{Be}$ və neytron generatorları vardır.

Özəl şirkətlərdə neft kəmərlərində defektlərin aşkarlanması üçün ^{192}I izotopundan istifadə edilən defektoskoplar vardır.

5.2. İonlaşdırıcı radiasiya mənbələri

Azərbaycan Respublikasında aşağıdakı ionlaşdırıcı radiasiya mənbələri mövcuddur:

AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunda ^{60}Co və ^{137}Cs izotopları əsasında qamma şüalarının mənbəyi olan qurğular kompleksi, eləcə də elektronların sürətləndiricisi vardır.

Bu mənbələrin xarakteristikaları 5.1 və 5.2 sayılı cədvəllərdə göstərilmişdir.

Cədvəl 5.1

Qamma şüaların mənbəyi

No	Radioaktiv mənbə	Miqdar	Düzəldilmə tarixi	$T_{1/2}$, il	Xüsusi aktivlik, Ki
1	URJ- ^{60}Co	1	1969	5,3	3019
2	MRX- γ -25- ^{60}Co	1	1974	5,3	907
3	RXUND- 2000- ^{60}Co	1	1975	5,3	285
4	"Kolos"- qurğu- ^{137}Co	1	1975	30,0	2600
5	RXM- γ -20- ^{60}Co	1		5,3	215,5
6	Radium-226	1		1590,0	0,0018

Cədvəl 5.2

Elektronların sürətləndiricisi

No	Radioaktiv mənbənin və ya qurğunun adı	Düzəldilmə tarixi	Elektronların enerjisi, MeV	Güc, kVt
1	ELU-4	1978	4,5	~ 1

Cədvəl 5.3

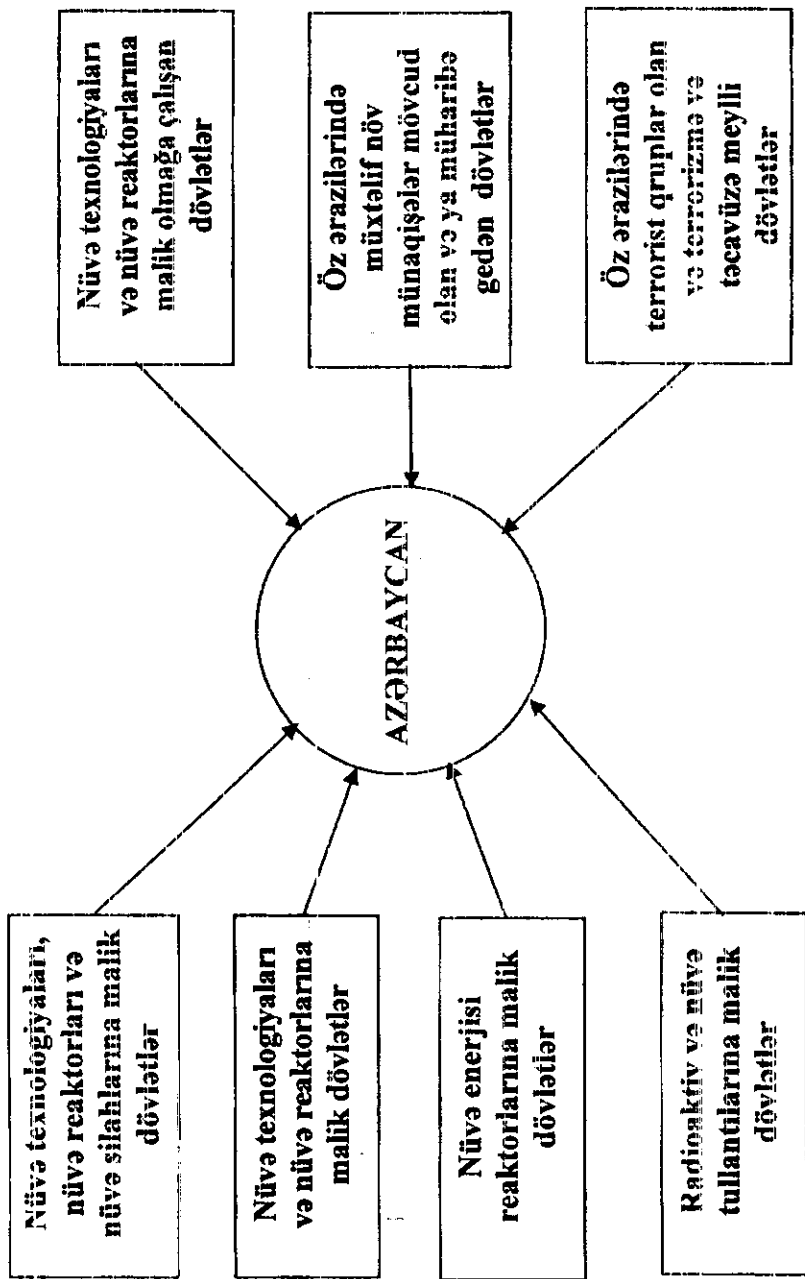
Neft və qazın hasilatı zamanı yaranan radiasiya təhlükəli tullantıların əsas növləri

Növ	Nuklidlər	Xüsusiyyətlər	Yerləşdiyi yer
Ra - bərk çöküntülər	Ra-226, Ra-228, Ra-224 + parçalanma məhsulları	Ca, Sr, Ba sulfat və karbonatlarının bərk çöküntüləri	Sənaye avadanlıqların nəm hissələri. Quyuların aşağı hissəsi
Ra - çəti palçıq	Ra-226, Ra-228, Ra-224 + parçalanma məhsulları	Qum, gil, parafinlər, ağır metallar	Separatorlar, sənaye hovuzları
Pb - bərk çöküntülər	Pb-210 + parçalanma məhsulları	Stabil Pb çöküntüləri	Sənaye avadanlıqların nəm hissələri. Quyuların aşağı hissəsi. Quyuların uc hissəsi
Pb - təbəqələr	Pb-210 + parçalanma məhsulları	Çox nazik təbəqələr	Neft və qazın təkrar emalı və nəqli
Təbii qaz	Rn-222	Təsirsiz qaz	İstehlak sahəsi
Sənaye suları	Ra-226, Ra-228, Ra-224 (və/və ya) Pb-210	Neftin emalı zamanı duzlaşmış su hovuzları	İstənilən sənaye avadanlığı

5.3. Azərbaycanın coğrafi mövqeyi və ən yaxın qonşu ölkələrin nüvə texnologiyaları sistemlərinin Azərbaycan Respublikasının radiasiya təhlükəsizliyinə təsiri

Aşağıdakı şəkildə Azərbaycanın coğrafi mövqeyi və ən yaxın qonşu ölkələrin nüvə texnologiyaları sistemlərinin Azərbaycan Respublikasının radiasiya təhlükəsizliyinə təsiri göstərilmişdir.

Azərbaycanın nüvə təhlükəsizliyi ilə bağlı coğrafi mövqeyi



Şəkildən görüldüyü kimi, Azərbaycanın radiasiya təhlükəsizliyinə aşağıdakı amillər təsir edir:

- təbii radionuklidlərin konsentrasiyası, geoloji xüsusiyyətlərlə bağlı təbii amillər;
- təbii texnogen konsentrasiyalar ilə bağlı amil;
- nüvə texnologiyaları və nüvə silahları ilə bağlı amil.

5.3.1. Təbii amillər

Azərbaycanın radiasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı aşağıdakı təbii amillər aşağıdakılarla müəyyən olunur:

- təbii qamma-fonu: 4-20 mkr/saat;
- ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K nüvə izotopları ilə bağlı bütövlükdə təbii radioelektriklər.

Onların konsentrasiyası Azərbaycanda geniş intervalda dəyişir.

5.3.2. Texnogen səciyyəli amillər

Azərbaycanda texnogen səciyyəli radionuklidlərlə çirkənmə aşağıdakı amillərlə bağlıdır:

- neftin çıxarılması, təmizlənməsi və istifadəsi ilə əlaqədar olan amillər;
- dağ-mədən işləri;
- texnika, təbabət və elmdə istifadə olunan radionuklidlər.

5.3.3. Qonşu ölkələrin nüvə texnologiyaları və nüvə silahlarının sınaqları ilə bağlı amillər

Nüvə silahlarının sınaqları 1960-1980-ci illərdə sınaqlarından sonra radionuklidlərin konsentrasiyasının torpaqda dəyişməsi:

$$^{90}\text{Sr} \text{ və } ^{137}\text{Cs}: G_{\text{cəmi}} \gg 1-30 \text{ Bk/kq.}$$

Çernobıl qəzasından sonra radionuklidlərin konsentrasiyasının dəyişməsi:

$$\text{Torpaqda: } ^{90}\text{Sr} \text{ və } ^{137}\text{Cs}: G_{\text{cəmi}} \gg 2 \text{ Bk/kq.}$$

$$\text{Havada: } ^{137}\text{Cs}: G_{\text{cəmi}} \gg (0,08-0,11) \cdot 10^{-5} \text{ Bk/m}^3.$$

$$^{90}\text{Sr}: G_{\text{cəmi}} \gg (0,0074-0,0090) \cdot 10^{-5} \text{ Bk/m}^3.$$

$$^3\text{H}: \sim 6,1 \text{ Bk/l}$$

Suda: Bu amillərin təsiri altında Xəzər dənizinin sularında radionuklidlərin konsentrasiyasının aşağıda göstərilən dəyişməsi baş vermişdir (Cədvəl 5.4):

Cədvəl 5.4

Xəzər dənizində stronsium-90 izotopunun orta konsentrasiyası

Xəzər dənizi	1991		1992		1992-ci ildə götürülən nümunələrin miqdarı
	10^{-12} Ki/l	mBk/l	10^{-12} Ki/l	mBk/l	
Şimal hissəsi	0,35	13,0	0,41	15,2	4
Orta və cənub hissəsi	0,33	12,2	0,35	13,0	8

Azərbaycan Respublikasının radiasiya təhlükəsizliyi həmçinin aşağıdakı amillərlə də səciyyələndirilir:

- Ermənistan Atom elektrik stansiyası -- burada 315 MVt gücünə malik nüvə reaktoru vardır. Reaktorun ümumi istismar müddəti 20 ildən artıqdır və orada qəzanın baş vermə ehtimalı kifayət qədər böyükdür.

- Gürcüstandakı tədqiqat nüvə reaktoru fəaliyyətini dayandırmışdır. Onun beynəlxalq təşkilatlar tərəfindən ləğv edilməsi nəzərdən keçirilir.

