

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**Hacıyeva Xanım Həsən qızı**

**“Azərbaycanda radioaktiv çirklənmələrin ətraf mühitə təsiri və  
potensial idarəetmə imkanları”**

mövzusunda

**MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI**

**İxtisas:** 050646 - Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi

**İxtisaslaşma:** Metallurji tullantılarının təkrar emal texnologiyaları

**Elmi rəhbər:** g-m.e.n., dosent Allazov Mahmud

**Bakı-2023**

# MÜNDƏRİCAT

|  |    |
|--|----|
| <b>GİRİŞ</b> .....   | 3  |
| <b>I FƏSİL. RADİOAKTİVLİK VƏ ONUN EKOLOJİ NƏTİCƏLƏRİ</b> .....   | 6  |
| 1.1 Radioaktivlik hadisəsinin kəşfi.....   | 6  |
| 1.2 Biosferin radioaktiv maddələrlə çirklənmə mənbələri.....   | 7  |
| <b>II FƏSİL. RADİOAKTİV ÇİRKLƏNMƏ VƏ ONUN İNSAN SAĞLAMLIĞINA TƏSİRİ</b> .....                                | 12 |
| 2.1 Radioaktiv maddələrin insan orqanizminə daxil olma yolları.....  | 12 |
| 2.2 Şüalanma xəstəliyinin yaranma səbəbləri.....   | 21 |
| 2.3 Orqanizmin ionlaşdırıcı şüalardan qorunması yolları. Bədənin<br>İonlaşdırıcı radiasiyadan qorunması..... | 28 |
| <b>III FƏSİL. AZƏRBAYCANDA RADİOAKTİV ÇİRKLƏNMƏ SƏBƏBLƏRİ</b> .....  | 40 |
| 3.1 Respublikamızda radiasiya fonu.....  | 40 |
| 3.2 Radioaktiv tullantıların potensial həlli yolları.....  | 42 |
| 3.3 Aktiv təcrübə əsasında qeyri-xətti reqressiya modelinin<br>qurulması.....                                | 53 |
| <b>NƏTİCƏ</b> .....  | 59 |
| <b>ƏDƏBİYYAT SİYAHISI</b> .....  | 60 |

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı:** Azərbaycan Respublikası subtropik qurşağın şimal ucunda, Qafqazın cənub-şərqində və İran yaylasının şimal-qərbində yerləşir. Azərbaycan Respublikasının düzənlik və dağətəyi əraziləri günəş işığının çoxluğu ilə xarakterizə olunur.

Kür-Araz ovalığında, Abşeron yarımadasında, digər düzənlik və dağətəyi ərazilərdə günəşli saatların illik sayı 2200-2400 saat, Naxçıvan Muxtar Respublikasının Araz düzündə 2600-2800 saatdır.

Orta dağ qurşağında buludluluğun artması ilə əlaqədar günəşli saatların sayı 1900-2200 saat arasında dəyişir. Yüksək dağlıq ərazilərdə bu göstərici yenidən artır, 3000 metrdən yuxarı ərazilərdə isə 2200-2500 saat təşkil edir. Kür-Araz ovalığında ümumi günəş radiasiyasının illik miqdarı 128-132 kkal/sm<sup>2</sup>-ə çatır. Dağətəyi ərazilərə qədər azalır (120-124 kkal/sm<sup>2</sup>) - dəniz səviyyəsindən təxminən 500-600 metr yüksəklikdə. Sonra günəş radiasiyasının miqdarı yenidən artır və Böyük və Kiçik Qafqazın yüksək dağlıq zonasında (3000 metrdən yuxarı) 140-150 kkal/sm<sup>2</sup> təşkil edir.

Naxçıvan Muxtar Respublikasının Araz düzündə ümumi günəş radiasiyasının illik miqdarı 148-150 kkal/sm<sup>2</sup>, yüksək dağlıq zonada isə artaraq 152-160 kkal/sm<sup>2</sup>-ə çatır. Respublikanın düzənlik və dağətəyi ərazilərində radiasiya balansının illik miqdarı 40-50 kkal/sm<sup>2</sup> (Lənkəran təbii rayonunda - 50-60 kkal/sm<sup>2</sup>), yüksək dağlıq ərazilərdə 15-25 kkal/sm<sup>2</sup> təşkil edir.

**Tədqiqatın predmeti:** Radioaktiv tullantılar nüvə enerjisi istehsalı, eləcə də yanacaq istehsalı kimi nüvə yanacaqdövrü əməliyyatları və uran və torium filizlərinin hasilatı və emalı kimi digər nüvə yanacaq dövrü fəaliyyətləri nəticəsində əmələ gəlir.