- Rusiyanın Avropa hissəsində yerləşən nüvə qurğuları və müxtəlif nüvə reaktorları;

- İranda (Buşəhrdə) inşa edilən WWER-1000 nüvə reaktoru;

- Qazaxıstandakı nüvə materialları üçün texnoloji avadanlıq;

- Aktauda (Qazaxıstan) yüksək sürətli neytronların buxar və çirkləndirici buraxılışlarına malik ikili təyinatlı nüvə reaktoru.

Beləliklə, Azərbaycanın sərhədlərinə yaxın yerləşən nüvə reaktorları 25-30 ildən artıq istismar olunur və onlarda qəzanın baş verə bilməsi təhlükəsi kifayət qədər böyükdür.

5.4. Abşeron yarımadasında radionuklidlərin yayılması [8-18]

Neft dünya istilik energetikasında əhəmiyyətli rol oynamaqla yanaşı insan cəmiyyəti üçün də çoxlu ekoloji problemlər yaratmışdır. Ona görə də Azərbaycanda neft və qazın intensiv hasilatı ilə bağlı ekoloq mütəxəssislər

qarşısında həll olunması vacib olan problemlər meydana çıxır.

Abşeron yarımadası özüntün neft və qaz ehtiyatlarına görə respublikamızın zəngin ərazilərindən biridir. 200 ilə yaxındır ki, bu ərazilərdən neft çıxarılır. 1901-1905-ci illərdə dünyada hasil olunan neftin təqribən yarısı, 1941-1945-ci illərdə isə İkinci Dünya Müharibəsi zamanı keçmiş SSRİ-də istehsal olunan neftin ~ 70 % -dən çoxu Azərbaycan respublikasının payına düşürdü. Hazırda Respublikamızda çoxlu sayda xarici və yerli kompaniyaların iştirakı ilə Abşeron yarımadasında və Xəzər dənizində intensiv sürətdə neft və təbii yanacaq qazının istehsalı, emalı və daşınması prosesləri həyata keçirilir. 1938-ci ildə Xəzər dənizinin dibindən neft çıxarmaq üçün Pirallahı adasında neft quyuları qazılmış və təxminən iki ildən sonra həmin quyular istismara verilmişdir. Həmin illərdən başlayaraq ekoloji tədbirlərin yerinə yetirilməsində ciddi nöqsanlara yol verilərək Xəzər dənizində və həmçinin Abşeron adasında neft qaz quyularının qazılması və istismarı geniş miqyasda davam etdirilmişdir. 1950-ci illərdən başlayaraq Abşeron yarımadasının sahil hissələrində nəhəng neft emalı və neft-kimya zavodlarının inşası, həmçinin istehsal sahələrinin genişləndirilməsi Abşeron yarımadasının və Xəzərin ekologiyasına mənfi təsir göstərmişdir. Uzun illər ekoloji baxımdan bir çox nöqsanlarla Abşeron yarımadasında aparılan neft-qaz çıxarma işlərinin təsiri ilə Abşeron yarımadasında acınacaqlı vəziyyət yaranmışdır.

Son dövrlərin məlumatlarına görə 2010-cu ildə Azərbaycanı 53 milyon ton neft, 30 milyard kub m qaz istehsal olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, neft və qazla bağlı bütün proseslərin gedişində ətraf mühit müxtəlif xarakterli zərərli tullantılarla çirklənir. Bu tullantıların tərkibində canlı orqanizmlər üçün son dərəcə təhlükəli olan radioaktiv ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K izotopları kimi şüalanma mənbələri vardır. Göstərilən təbii radioaktiv izotoplar Yer qabığının aşağı qatlarında (əsasən Yer litosfer qatında) yerləşirlər və neftin çıxarılması proseslərində Yeraltı suların vasitəsi ilə Yer üst qatına (torpaq qatına) çıxırlar. Məhz buna görə də Abşeron yarımadasında olan neft əraziləri təbii və antropogen radionuklidlərlə çirklənmiş ərazilərdir. Abşeron yarımadasında ümumi ekoloji, o cümlədən də radioekoloji vəziyyəti formalaşdıran əsas xüsusiyyətlər neft istehsalı və neft emalı ilə bağlı amillərdir. Sanitar normalara riayət edilməməsi yarımadaının böyük bir hissəsinin neft və buruq suları ilə çirklənməsinə və nəticədə ərazidə yüksək radioaktivliklə xarakterizə olan lokal çirklənmə zonalarının əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Daha çox neft quyularının ətrafında müşahidə olunan bu zonalar əsasən kiçik ölçüyə malik olub, 50-200 m² sahəni təşkil edir. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunun bir qrup aliminin [8, 11] apardıqları tədqiqatdan müəyyən olunmuşdur ki, Yer dərini qatlarından çıxan radionuklidlərin quyuyaətrafi

ərazilərdə torpağa hopması Bibiheybət, Lökbatan, Suraxanı, Balaxanı, Qum adası, Pirallahı neft buruqlarının əhatə etdiyi ərazilərdə təbii radiasiya fonu ilə (5-10 mkR/saat) müqayisədə radioaktivliyi 5-100 dəfəyə qədər çox olan zonaların yaranmasına səbəb olmuşdur.

Məlumdur ki, neftlə birlikdə çıxan və sonra ondan ayrılan lay suları kanallarla süni göllərə axıdılır. Çökmə və akkumulyasiya prosesləri nəticəsində ^{226}Ra , ^{218}Ra , ^{224}Ra izotopları və onların parçalanma məhsulları neftçixarma ərazilərində suda, dib çöküntülərində və torpaqlarda çökür. Ona görə də belə yerlərdə qamma şüalanma fonunun qiyməti yol verilən həddən dəfələrlə böyük olur. Lay sularının süni göllərə axdıqları kanallarda ekspozisiya dozasının gücü 800÷1400 mkR/saat-a qədər çatır. Radiumun, kalsium və bariumla birlikdə çökməsi həmçinin köhnə avadanlıqlarda yaranan ərp şəklində yığılması bu avadanlıqları təhlükəli qamma şüalanma mənbəyinə çevirir.

Belə ərazilərin bir qismi Bakı Dövlət Universiteti və Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun əməkdaşları M.Ə.Ramazanov, Q.Q.Məmmədov, V.H. Bədəlov, C.Ə. Nağıyev tərəfindən tədqiq olunmuşdur [14, 15]. Müəlliflər Abşeron yarımadasının Suraxanı və Ramana qəsəbələrində eksperimental radioekoloji tədqiqatlar aparmışlar.

Abşeron yarımadasında neftin və qazın çıxarılması və emalı ilə bağlı olan sahələrdə radioekoloji tədqiqatların aparılması, radioaktiv tullantılarla çirklənmiş sahələrin

müəyyənləşdirilməsi, həmin sahələrdə radioekoloji durumun qiymətləndirilməsi əsas problemlərdən biridir. Bu məqsədlə, tədqiq olunan yerdən götürülmüş nümunələrin radioekoloji parametrləri tədqiq olunaraq, nümunə götürülən ərazidə ekspozisiya dozasının gücü, radionuklid tərkibi və xüsusi və effektiv aktivliyi öyrənilmişdir.

Radionuklidlərin Respublikamızın ərazisində, o cümlədən də Abşeron yarımadasına çaylar vasitəsilə daşınması da istisna deyildir. Belə ki, Ermənistan Atom elektrik stansiyasının fəaliyyəti nəticəsində ildə 6700 m^3 -ə qədər bərk, 2500 m^3 -ə qədər isə maye radioaktiv tullantılar əmələ gəlir ki, bunların da 400 m^3 -ə qədəri (50 m^3 -bərk, 350 m^3 -maye) çox yüksək radioaktivliklə, 3800 m^3 -ə qədəri isə (1700 m^3 - bərk, 2100 m^3 - maye) orta radioaktivliklə xarakterə olunur. Tullantılarda xüsusi radioaktivlik 10^6 - 10^7 Bk/kq həddinə çatır. Hal-hazırda Ermənistanda iqtisadi vəziyyətlə əlaqədar zərərli tullantıların basdırılması üçün nəzərdə tutulmuş 12 məntəqədən yalnız dördü fəaliyyətdədir və bu məntəqələrin əksəriyyəti çayların sahilində yerləşir. Ona görə də, çox ehtimal ki, bu tullantıların bir qismi çaylara axıdılır və nəticədə onlar Kür-Araz çayları şəbəkəsi ilə Xəzərin Abşeron yarımadası sahillərinə daşınır.

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunun bir qrup alimi Yevlax rayonu ərazisindən götürülmüş torpaq və su nümunələrində ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th , ^{228}Ra , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{222}Ra radionuklidlərini

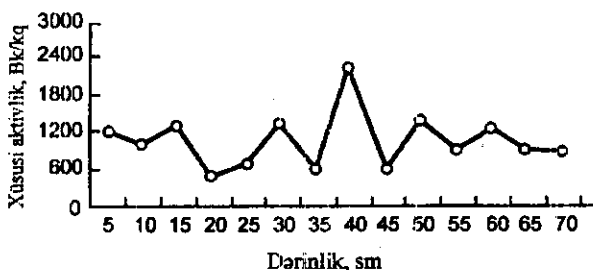
tədqiq etmişdir [13]. Su hövzələrində ^{226}Ra nuklidinin nörmədən artıq $1,66 \pm 0,2 \text{ Bk/m}^3$ (olmasını müəlliflər qrunut sularının bu ərazilərdə artması ilə əlaqələndirirmişlər.

Özündə radium daşıyan və nisbətən yüksək radioaktivliyə malik buruq suların əmələ gələn gölməçələrin yaratdığı lokal çirklənmə zonalarına isə əsasən Suraxanı, Balaxanı, Ramana, Bibiheybət neft mədənlərinin ərazilərində rast gəlmək olar. Məsələn, Yeni Suraxanı və Ramana yod zavodlarının ərazilərində əmələ gələn və suyundan xammal kimi istifadə olunan bu cür gölməçələrdə radiasiya fonu 50-150 mkR/saat intervalındadır. Adı çəkilən zavodların ərazisində radiasiya təhlükəsi yaradan digər mənbə yod istehsalında adsorbent kimi istifadə olunan aktivləşmiş kömürdür. Özündə çoxlu miqdarda radionuklid toplamış bu cür kömür ətraf mühit üçün 300-500 mkR/saat radioaktivliyi olan çirklənmə mənbəyi rolu oynayır. Açıq səma altında saxlanılan bu kömürü daşıyıb yaşayış məntəqələrindən kənar yerlərdə basdırmaqla onun külək vasitəsi ilə ətrafa yayılmasının və canlılar üçün yarada biləcəyi təhlükənin qarşısını almaq olar.

Yüngül gilli və qismən qumsal tərkibə malik olan Abşeron yarımadası üçün xarakterik olan boz-qonur torpaqlar radionuklidlərin paylanması və miqrasiyanın müəyyən edən bəzi xüsusiyyətlərə malikdir. Torflu torpaqlardan fərqli olaraq qumsal torpaqlar daha az sıxlığa

malik olurlar ki, bu da həmin torpaqlarda radionuklidlərin miqrasiya sürətini artırır.

AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun əməkdaşları Bakı yod zavodunun istehsalat ərazisini çirkləndirən radionuklidlərin ərazi torpaqlarında şaquli və üfüqi miqrasiyanı öyrənmişlər [12]. Radionuklidlərin torpaq horizontları üzrə miqrasiyasına görə ^{40}K izotopunun şaquli paylanmasında kəskin maksimumları müşahidə olunur (şək. 5.1).

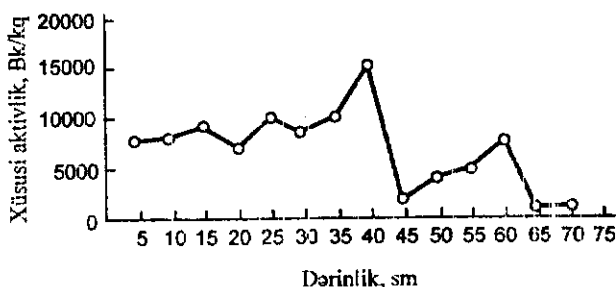


Şək. 5.1. ^{40}K izotopunun təcrübə sahəsində dərinlikdən asılı olaraq torpaqda paylanması

0-35 sm-lik dərinliyə qədər ^{40}K izotopu torpaq layları üzrə, cüzi fərqlər nəzərə alınmasa, demək olar ki, bərabər paylanır. 35-45 sm dərinlikdə isə radioaktivliyi digər təbəqələrlə müqayisədə ~ 2 dəfə çox olan maksimum müşahidə olunur və dərinlik artdıqca dəyişmə dinamikasında stabilləşmə formalaşır.

Analoji dəyişmə ^{226}Ra üçün də xarakterikdir. Bu halda da 35-45 sm dərinlikdə radioaktivliyi digər

dərindəlikdə müqayisədə 2 dəfə çox olan maksimum müşahidə olunur və dərinliyin sonrakı artımı bu radionuklidin miqdarında əsaslı dəyişiklik yaratmır (şək. 5.2).



Şək. 5.2. ^{226}Ra izotopunun təcrübə sahəsində dərinlikdən asılı olaraq torpaqda paylanması

Bu radionuklidlərin torpaq horizontları üzrə paylanmasında əsas fərq ondan ibarətdir ki, maksimum müşahidə olunanadək və maksimum müşahidə olunduqdan sonra ^{40}K izotopunun paylanmasında ehtə bir fərq yox idisə, ^{226}Ra üçün fərqli mənərə xarakterikdir. Bu zaman maksimum müşahidə olunanadək radium miqdarı maksimumdan sonrakı miqdarından təxminən 4 dəfə çox olur. Belə çıxır ki, maksimum müşahidə olunan 35-45 sm dərinliyi çıxmaq şərti ilə bütün dərinliklərdə ^{40}K izotopu təxminən bərabər miqdarda paylandığı halda, ^{226}Ra izotopunda 0-35 sm-ə qədər, azda olsa, əvvəlcə artma tendensiya, sonra maksimum, daha sonra isə azalaraq stabilləşmə müşahidə olunur. Torpağın əksər laylarında təxminən eyni qədər paylanan ^{40}K -dan fərqli olaraq, ^{226}Ra izotopu torpağın üst

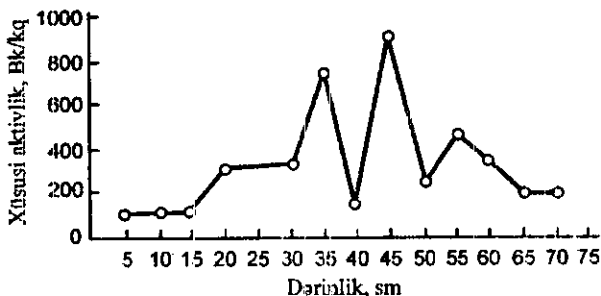
laylarında çox paylandığı halda, aşağı laylarda az miqdarda paylanır.

Maksimum maksimum müşahidə olunan layı çıxmaq şərti ilə ^{40}K izotopunun bütün laylarda eyni miqdarda paylanması bu radioizotopun tədqiq olunan torpaqda əsasən mübadilə oluna bilən sərbəst ionlar formasında olmasına işarədir ki, bu da adı çəkilən izotopun təcrübə sahəsi üçün xarakterik olan yüngül-gillicə torpaqlarda yüksək mətəhərrikliliyini təmin edir. 35-45 sm-lik dərinlikdəki maksimuma gəldikdə isə, həmin layda radionuklidi fiksə edə bilən torpaq komponentlərinin olması daha çox ehtimal oluna bilər.

Göründüyü kimi, ^{226}Ra izotopunun dərinlikdən asılı dəyişmə dinamikası daha çox maraq kəsb edir. Bu izotopun torpağın üst qatında dərin qatlarla müqayisədə daha çox toplanması, çox yəqin ki, üst laylarda radiumlu birləşmələrin daha çox olmaları ilə əlaqədardır. Radiuma uyğun pikə gəldikdə isə bu da, böyük ehtimalla 35-45 sm dərinlikdə ^{40}K izotopunu fiksə edə bildiyi kimi, ^{226}Ra izotopunu da fiksə edə bilən torpaq süxurlarının olması ilə əlaqədardır.

^{232}Th izotopu özünü digər izotoplarla müqayisədə tamamilə fərqli aparır (şək. 5.3). Bu izotopun miqdarı 0-35 sm dərinliyə qədər müntəzəm artır və bu artım əhəmiyyətli dərəcədə (~ 7 dəfə) çoxdur. Digər izotoplardan fərqli olaraq ^{232}Th izotopu üçün 2 müxtəlif dərinlikdə (35 və 45 sm) kəskin maksimumlar müşahidə olunur. Dərinlik artdıqca toriumun miqdarının artması və

35, 45 sm dərinliklərdə maksimumlar müşahidə olunması bu radioizotopun nisbətən dərin qatlarda toplanmağa daha çox meyilli olmasından xəbər verir.



Şək. 5.1. ^{232}Th izotopunun təcrübə sahəsində dərinlikdən asılı olaraq torpaqda paylanması

Ramana və Suraxanı qəsəbələrində yerləşən yod zavodlarının ərazilərində kömür tullantılarının tutduğu ərazidə və onun ətraflarında radioekoloji tədqiqatlar aparılmışdır [15]. Ramana qəsəbəsindəki yod zavodunun ərazisində üç böyük kömür tullantısı yerləşir. Bu məqsədlə tullantının mərkəzində, kənarlarında, kənarından 10 m məsafədə, eləcə də ərazinin tullantılardan uzaq nöqtələrində qamma şüalanma təsirinin doza gücü ölçülərək tullantıların mərkəzindən kömür nümunələri götürülmüşdür. Bu tullantıların tutduğu ərazilərin sahəsi və orada yerləşən kömürün sıxlığı (600 kq/m^3), həcmi və kütləsi müəyyən edilmişdir (Cədvəl 5.6).

Cədvəl 5.6

Ramana və Suraxanı qəsəbələri ərazilərindəki yod zavodlarında radioaktiv tullantıların paylanması

Tullantılar şərti adlar	Tullantının tutduğu saha, m ²		Tullantının həcmi, m ³		Tullantının kütləsi, ton	
	Ramana	Suraxanı	Ramana	Suraxanı	Ramana	Suraxanı
A	1521	5460	2282	6552	1370	3931
B	2095	4612	3143	4612	1890	2767
C	2475	5008	2723	12520	1630	7512
D	-	152	-	61	-	37
E	-	420	-	126	-	76
F	-	323	-	48	-	29
Cəmi	6091	15975	8148	23919	4890	14352

Kömür tullantılarının orta hündürlüyündən, tutduğu ərazinin sahəsindən və kömürün sıxlığından istifadə etməklə onların kütləsi hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, kömür tullantıların kənarlarında ekspozisiya dozasının gücü 38-163 mkR/saat, tullantının daxilində və mərkəzində isə 102-240 mkR/saat intervallarında dəyişir. Tullantıların kənarlarından 10 m məsafədə doza gücü normal təbii fon qiymətindən qismən böyük olub, 12-25 mkR/saat aralığında dəyişir. Ərazidə təbii fon (zavodun ərazisindən kənarında) 5-8 mkR/saat tərtibindədir. Amma zavodun ərazisinin tullantılardan uzaq olan nöqtələrində normal təbii radiasiya fonu müşahidə olunur [17, 18].

Yod zavodlarının ərazisində olan aktiv kömür tayalarında radioaktiv elementlərin miqراسiyasını araşdırmaq məqsədilə müxtəlif dərinliklərdən kömür nümunələri götürülüb qamma-spektrometrik üsulla radionuklid tərkibi analiz edilmişdir. Nümunələr tullantıların mərkəz nöqtələrində səthdən və müxtəlif dərinliklərdən götürülmüşdür (Cədvəl 5.7).

Cədvəl 5.7

Ramana yod zavodundan götürülmüş nümunələrin radionuklid tərkibi

Nümunənin yeri	Dərinlik, sm	²³⁵ U, Bk/kq	²³⁸ U, Bk/kq	²²⁶ Ra, Bk/kq	²²⁸ Ra, Bk/kq	A _{eff} , Bk/kq
M7 (A)	səth	167 ± 5	3480 ± 15	5019 ± 19	811 ± 11	6081 ± 24
M12 (B)	səth	84 ± 2	1743 ± 12	4111 ± 19	680 ± 11	5002 ± 24
M25 (C)	səth	284 ± 6	5928 ± 27	9452 ± 30	576 ± 11	10207 ± 33
M25 (C)	60	174 ± 5	3623 ± 16	7120 ± 25	445 ± 16	7703 ± 33
M41	səth	3371 ± 443	70360 ± 9260	138250 ± 350	9573 ± 125	150790 ± 3353

Kömür qalaqlarında radioaktiv elementlərin xüsusi aktivlikləri kömür qalağının dərinliyindən asılı deyil. Bu radioaktiv elementlərin aktivləşdirilmiş kömürün daxilində davamlı kimyəvi birləşmə şəklində sorbsiya olunması ilə izah olunur. Müxtəlif dərinliklərdəki kömürün xüsusi effektiv aktivliyinin fərqli olmasının

səbəbini müəlliflər kömürün sorbsiya prosesində istifadə olunma vaxtının müxtəlif olması ilə izah edirlər.