Onlar enerji istehsalından utmuş tibb, sənaye və kənd təsərrüfatına qədər geniş tətbiqlərdə uğurla istifadə olunur. Bu fəaliyyətlər müxtəlif qaz, maye və bərk formalarda tullantıların yaranmasına səbəb olur. Bu tullantılar radioaktivdir, çünki onların tərkibindəki atomlar qeyri-sabitdir və sabitlərə çevrilmə prosesində kortəbii

olaraq ionlaşdırıcı şüalar yayırlar. Bu ionlaşdırıcı şüalanma potensial olaraq zərərli təsirlərə malik ola bilər.

Əhalinin və ətraf mühitin mühafizəsi və gələcək nəsillər üçün tullantı probleminin hərtərəfli problemə çevrilməsinin qarşısını almaq üçün tullantıların təhlükəsiz idarə edilməsinin vacibliyi də bununla bağlıdır. Radioaktiv tullantılar həmçinin sənaye, tibb, elmi-tədqiqat və kənd təsərrüfatı sahələrində müxtəlif fəaliyyətlər nəticəsində əmələ gəlir. Bu tip tullantıların çoxu istifadəsiz qapalı radioaktiv mənbələrdir.

Möhürlənmiş mənbələrdən müxtəlif sahələrdə istifadə olunur: məsələn, onkoloji xəstəliklərin müalicəsində yüksək aktivliyə malik kobalt mənbələrindən istifadə olunur. Onların tərkibində həmişə kapsulda möhürlənmiş radioaktiv material var. Mənbələr artıq istifadə edilmədikdə və ya ilkin təyinatına görə yararsız hala düşdükdə radioaktiv tullantılara çevrilir.

Radioaktiv tullantılar həmçinin təbii olaraq meydana gələn konsentrasiya edilmiş radioaktiv materialın tullantılara düşdüyü fəaliyyət və proseslər nəticəsində yaranır. Belə misallardan biri yanacaq istehsalının əlavə məhsulu olan tükənmiş urandır və bundan sonra istifadəsi planlaşdırılmadıqda tullantı kimi təsnif edilə bilər.

**Elmi yenilik:** riyazi model.

**Praktiki əhəmiyyəti:** Bu təhlükələrlə bağlı bütün riskləri məqbul səviyyəyə endirmək üçün radioaktiv tullantıların idarə edilməsi və utilizasiyası formasının seçilməsi zamanı radioaktiv tullantıların qeyri-bərabər xüsusiyyətləri və xassələri, habelə potensial risk dairəsi nəzərə alınmalıdır.

Bundan əlavə, radioaktiv tullantıların idarə edilməsinin tullantıların əmələ gəldiyi andan onun utilizasiyasına qədər bütün dövrü nəzərə alınmalıdır. Bu, tullantı axınının emalını nəzərdə tutur ki, tullantılar dayanıqlı və bərk olsun, həcmi azalsın və mümkün qədər hərəkətsiz olsun və saxlanmasını, daşınmasını və utilizasiyasını asanlaşdırmaq üçün qablara yerləşdirilsin. Bəzi hallarda radioaktiv tullantılar təhlükəsizlik təhlükəsi də yarada bilər ki, bu tullantıların idarə olunması zamanı nəzərə alınmalı və lazımı şəkildə azaldılmalıdır.

Tullantuların dözgün idarə edilməsini təmin etmək üçün MAQATE radioaktiv tullantuların təhlükəsiz idarə olunması üçün standartları müəyyən edir ki, bunlara radioaktiv tullantuların fiziki-kimyəvi və radioloji xüsusiyyətlərinə görə təsnifləşdirilməsi üçün təlimatlar daxildir. Bu standartlar dözgün işləmə üsullarının tətbiqinə və radioaktiv tullantuların atılması üçün təhlükəsiz yerlərin seçilməsinə şərait yaradır.

**İşin müzakirəsi:** Təhlükəsizlik Əsasları (Əsas Təhlükəsizlik Prinsipləri) təhlükəsizliyin əsas məqsədini, mühafizə və təhlükəsizlik prinsip və konsepsiyalarını ehtiva edir və Təhlükəsizlik Tələbləri üçün əsas rolunu oynayır. Təhlükəsizlik tələbləri indi və gələcəkdə insanların və ətraf mühitin mühafizəsini təmin etmək üçün yerinə yetirilməli olan şərtləri müəyyən edir. Tələblər Təhlükəsizlik Əsaslarının məqsəd və prinsipləri ilə tənzimlənir. Tələblər yerinə yetirilməlidir; yerinə yetirilmədikdə, tələb olunan təhlükəsizlik səviyyəsinə nail olmaq və ya bərpa etmək üçün tədbirlər görülməlidir.