Həmçinin lay suyunun yod zavoduna daxil olduğu və istismar vaxtı bitmiş separatorun dibinə çökən bərk hissəciklərdən nümunə götürülmüş, qamma-spektrometrik üsulla radionuklid tərkibi analiz aparılmışdır.

Seperatorun səthində ekspozisiya dozasının gücü 1450 mkR/saat-a çatır. Separatorun dibindəki çöküntü lay suyunda olan asılqanlar və bərk hissəciklərin dibə çökməsi nəticəsində yaranır. Lay suyunda həll olmuş radium izotopları asılqanlar tərəfindən sorbsiya olunaraq kanalın dibinə çökmə nəticəsində akkumulyasiya olunur. Ona görə də sepaatorun dibindəki çöküntüdə radionuklidlərin xüsusi aktivlikləri çox yüksəkdir.

Havada radon qazının həcmi aktivliyinin ölçülməsi zamanı alınan nəticələr cihazın həssaslıq həddindən aşağı olmuşdur ($MDA < 20 \text{ Bk/m}^3$). Bu radonun kömürdən emanasiya əmsalının kiçik olması və tullantıların açıq havada yerləşməsi ilə izah olunur. Küləyin əsməyi nəticəsində az miqdarda kömürdən ayrılan radon qazı küləklə yayılır və onun konsentrasiyası azalır. Ona görə də havada radonun həcmi aktivliyi aşağı qiymətlərə düşür.

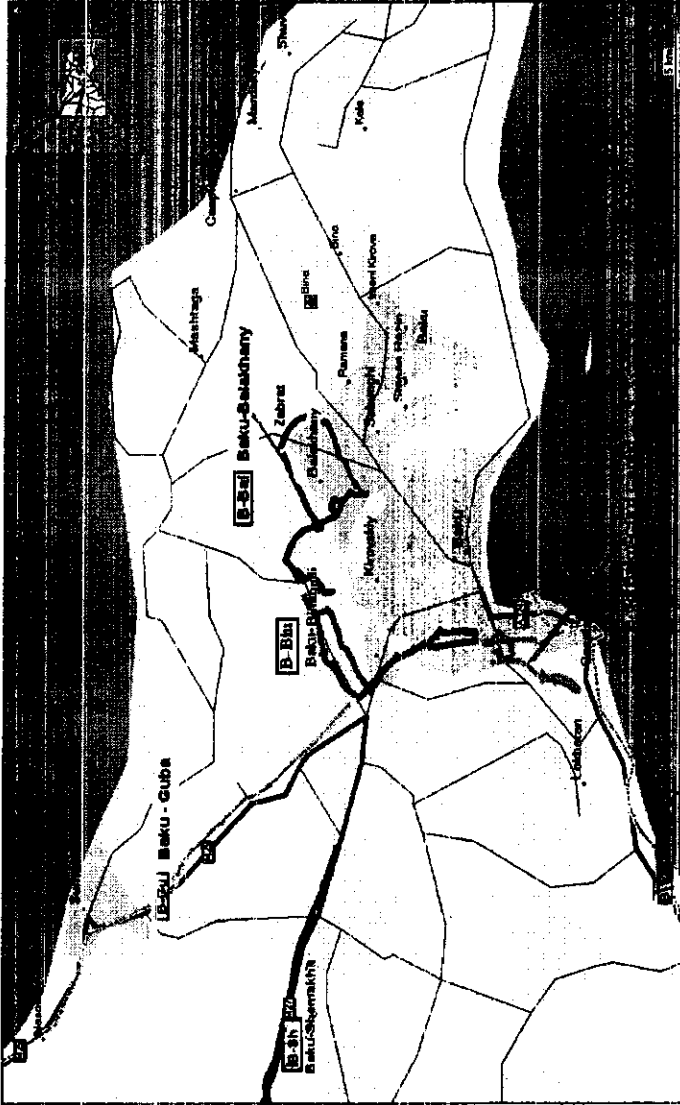
Abşeron yarımadasının ağır, o cümlədən də radioaktiv, metallarla digər çirklənmə mənbəyi palçıq vulkanlarıdır. Yer kürəsində mövcud olan bütün palçıq vulkanlarının üçdə birindən çoxu Azərbaycanın, onun da 50%-dən çoxu Qobustan və Abşeron yarımadasının payına düşür. Məlum olduğu kimi, palçıq vulkanlarının

püskürməsi nəticəsində ətraf mühitə litosferlə müqayisədə 100 dəfələrlə çox toksiki, həmçinin radioaktiv kimyəvi elementlər səpələnir. Bu isə palçıq vulkanlarının ərazilərində radioaktivliklə lokal çirklənmiş zonaların yaranmasına səbəb olur. Həmin zonalarda ölçmə işləri radioaktivliyin təbii fonla müqayisədə böyük olduğunu göstərir.

Bakı Dövlət Universiteti Fizika Problemləri İnstitutunun əməkdaşları M.Ə. Ramazanov, Q.Q. Məmmədov, V.H.Bədəlov tərəfindən Abşeron yarımadasının Bakıətrafi ərazilərində radioekoloji tədqiqat işləri aparılmışdır [14-16].

Aparılmış tədqiqatların əsas məqsədi Abşeron yarımadasının Bakıətrafi ərazilərində seçilmiş müxtəlif istiqamətlərdə dozimetrik, radiometrik və spektrometrik üsullarla radioaktiv çirklənmə mənbələrini aşkara çıxarmaq, bu mənbələrin coğrafi koordinatlarını və əsas fiziki-kimyəvi parametrlərini təyin etmək, tədqiq olunan ərazilərin radioekoloji durumu haqqında məlumat toplamaqdan ibarət olmuşdur.

Bu məqsədlə altı marşrut üzrə: Bakı-Lökbatan, Bakı-Qurd Qapısı, Bakı-Şamaxı, Bakı-Quba, Bakı-Binəqədi və Bakı-Balaxanı marşrutları üzrə (şək. 5.4) radioaktiv şüalanma mənbələrinin coğrafi koordinatlardan asılı olaraq ekspozisiya dozası gücü (EDG) ölçülmüş və bu parametri xarakterizə edən kəmiyyətlərin qiymətləri təyin edilmiş, bəzi lokal ərazilərdə EDG-nin qiymətinin ətraf mühitin yol verilən radiasiya fonundan çox yüksək olduğu müəyyən edilmişdir.



Şək.5.4. Dozimetrik ölçmələr aparılan marşrutların Abşeron yarımadası xəritəsində göstülmüşü

Alınan nəticələrin təhlili göstərir ki, EDG-nin ölçü nöqtələrinin sayından (tezliyindən) asılılığı normal paylanmaya (Qauss paylanmasına) uyğundur.

Ətraf mühitin, o cümlədən, Abşeron yarımadasının çirklənməsi, həmçinin də ^{137}Cs , ^{90}Sr və s. kimi süni radionüklidlərin vasitəsi ilə də baş verir. Süni radionüklidlər, istehsal müəssisələrində, atom elektrik stansiyalarında, atom bombalarının partlayışı zamanı kimi proseslərdə yaranır və müxtəlif miqrasiya üsulları vasitəsi ilə daha uzaq ərazilərə də yayılırlar.

Buna misal olaraq Bakı-Lökbatan (B-Lb) marşrutu üzrə yerləşən Bibi-Heybət NQÇI-nin ərazisində ölçmələrin nəticələri cədvəl 5.8-də verilmişdir.

Təcrübi nəticələr göstərmişdir ki, Bakı-Qurd qapısı marşrutu üzrə bəzi lokal sahələrdə EDG-nin qiyməti normal radiasiya fonundan ($\sim 5 \div 12$ mkR/saat) təqribən 2 tərtib yüksəkdir.

İşin yerinə yetirildiyi ərazidə radiasiya vəziyyəti SRP-88, DRQZ-02, DRQ-05M və MKS_1402 M standart dozimetrləri vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Cihazın xüsusi fonu 10 s^{-1} -i keçməmişdir, xətası $\pm 10\%$ olmuşdur. Bu cihaz bütün çöl işləri üçün davamlı və etibarlıdır. Ölçmə işləri aşağıdakı qaydada aparılmışdır:

- ilkin olaraq bütün ərazi SPR-88, DRQZ-02, DRQ-05 M və MKS-1402 M dozimetrləri vasitəsi ilə tədqiq olunmuşdur. Bu dozimetrlər vasitəsi ilə təbii fon həddindən başlayaraq daha yüksək fon həddindən olan şüa doza gücü ölçülür. Ölçmələr hər 1m^2 -dən bir 3 dəfə təkrarlanmaqla aparılmışdır;

Cədvəl 5.8**Bakı-Lökbatan marşrutu üzrə yerləşən Bibi-Heybət
NQCİ-nin ərazisində ölçmələrin nəticələri (B-Lb)**

Tədqiqat ərazilərinin kodu	Coğrafi koordinatlar		EDG, mkR/saat
B-Lb 672	N40 20 00.1	E49 50 03.5	15
B-Lb 673	N40 19 51.7	E49 50 10.3	3.9
B-Lb 674	N40 19 45.8	E49 50 07.5	4.4
B-Lb 675	N40 19 45.9	E49 50 19.1	54
B-Lb 676	N40 19 48.1	E49 50 21.6	47
B-Lb 677	N40 19 35.4	E49 50 26.2	5.4
B-Lb 678	N40 19 26.2	E49 50 22.0	5
B-Lb 679	N40 19 20.9	E49 50 11.7	29
B-Lb 680	N40 19 22.3	E49 49 57.9	187
B-Lb 681	N40 19 16.4	E49 49 57.4	8
B-Lb 682	N40 19 05.6	E49 50 06.4	7.7
B-Lb 683	N40 18 50.4	E49 49 56.8	15
B-Lb 684	N40 18 50.1	E49 49 44.2	91
B-Lb 685	N40 19 05.2	E49 49 35.6	140
B-Lb 686	N40 19 18.5	E49 49 23.6	8
B-Lb 687	N40 19 19.2	E49 49 22.3	7.7
B-Lb 688	N40 19 15.7	E49 49 28.7	10.2
B-Lb 689	N40 19 17.0	E49 49 34.6	4.5
B-Lb 690	N40 19 22.2	E49 49 56.8	5
B-Lb 691	N40 19 33.6	E49 49 43.2	4
B-Lb 692	N40 19 45.1	E49 49 34.3	42
B-Lb 693	N40 19 55.2	E49 49 28.8	5.7

- daha çox çirklənmiş sahələrdə, əgər ekspozisiya doza gücü $D = 12$ mkR/saat-dan çox olarsa, onda bu sahələrdə götürülən nümunələrin radionuklid tərkibi analiz olunmuş və eyni zamanda β -aktivliyi təyin olunmuşdur.

- torpaq və su nümunələrində, α - və γ -şüaları yaranan nuklidlərin aktivliyi, spektrometrik "Progres-BQ" kompleks cihazında təyin edilmişdir. Cihazın təyin oblastı şüa enerjisinə görə 200-2800 keV intervalındadır.

Respublikamızın coğrafi vəziyyəti və onun atom-nüvə silahlarının intensiv sınaqdan keçirildiyi Semipalatinsk və Nevada ilə təxminən eyni en dairəsində yerləşməsi ərazilərimizdə, o cümlədən də Abşeron yarımadasında, qlobal atmosfer köçürmələri vasitəsilə daşınan radioaktiv tozun çökməsinə real şərait yaratmışdır ki, bu da Respublikamızın ərazisində ayrı-ayrı yerlərində yeni lokal çirklənmə zonalarının yaranmasına səbəb olmuşdur.

Radionuklidlərin Respublikamızın ərazisində, o cümlədən də Abşeron yarımadasına İran sərhəd çayları vasitəsilə daşınması da istisna deyildir. Belə ki, Ermənistan AES-in fəaliyyəti nəticəsində ildə 6700 m^3 -ə qədər bərk, 2500 m^3 -ə qədər isə maye radioaktiv tullantılar əmələ gəlir ki, bunların da 400 m^3 -ə qədəri (50 m^3 -bərk, 350 m^3 -maye) çox yüksək radioaktivliklə, 3800 m^3 -ə qədəri isə (1700 m^3 -bərk, 2100 m^3 -maye) orta radioaktivliklə xarakterizə olunur. Tullantılarda xüsusi radioaktivlik 10^6 - 10^7 Bk/kg həddinə çatır. Hal-hazırda

Ermənistanda iqtisadi vəziyyətlə əlaqədar zərərli tullantıların basdırılması üçün nəzərdə tutulmuş 12 məntəqədən yalnız dördü fəaliyyətdədir və bu məntəqələrin əksəriyyəti çayların sahilində yerləşir. Ona görə də, çox yəqin ki, bu tullantıların bir qismi çaylara axıdılır və nəticədə onlar Kür-Araz çayları şəbəkəsi ilə Xəzərin Abşeron yarımadası sahillərinə daşınır.

Uzun illərdir ki, Qum adası NQÇİ ərazisindən neft-qaz çıxarılır. Bu ərazidə 3000 ha sahəni əhatə edir ki, bunun əsas hissəsi quruda yerləşir. Xəzər dənizinin sahili ilə uzanan bu sahə Zığ kəndi ilə Hövsan qəsəbəsi arasında böyük bir ərazini əhatə edir.

Bu sahədə hasil olunan neft ardıcıl olaraq; neftin ilkin emalı; su və mexaniki qarışıqlardan ayrılması, çökdürülməsi, xam neftin yığılması və nəqli kimi texnoloji proseslərdən keçir. İlk olaraq çıxarılan neft –su qarışığı çökdürücülərə ötürülərək əsasən su kütləsindən ayrılır ki, bu zaman neftdə olan böyük hissəcikli mexaniki qarışıqlar çökdürücülərdə çökür ki, bu dib çöküntüləri yığılaraq böyük bir ərazidə toplanıb. Suyun üst qatına çıxmış neft toplanaraq böyük çənlərə vurulur, bununla da xam neft saxlanılır. Sonradan xam neft ilkin emala göndərilərək öncə termiki üsulla neftdə olan su, mexaniki qarışıq və duzlardan ayrılır. Ayrılmış xam neft tərkibində 1%-ə qədər su olmaqla neft emalı zavodlarının çənlərinə, oradan isə termiki emala göndərilir. Bu ardıcıl aparılan texnoloji proseslərin hər birində yer təkindən çıxarılan xam neftlə birlikdə süxurlarda olan təbii radionuklidlərin mexaniki

qarıışıqları çökür. Bu, texniki radioekoloji çirklənməyə, neft-qaz çıxarılan buruqların ətrafları və dib çöküntüləri toplanmış lokal ərazilər daha çox məruz qalır. Təbii olaraq, bu ərazilərdə neftlə çirklənmiş torpaq sahələri, çirkab su gölməçələri və radionuklidlərlə çirklənmiş lokal sahələr yaranır ki, bunlar da Abşeron yarımadasının havasına, suyuna, fauna, florasına, bu sahələrdə çalışan neft işçiləri və bu sahələrə yaxın ərazidə məskunlaşmış insanların sağlamlığına öz mənfi təsirini göstərir. Qum adası ərazisi əsasən dəniz kənarı böyük bir sahəni əhatə edir ki, bu sahələrdə də artıq çoxlu yaşayış evləri salınmışdır. Bu ərazilərdəki torpaqlardan kənd təsərrüfatı məhsullarının yetişdirilməsi və otlaqlar kimi istifadə edilir

Ətraf mühitin qorunub saxlanması baxımından əhalinin radiasiya təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədi ilə mütəmadi olaraq bu ərazilərin radiasiya fonu daim nəzarətdə saxlanılmalı və bu fonu yaradan radionuklidlərin miqrasiyası öyrənilməlidir.

Ətraf mühitdə toplanmış radionuklid çox asanlıqla "hava-torpaq-bitki-heyvan-insan" xətti üzrə miqrasiya edərək bioloji dövrəyə girir. Bu hərəkətin isə əsas həlqəsi "torpaq-bitki" həlqəsidir. O da çox vaxt biosferdə miqrasiyanın ümumi intensivliyini təyin edir. Bu zaman hərəkətin sürətinə təsir edə bilən əsas faktor torpağın fiziki-kimyəvi xassələri, yəni onun mexaniki tərkibi, duzluluğu, mineral tərkibi və s., eləcə də bitkilərin ayrı-ayrı radionuklidləri, kimyəvi elementləri seçmə və toplama qabiliyyətidir.

Alınmış nəticələr ondan ibarətdir ki, neft hasilatı və onunun ilkin emalı zamanı illərlə lokal ərazilərdə toplanmış radioaktiv nuklidlərin yaratdığı radiasiya fonunu tədqiq etmək və bu fonu yaradan nuklidlərin tipini və miqdarını öyrənmək bu torpaq sahələrində istifadə üçün çox vacibdir. Bu məqsədlə AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun əməkdaşları tərəfindən "Qum adası" NQÇİ-nin istehsal sahələrində və ümumi ərazisində radiasiya fonunun ölçməsi və yüksək fon olan sahələrin dezaktivasiya olunması üçün tədbirlərin hazırlanması məqsədi ilə tədqiqat işləri aparılmışdır. Tədqiq olunan əsas çirklənmiş torpaq sahələri neft çıxarma, nəqli və ilkin emalı aparılan sahələr olunmuşdur. Bu sahələrin spektri çox böyük olub; neft buruqları, neft çənləri, nəql boruları, separatorlar, kompressor, stansiyaları, su və neft vurma nasosxanaları, torpaq çökdürücüləri və dib çöküntüləri yığılmış əraziləri əhatə edir. Ümumi halda aparılan bütün ölçmələrə və ədəbiyyatdan məlum olan nəticələrə görə Abşeron yarımadasından orta təbii radiasiya fonu, ekspozisiya dozasının gücü 7-15 mkR/saat-a ekvivalentdir. Bunlara baxmayaraq uzun müddətli istifadə edilən quyulardan çıxarılan bərk süxur çöküntüləri yığılan böyük torpaq sahələri vardır ki, burada toplanan radioaktiv nuklidlərin yaratdığı radiasiya fonu təbii fondan sahələri vardır ki, burada toplanan radioaktiv nuklidlərin yaratdığı radiasiya fonu təbii fondan dəfələrlə çoxdur. Tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, radioekoloji problem əsasən neft çıxarılan sahələrdə radiasiya fonu normadan çox fərqlənən

ərazilərdə mövcuddur ki, bu yerlərdə də radioaktiv fon bəzən 100-120 mkR/saat-a çatır.

Kompresor stansiyaları yerləşən sahədə yer səthindən 2-3 m yüksəklikdə radiasiya fonu 100 -120 mkR/saat-a çatır ki, bu fon əsasən yüksək təzyiqliq altında işləyən kameraların ətrafında daha çox müşahidə edilir. Aparılan ölçmə nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu radiasiya fonunu yaradan əsasən radon (^{222}Rn) qazıdır, yüksək təzyiqliq altında vurulan sıxılmış təbii qazda olan radioaktiv radon qazı sızaraq kompressor stansiyası havasında öz qatılığını artırır.

Yalnız neft və qaz çıxarmanın istehsal sahələri deyil, həm də bəzi yaşayış məntəqələrində də yüksək radiasiya fonu ilə xarakterizə olunan lokal sahələr mövcuddur. Hövsan qəsəbəsində yerləşən Yağ zavodunun ərazisində radioaktivliyi 100 mkR/saat-a çatan nöqtələr aşkar edilmişdir. Qəsəbənin ərazisində keçmiş neft durulduclarının ətrafında radiasiya fonu 30 mkR/saat-a çatan anormal sahələr qeydə alınmışdır.

Yüksək radiasiya fonu olan neft-qaz çıxarma idarələrinin lokal ərazilərində toplanmış γ - şüaların ekspozisiya doza gücünü və onu yaradan radioaktiv radionuklidlərin miqdarını təyin etmək üçün torpaq, su nümunələri götürülmüş və spektral analiz olunmuşdur. Analizin nəticəsinə görə "Qum adası" NQÇİ-nin ərazisində radiasiya fonu yaradan əsasən ^{226}Ra , ^{232}Th və ^{40}K təbii radionuklidləridir.

FƏSİL 6

RADİASIYA VƏ HƏYAT FƏALİYYƏTİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ

6.1. Radioaktiv məhsulların bioloji təsiri

İonlaşdırıcı şüalanmalar biosferin canlı orqanizmləri üçün ciddi təhlükə yaradır. Fiziki sahələrin bu növünə xüsusi ehtiyatla yanaşmaq lazımdır. Çünki radioaktivliyin nə rəngi, nə də qoxusu olmadığından, yəni insanın hiss orqanları tərəfindən duyulmadığından, o, insan orqanizminə ölümlə nəticələnə bilən məkrli təsir göstərir.

İonlaşdırıcı şüalanmaların enerjisi canlı hüceyrədə atom və molekulyar rabitələrin dağılmasına və çox vaxt onun məhvinə gətirmək üçün kifayət edir. Canlı toxumaların ionlaşması prosesi intensivliyi böyük olduqca, bu şüalanmanın canlı orqanizmə təsiri bir o qədər böyük (güclü) olur.

İonlaşdırıcı şüalanmaların təsiri altında baş verən mürəkkəb biofiziki proseslərin nəticəsində orqanizmdə müxtəlif növ sərbəst radikallar yaranır. Bunlar öz növbəsində sağlam toxumaya xas olmayan müxtəlif birləşmələr yarada bilər. Bundan başqa, radioaktivliyin ionlaşdırıcı təsiri altında su molekullarının hidrogen və hidroksil qrupuna parçalanması biokimyəvi proseslərdə bir sıra pozulmalara gətirir. İonlaşdırıcı şüalanmaların təsiri altında orqanizmdə qanyaradan orqanların funksiyaların

tormozlanması, immun sistemi və cinsiyyət vəzilərinin zəifləməsi, mədə-bağırsağ yolunun, maddələr mübadiləsinin pozulması, kanserogen reaksiyalar və s. baş verə bilər.

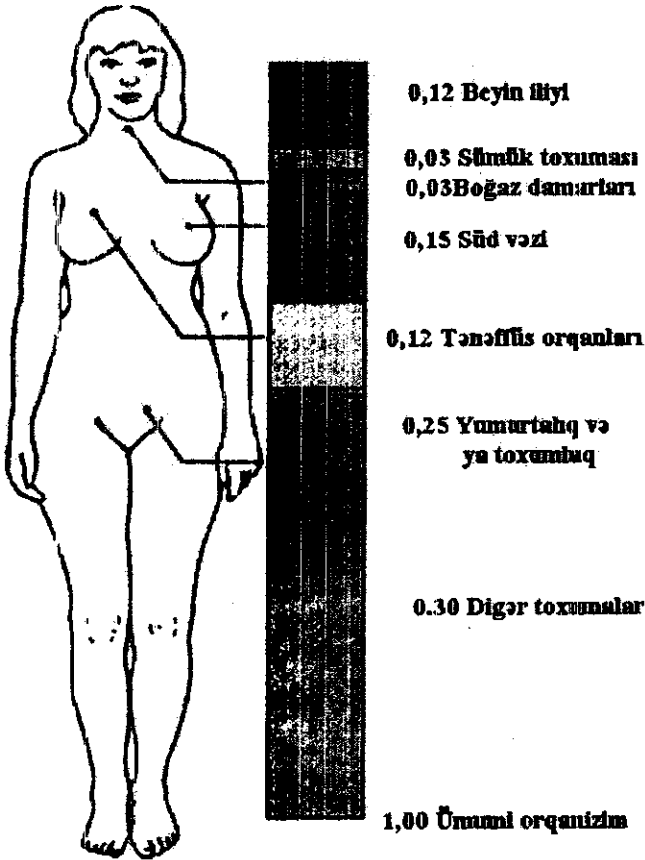
Nəzərə almaq lazımdır ki, orqanizmin bir hissəsi (orqanlar, toxumalar) digərlərinə nəzərən daha həssasdır: məsələn, eyni ekvivalent şüalanma dozasında ağ ciyərlərdə xərçəngin yaranması, qalxanabənzər vəzdəkinə nisbətən daha ehtimallıdır, cinsiyyət vəzlərin şüalanması isə genetik pozuntuların meydana çıxma bilməsi baxımından xüsusilə təhlükəlidir.

Buna görə də orqanların və toxumaların şüalanma dozalarını müxtəlif əmsallarla nəzərə almaq lazımdır.

Şek. 6.1-də insanın bütün bədənini bir bərabərdə şüalandırıldıqda müxtəlif toxumalar (orqanlar) üçün radiasiya riskinin Radiasiya mühafizəsi üzrə beynəlxalq komissiyanın tövsiyə etdiyi əmsalları verilmişdir.

Radioaktivliyin bioloji təsirini nəzərdən keçirərkən xarici və daxili şüalanmanı fərqləndirirlər. Xarici şüalanma halında radiasiya mənbəyi orqanizmdən xaricdə olur və radioaktivliyin məhsulları orqanizmin daxilində düşür. Bu zaman, β^- , γ , rentgen və neytron şüalanmaları daha təhlükəlidir. Bu hal praktikada rentgen və γ -şüalanma mənbələri olan qurğularda ağız bağlı, ampullarda olan radioaktiv maddələrlə işlədikdə reallaşır. Mənfi bioloji təsirlərin təzahür dərəcəsi şüalanmanın dozasından, şüalanma vaxtından, şüalanmanın növündən, orqanizmin fərdi xüsusiyyətlərindən birbaşa asılıdır.

Əllərin dərisinin zədələnməsi xroniki və kəskin ola bilər.



Şək. 6.1. İnsanın bütün bədənini bir bərabərədə şüalandırıldıqda müxtəlif toxumalar (orqanlar) üçün radiasiya riskinin əmsalları.

Xroniki zədələnmənin ilk əlamətləri bunlardır: dərinin quruluğu, yaraların əmələ gəlməsi, tüklərin tökülməsi, dırnaqların qırılmağa meyilli olması.

Əl barmaqlarının şüalanma nəticəsində kəskin yanığı zamanı qovuqlar, şiş, texurnaların ölgünləşməsi, uzun müddət ərzində sağalmayan yaralar, onların yerində xərçəng şişləri əmələ gələ bilər.

Sərt xarici rentgen şüalanmasında dəri örtüyünün görülən dəyişiklikləri olmadan ölüm halları baş verə bilər. α - və β - hissəciklər isə kiçik nüfuzetmə qabiliyyəti səbəbindən yalnız dəridə zədələr yaradır.

Radioaktiv məhsullar orqanizmin daxilinə düşdükdə daxili şüalanma baş verir ki, bu da çox təhlükəlidir.

Bu halda radioaktiv maddə parçalana və ya orqanizmdən fizioloji mübadilə nəticəsində çıxarılan qədər bir orqanların zədələnməsi baş verir.

Radioaktiv parçalanma məhsullarının orqanizm daxilinə düşmə yolları aşağıdakılardır: tənəffüs yolları, içmə, qidanın qəbulu, papiros çəkmə. Nadir hallarda daxili şüalanma dəri vasitəsilə baş verir.

Canlı orqanizmlər daima təbii fonun (kosmik şüalanma, Yer təkinin radioaktiv şüalanması, atmosferin, litosferin, hidrosferin radionuklidləri və i.a.) hesabına şüalanmaya məruz qalırlar.

Fon radioaktiv şüalanması əsasən üç toplanandan ibarətdir: biosferin radionuklidlərinin yaratdığı təbii fon, insanların fəaliyyəti nəticəsində meydana çıxan texnogen fon; rentgenodiagnostika.

Fon radioaktiv şüalanmasının orta illik ekvivalent dozası 240÷250 mber təşkil edir:

- daxili şüalanma – təqribən 135 mber;
- Yer mənşəli mənbələr -35 mber;
- kosmik şüalanma – 30 mber;
- rentgenodiagnostika - 35÷40 mber;
- digər - 2÷5 mber.

İonlaşdırıcı şüalanmaların təsiri nəticəsində yaranan xəstəliklər iki qrupa bölünür: kəskin və xroniki.

Kəskin şüa zədələnməsi qısa müddət ərzində yüksək dozalarla şüalanma zamanı baş verir.

Kəskin şüa xəstəliyinin axını dörd mərhələ üzrə baş verir:

- ilkin reaksiya (şüalanmadan bir neçə saat sonra ürəkbulanması, baş gicəllənməsi, nəbzın sürətlənməsi, leykositoz, zəiflik və i.a. meydana çıxır);

- gizli mərhələ (bu mərhələ qısa olduqca, xəstəliyin nəticəsi bir o qədər ağır olur);

- xəstəliyin güclənməsi mərhələsi (ürəkbulanması, qusma, güclü dərəcədə süstlük, yüksək temperatur (40-41°C), diş əti, burun və daxili orqanların qanaxması, leykositlərin kəskin azalması);

- sağlamlaşma və ya ölüm.

Xroniki şüa xəstəliyi kiçik dozalarla uzun müddət ərzində şüalanmaya məruz qaldıqda baş verir, həm ümumi, həm də yerli formada ola bilər. Onların inkişafı gizli formada baş verir.

Xronik xəstəliyin üç dərəcəsini fərqləndirirlər:

- yüngül dərəcə (zəif baş ağrıları, zəiflik, iştahının və yuxunun pozulması);

- xroniki şüa xəstəliyinin ikinci dərəcəsi (birinci dərəcənin simptomlarının güclənməsi, maddələr mübadiləsinin qoşulması, ürək-damar sistemində dəyişikliklər, qanaxma, həzm orqanlarının pozulması və i.a.);

- xroniki şüa xəstəliyinin üçüncü dərəcəsi (cinsiyyət vəzilərinin fəaliyyətinin pozulması, mərkəzi sinir sistemində dəyişikliklər, tüklərin tökülmesi, qan sızmaları və i.a.).

Birdəfəlik ümumi şüalanmanın aşağıdakı nəticələri ola bilər:

- 50 ber-dən az - klinik simptomlar müşahidə olunmur;

- 50÷100 ber – zəif halsızlıq;

- 100÷200 ber – yüngül dərəcəli şüa xəstəliyi;

- 200÷400 ber – ağır dərəcəli şüa xəstəliyi;

- 600 ber və daha çox - çox ağır dərəcəli şüa xəstəliyi (çox vaxt ölümlə nəticələnən).

6.2. Təhlükəli və təhlükəsiz şüalanma dozaları

Hal-hazırda yaxşı məlumdur ki, bütün təbii ionlaşdırıcı şüalanma mənbələrindən alınan orta şüalanma dozası ildə təqribən 200 mber təşkil edir, hərçənd bu qiymət Yer kürəsinin müxtəlif regionlarında 50-1000 mber arasında dəyişə bilər.

Cədvəl 6.1

Təbii ionlaşdırıcı şüalanma mənbələri

Mənbələr	Orta illik doza	
	mber	mZv
Kosmos	30	0,30
Yer (torpaq, su, inşaat materialları)	50 – 130	0,5 – 1,3
İnsan toxumalarında olan radioaktiv elementlər (K, C və b.)	30	0,30
Digər mənbələr	2	0,02
Orta illik yekun doza	200	2,0

Bizim yaşadığımız evlər tərkibində müxtəlif növlü və müxtəlif miqdarda təbii radioaktiv elementlər olan daşdan, kərpicdən, beton və ya taxtadan tikilmişdir.

Pis ventilyasiya, xüsusilə də pəncərələri kipi bağlanan evlərdə, bir çox süxurlarda və inşaat materiallarında, eləcə də torpağın tərkibində olan radiumun təbii parçalanması zamanı yaranan radioaktiv radon qazının udulması ilə şərtlənən şüalanma dozasını artırma bilər. İnsanın kosmik şüaların təsiri nəticəsində aldığı doza həmçinin dəniz səviyyəsi üzərindəki hündürlükdən asılıdır: dəniz səviyyəsindən hündürlük artdıqca illik doza da artır. Təyyarədən müntəzəm istifadə edən insanlar cüzi şüalanmaya məruz qalırlar. İnsanlar həmçinin diaqnostika və müalicə məqsədi ilə ionlaşdırıcı şüalanmadan istifadə edərkən şüalanmaya məruz qalır. Bundan başqa insanın öz əlləri ilə yaratdığı şüalanma mənbələri də vardır (Cədvəl 6.2).

Süni şüalanma mənbələri

Mənbə	İllik doza		Təbii fona nəzərən % (200 mber-ə qədər)
	mber	mZv	
Tibb cihazları (flüoroqrafiya 370 mber, dişin rentgenoqrafiyası 3 ber, ağ ciyərin rentgenoskopiyası 2 – 8 ber)	100 – 150	1,0 – 1,5	50 – 75
Təyyarədə uçuş (məsafə 2000 km, hündürlük – 12 km) – ildə 5 dəfə	2,5 – 5,0	0,02 – 0,05	1,0 – 2,5
Televizor (gündə 4 saat proqramlara baxdıqda)	1,0	0,01	0,05
Atom elektrik stansiyası	0,1	0,001	0,05
İstilik elektrik stansiyası (kömürlə işləyən), 20 km məsafədə	0,6 – 6,0	0,006 – 0,06	0,3 – 3,0
Nüvə silahının sınaqlarından global töküntülər	2,5	0,02	1,0

Normativ sənədlərlə müəyyən edilmişdir ki, məsələn AES üçün işçi heyətin və əhalinin şüalanma dozası müvafiq olaraq, ildə 5 və 0,5 ber-dən çox olmamalıdır. Bu doza səviyyələri təhlükəsizdir. Qəza-bərpa işləri yerinə yetirilərkən yığılmış doza 25 ber-i aşmamalıdır.

40 illik ömür müddətində insanın mövcud fon şüalanması və digər mənbələrin hesabına aldığı doza təqribən 13-15 ber təşkil edir. Şüalanmanın bu səviyyəsinin uşaqların və böyüklərin sağlamlığına mənfi təsiri müəyyən olunmamışdır.

Qanın tərkibinin cüzi dəyişiklikləri yalnız 25-75 ber doza ilə birdəfəlik şüalanma zamanı klinik müəyyənləşdirilir. Şüa xəstəliyi 100 ber-dən artıq doza ilə şüalanmadan sonra inkişaf edir.

Ağır dərəcəli şüa xəstəliyi yalnız bütün bədən bir dəfəyə 400 ber və daha artıq doza aldıqdan sonra inkişaf edə bilər. Beləliklə, Yer kürəsinin hər bir sakini bütün ömrü boyu hər il orta hesabla 250-400 mber doza ilə şüalanır. Bu, insanın yaşama mühitinin adi halıdır.

6.3. İonlaşdırıcı şüalanmaların normalaşdırılması və onlardan mühafizə üsulları

İonlaşdırıcı şüalanmaların yol verilən limit səviyyələri «Radiasiya təhlükəsizliyi normaları» (RTB-99) və gigiyenik normalarla (GN-2.6.1.054-96) müəyyən olunur. Bu sənədlər radiasiya təhlükəsizliyi üzrə əsas hüquqi-normativ aktlardır.

RTB-76/78 özündə radiasiya təhlükəsizliyi üzrə müəyyən tarif və terminləri ehtiva edir, əsas doza limitlərini müəyyən edir, hava zonasında, açıq su hövzələrində suda radioaktiv maddələrin yol verilən limit konsentrasiyası (YVLK), insan orqanlarında radioaktiv maddələrin yol verilən miqdarını müəyyən edir.

Normativ tələblər əsasında ionlaşdırıcı şüalanma mənbələri ilə bağlı işlərin aparılması və radioaktiv tullantıların məhv edilməsinin təmin edilməsi qaydalarını müəyyən edirlər.

Radiasiya təhlükəsizliyi normaları aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır:

- müəyyən olunmuş doza limitini aşmamaq;
- lüzumsuz şüalanmanı istisna etmək;
- şüalanma dozasını mümkün qədər aşağı səviyyəyə qədər azaltmaq.

Bu prinsipləri həyata keçirmək üçün aşağıdakı qaydalara riayət olunmalıdır:

- 1) şüalanma mənbələrinin gücünü mümkün qədər azaltmaq (“miqdarla mühafizə”);
- 2) şüalanma mənbələri ilə işləmə müddətini azaltmaq (“zamanla mühafizə”);
- 3) şüalanma mənbələrindən insanlara qədər olan məsafəni artırmaq (“məsafə ilə mühafizə”);
- 4) şüalanma mənbələrini ionlaşdırıcı şüalanmanı udan materiallarla ekranlamaq (“ekranla mühafizə”).

Radiasiya təhlükəsizliyi normalarına uyğun olaraq şüalanmaya məruz qalan şəxslərin aşağıdakı kateqoriyaları müəyyən olunmuşdur:

- **A kateqoriyası** (şəxsi heyət) – ionlaşdırıcı şüalanma mənbələri ilə daima və ya müvəqqəti işləyən şəxslər;
- **B kateqoriyası** – əhəlinin içərisində radioaktiv mənbələr olan müəssisələrin yaxınlığında yaşayan məhdud saylı hissəsi.
- **C kateqoriyası** – ölkə əhalisinin yerdə qalan hissəsi.

Cədvəl 6.3-də A və B kateqoriyaları üçün xarici və daxili şüalanmanın limit dozaları verilmişdir.

**A və B kateqoriyaları üçün şüalanmanın
limit dozaları**

Doza limitləri, ber/il	Kritik orqanların qrupu		
	I	II	III
A kateqoriyası üçün yol verilən limit doza (YVLD)	5	15	30
B kateqoriyası üçün yol verilən limit doza (YVLD)	0,5	1,5	3

İnsanın (və heyvanların) müxtəlif orqanları ionlaşdırıcı şüalanmalara qarşı müəyyən həssaslığa malikdir. Buna uyğun olaraq kritik orqanların üç qrupu müəyyən olunmuşdur:

I – bütün bədən, qonadlar (xayalar) və qırmızı ilik;

II – əzələlər, piy toxuması, qalxanvari vəz, qara ciyər, böyrəklər, dalaq, mədə-bağırsaq yolu, ciyərlər, gözün bülluru və s. orqanlar (I və III qrupa aid olan orqanlar istisna olunmaqla);

III – dəri örtüyü, sümük toxuması, əllər, bazu önü, topuqlar və ayaqların alt pəncələri.

Yol verilən limit doza (YVLD) illik fərdi (individual) dozanın elə maksimal səviyyəsidir ki, o, 50 il fasiləsiz iş ərzində orqanizmdə xoşagəlməz təsirlər yaratmır.

Radioaktiv mənbələrlə iş başlandıqdan sonra T (illər) kritik orqanda yığına ekvivalent doza H (Zv və ya ber)
 $H = YVLD \times T$ qiymətindən böyük olmamalıdır.

Beləliklə, radiasiya təhlükəsizliyini təmin etmək üçün aşağıdakı ümumi mühafizə prinsiplərinə riayət edilməlidir:

- yol verilən limit dozaları aşmamaq;
- məsafə, zamanla mühafizə metodlarından istifadə etmək;
- ionlaşdırıcı şüalanmaları zəiflədən qoruyucu ekranlardan istifadə etmək;
- radioaktiv şüalanmanın intensivliyini təyin etmək üçün saz fərdi və ümumi nəzarət cihazlarından istifadə etmək;
- texniki, sanitariya-gigiyenik və müalicə-profilaktik tədbirləri yerinə yetirmək.

Qoruyucu ekranı ionlaşdırıcı şüalanmanın növündən asılı olaraq seçmək lazımdır.

α - şüalanmadan qorunmaq üçün qalınlığı bir neçə millimetr olan şüşə, pleksiqlas (üzvi şüşə) ekranlardan, qalınlığı bir neçə santimetr olan hava qatından istifadə edirlər.

β - şüalanması üçün kiçik atom kütləsinə malik olan materiallardan (məsələn, alüminiumdan), çox vaxt isə kombinə olunmuş materiallardan (mənbə tərəfdən atom kütləsi kiçik, daha sonra mənbədən uzaqda atom kütləsi böyük olan material) istifadə edirlər.

γ - şüalanmadan qorunmaq üçün böyük atom kütləsinə və yüksək sıxlığa malik materiallardan (qurğunun, volfram), eləcə də daha ucuz material və

xəlitələrdən (polad, çuqun) istifadə edirlər. Stasionar ekranları betondan düzəldirlər.

Neytron şüalanmasından qorunmaq üçün berilliumdan, qrafitdən və tərkibində hidrogen olan materiallardan (parafin, su) istifadə edirlər. Kiçik enerjili neytron sellərindən qorunmaq üçün bor və onun birləşmələrindən istifadə olunur.

Eyni zamanda γ -şüalanma və neytron selləri təsir etdikdə kombine olunmuş ekranlardan istifadə olunur (qurğuşun - su, qurğuşun - polietilen, dəmir - su və digər cütlər və onların kombinasiyaları).

Qoruyucu ekranları hesablayarkən aşağıda göstərilənləri nəzərə almaq lazımdır:

- şüalanmanın növü və onun spektral xarakteristikaları;
- ionlaşdırıcı şüalanmanın energetik xarakteristikaları;
- şüalanmanın təsir etdiyi müddət (ekspozisiya);
- şüalanma mənbəyinin işləmə rejimi (fasiləsiz, impuls, kvazifasiləsiz, impulsların təkrar olunma tezliyi və i.a.);
- şüalanmanın istiqaməti;
- ionlaşdırıcı şüalanmanın həndəsəsi;
- mənbədən işçi heyətə qədər məsafə;
- ionlaşdırıcı şüalanmanın qurğu və mənbələrinin konstruktiv xüsusiyyətləri;
- ionlaşdırıcı şüalanmanın müxtəlif materialların udma xassələrini və ionlaşdırıcı şüalanmanın ekstinksiyasını (zəifləməsini) təyin etməyə imkan verən cədvəl məlumatları və nomogramlar.

6.4. Fərdi mühafizə vasitələri

Radionuklidlərlə iş zamanı xüsusi geyimdən istifadə etmək lazımdır. İş otağı radioaktiv izotoplarla çirkləndiyi halda pambıq parçadan hazırlanmış kombinezonun üstündən plyonkadan hazırlanmış paltar (xalat, kostyum, önlük, şalvar, qolçaqlar) geymək lazımdır.

Plyonkadan paltar hazırlamaq üçün radioaktiv çirklənmələrdən asanlıqla təmizlənə bilən plastik və rezin parçalardan istifadə edirlər. Plyonkadan hazırlanmış paltardan istifadə edərkən kostyumun altına hava vurulması imkanını nəzərdə tutmaq lazımdır.

Aktivliyi 10 mKki-dən çox olan açıq mənbələrlə açıq işlədikdə elastiki qolçaqları olan qurğuşunla örtülmüş rezindən hazırlanmış əlcəklərdən istifadə edilir. Böyük radioaktiv çirklənmələr ola biləcək təmir-profilaktika işləri görülərkən xüsusi pnevmokostyumlardan istifadə olunur. Bu tip xüsusi geyim havanın icbari vurulması ilə təmin olunur və radioaktiv maddələrlə işləyərkən effektiv və etibarlı mühafizə edir.

Xüsusi geyim dəstinə respiratorlar, pnevmoşlemlər və digər fərdi mühafizə vasitələri daxildir.

Gözləri mühafizə etmək üçün şüşələrinin tərkibində volfram fosfat və ya qurğuşun olan eynəklərdən istifadə etmək lazımdır.

Fərdi mühafizə vasitələrindən istifadə edərkən onların geyilmə və çıxarılma ardıcılığına ciddi riayət etmək lazımdır.

Radiasiya təhlükəsizliyi sistemində mühüm amil olan şüalanma dərəcəsinin (səviyyəsinin) dozimetrik yoxlanması təmin olunmalıdır.

6.5. Radioaktiv maddələrinin saxlanması, daşınması və məhv edilməsi

Laboratoriya otaqlarında saxlanılan radioaktiv maddələrin miqdarı gündəlik normalara uyğun olmalı və onu aşmamalıdır. Tərkibində α - və β -hissəciklər olan məhsulları xüsusi dəmir seyflərdə saxlamaq olar. γ -şüaları buraxan məhsullar qurğusun konteynerlərdə saxlanılmalıdır. Aktivlik 200 mq-ekv Ra olduqda içərisində radioaktiv maddə olan konteynerlər xüsusi quyularda saxlanılmalıdır (1 mq-ekv Ra = 8,4 R/saat). Konteynerlərin quyulara yerləşdirilməsi və çıxarılması mexanikləşdirilmiş üsulla yerinə yetirilir.

Qaz və ya aerosol buraxan radioaktiv məhsulları bütün gün boyu işləyən sorucu şkaflarda saxlamaq lazımdır.

Radioaktiv maddələr müşayiətedici sənədlər tərtib olunmaqla ciddi qeydiyyatla alınmalıdır. Radioaktiv maddələrdən istifadə olunmasına hər gün nəzarət edilməlidir.

Radioaktiv maddələr məsul şəxslər tərəfindən bölmənin rəhbərinin yazılı icazəsi ilə verilir.

Radioaktiv maddələr onların dağılması və səpilməsini istisna edən xüsusi konteynerlərdə

daşınmalıdır. Maye radioaktiv tullantıları qatı tullantılara (onları ayrıca yığırlar) və duru tullantılara ayırmaq lazımdır. Sonuncuları atılma sisteminə boşaltmaq olar. Bərk tullantıları da aktivliyinə görə ayırmaq lazımdır. Tullantıların kənarlaşdırılmasının ən yaxşı sistemi mərkəzləşdirilmiş sistemdir.

Radioaktiv tullantıları basdırmaq üçün beton qəbirləri, xüsusi təmizləmə meydançaları olan xüsusi məntəqələr təşkil olunmalıdır. Bu məntəqələr şəhərdən ən azı 20 km aralı yerləşdirilməlidir. Basdırılma məntəqələrinin ərazisi xəbərdaredici nişanlarla işarələnmiş çəpərlə əhatə olunmalıdır.

Ə D Ə V İ Y Y A T

1. Paşayev A.M., Abbasov Ş.M., İbrahimov Z.A. Radioaktivlik və kosmik şüalar.- Bakı, 2006.
2. Кузин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли.- М. Наука, 1991, 115 с.
3. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена. - М., Медицина, 1999, 384 с.
4. Грейб Р. Влияние малых доз радиации на людей, животных и деревья / пер. с англ.- М., Мир, 1994, 263 с.
5. Куклев Ю.И. Физическая экология.- М., Высшая школа, 2008, 392 с.
6. Радиация. Дозы, эффекты, риск / пер. с англ. – М., Мир, 1988, 79 с.
7. Garibov A.A. Radiation safety in Azerbaijan. Institute of Radiation Problems of Azerbaijan National Academy of Sciences / "Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi" V Beynəlxalq elmi konfransının materialları, 26-27 noyabr, 2004, s. 179-183.
8. Qəribov A.A., Mehdiyeva R.N., Mahmudov H.M., Muradov F.R. "Qum adası" NQÇİ-nin istehsalat sahələri və ərazisinin radioekoloji durumunun tədqiqi / "Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi" V Beynəlxalq elmi konfransının materialları, 26-27 noyabr, 2004, s. 174-177.
9. Garibov A.A., Mehdiyeva R.N. and Naghiyev J.A. Separation of radioactive elements ^{226}Ra , ^{228}Ra from the

- radioactive activated coal in the territories of iodine factories / Fifth Eurasian Conference Nuclear Sciences and its Applications, Ankara, 14-17 October, pp. 153-154, 2008.
10. Mamedov G.G., Bakirova M.M., Naghiyev J.A. and Mamedova L.M. Radioecological researches of the territories of Binagadi region of Absheron peninsula // Bulletin of Azerb. National Academy of Sciences, Physico-Mathematical and Technical Sciences, Vol. 28, No. 5, pp. 191-194, Baku, 2008.
 11. Cəfərov E.S., Vəlicanova M.Z., Orucova C.R. Abşeron yarımadasının radioekoloji vəziyyətini formalaşdıran əsas amillər / “Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” V Beynəlxalq elmi konfransının materialları, 26-27 noyabr, 2004, s. 173-174.
 12. Orucova C.R., Cəfərov E.S. Bakı yod zavodunun istehsalat ərazisini çirkləndirən radionuklidlərin ərazi torpaqlarında şaquli və üfqi miqrasiyasının öyrənilməsi / “Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” VI Beynəlxalq konfransının materialları, 6-7 dekabr, 2007, s. 110-111.
 13. Аббасов Ш.М., Сулейманов Б.А., Гумбагов Ф.Ю., Микаилова А.Дж., Лисанова Е.В. Первичное исследование радионуклидов в образцах, взятых с территории Евлахского района / “Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” VI Beynəlxalq konfransının materialları, 6-7 dekabr, 2007, s. 109.
 14. Məmmədov Q.Q., Ramazanov M.Ə, Bədəlov V.H., Nağıyev C.Ə. Abşeron yarımadasının torpaqlarında

- dozimetric və spektrometric ölçmələr / Fizikanın Müasir Problemləri V Respublika konfransının materialları, Bakı, 16-17 dekabr, 2011, s. 167-171.
15. Məmmədov Q.Q., Ramazanov M.Ə, Bədəlov V.H., Nağıyev C.Ə., Mehdiyeva A.Ə., Bəkirova M.M. Abşeron yarımadasında təbii və antropogen radionuklidlərlə çirklənmiş ərazilərin tədqiqi / Fizikanın Müasir Problemləri III Respublika konfransının materialları, Bakı, 17-18 dekabr, 2009, s. 11-13.
 16. Məmmədov Q.Q., Ramazanov M.Ə, Bədəlov V.H., Nağıyev C.Ə. Abşeron yarımadasının Bakıtrafi ərazilərində radioekoloji çirklənmələrinin tədqiqi / Fizikanın Müasir Problemləri IV Respublika konfransının materialları, Bakı, 24-25 dekabr, 2010, s. 11-13.
 17. Mamedov G.G., Kerimov N.A., Badalov B.G., Guseynaliyev Y.G., Mekthiyev M.I. and Mamedova L.M. Radioecological researches of natural formations / Materials of Secord Republic Conf. "Azerbaijan on the threshold of XXI century", Baku, 1998, pp. 200-202.
 18. Mamedov G.G., Bakirova M.M., Naghiyev J.A. and Mamedova L.M. Radioecological researches of the territories of Binagadi region of Absheron peninsula // Bulletin of Azerbaijan National Academy of Sciences, Physico-Mathematical and Technical Sciences, Baku, 2008, v. 28, No. 5, pp. 191-194.

Yığılmağa verilmişdir 11.08.2012-ci il.
Çapa imzalanmışdır 21.08.2012-ci il.
Sifariş №100, Şerti ç.v.9,375. Kağız formatı 60*84^{1/16}. Tiraj 300.

Sumqayıt Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.
Sumqayıt şəhəri, 43-cü məhəllə