**İşin strukturu və həcmi:** Dissertasiya 58 səhifə, 6 şəkil, 5 cədvəl, 3 xəritə, giriş, 3 fəsil, nəticə, \_\_adda istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

# I FƏSİL

## RADİOAKTİVLİK VƏ ONUN EKOLOJİ NƏTİCƏLƏRİ

### 1.1 Radioaktivlik hadisəsinin kəşfi

1895-ci ildə alman fiziki Vilhelm Konrad Rentgen insan bədəninin içinə baxmağa imkan verən şüalanma kəşf etdi və onu rentgen şüaları adlandırdı. Bu kəşf o vaxtdan bəri davamlı olaraq genişlənən radiasiyanın tibbi istifadəsinin başlanğıcını qoydu. Rentgen fizika üzrə ilk Nobel mükafatı ilə 1901-ci ildə bəşəriyyət qarşısındakı müstəsna xidmətinə görə layiq görülüb. Rentgenin kəşfindən bir il sonra fransız alimi Henri Becquerel tərkibində uran olan mineralın fraqmentləri ilə birlikdə bir neçə foto lövhəni qutuya yerləşdirdi. Daha sonra boşqabları yoxlayan zaman o, təəccüblə onların üzərində radiasiyaya məruz qalma izlərini tapdı. Bu fenomen radioaktivlik adlanır. Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, radioaktivlik atom öz-özünə enerji buraxdıqda baş verir və hazırda Henri Becquerelin şərəfinə becquerels (Bq) adlanan vahidlərlə ölçülür. Qısa müddətdən sonra gənc kimyaçı Mari SkłodowskaCurie tədqiqatlarını davam etdirdi və ilk dəfə radioaktivlik terminini işlətdi. 1898-ci ildə o, əri Pyer Kuri ilə birlikdə uranın radiasiya yaydığını və müəmmalı şəkildə başqa elementlərə çevrildiyini kəşf etdi. 1903-cü ildə Marie Curie fizika üzrə Nobel mükafatını Pierre Curie və Henri Becquerel ilə bölüşdü. O, 2 Nobel mükafatı alan ilk qadın olub. İkinci dəfə 1911-ci ildə radiasiya kimyası sahəsində kəşflərə görə.

Tipik olaraq, nüvə güclü birləşmə qüvvələri ilə bir-birinə sıx bağlanmış hissəciklər, protonlar və neytronlar qrupudur. Protonlar müsbət yüklüdür, neytronların yükü yoxdur və neytraldır. Kimyəvi elementlər atomdakı protonların sayı ilə müəyyən edilir (məsələn, bor atomunda 5, uran atomunda 92 proton var). Eyni sayda proton, lakin müxtəlif sayda neytron olan elementlərə izotoplar deyilir (məsələn, uran-235 və uran-238 nüvənin bazasında 3 neytronla fərqlənir). Normal vəziyyətdə bir atom ümumiyyətlə, neytraldır, nə müsbət, nə də yüklüdür. Bəzi atomlar təbii olaraq sabitdir, digərləri qeyri-sabitdir. Radiasiya şəklində enerji buraxaraq kortəbii olaraq çevrilən qeyri-sabit nüvəli atomlara radionuklidlər deyilir.

Bu enerji digər atomlar tərəfindən udula və onları ionlaşdırmağa bilər. İonlaşma, bir atomun elektron qazanaraq və ya itirərək müsbət və ya mənfi yük qazanması prosesidir. İonlaşdırıcı şüalanma bir elektronu orbitindən çıxarmaq üçün kifayət qədər enerji daşıyır, nəticədə yüklü atom - ion yaranır. İki proton və iki neytronun emissiyasına alfa, elektronların emissiyası isə beta parçalanması adlanır. Çox vaxt qeyri-sabit nuklid o qədər həyəcanlı vəziyyətdə olur ki, bir hissəciyi sakit vəziyyətə gətirmək üçün onun emissiyası kifayət deyil. Daha sonra qamma şüaları adlanan fotonlar kimi elektromaqnit dalğaları şəklində böyük bir enerji partlayışı buraxır.  $\gamma$ -şüaları da qamma şüalarına bənzər, lakin daha az foton enerjisi olan elektromaqnit şüalanma formasıdır. Katoddan yayılan elektron şüası anod adlanan şüalanmış hədəfə dəydikdə müxtəlif enerjili rentgen spektri vakuum şüşə boruda yaranır. Rentgen şüasının spektri anodun maddəsindən və sürətlənmiş elektron şüasının enerjisindən asılıdır. Buradan belə nəticə çıxır ki, rentgen şüaları süni şəkildə yaradıla bilər ki, bu da böyük üstünlükdür. Sənaye və tibbi tətbiqlərdə, çünki ehtiyac yarandıqda dəqiq rentgen şüaları əldə etməyə imkan verir.

## **1.2 Biosferin radioaktiv maddələrlə çirklənmə mənbələri**

Radioaktiv çirklənmə ərazinin və yer üzərindəki əşyaların radioaktiv maddələrlə çirklənməsidir. Bəzi izotopların atomları parçalana və radiasiya yarada bilər. Nəticədə ətraf mühit və insanın özü üçün əhəmiyyətli təhlükə yaradan alfa, beta və qamma hissəcikləri atılır.

Radioaktiv çirklənmənin bütün mənbələri 2 qrupa bölünür: təbii və antropogen. Birincisi təbii mühitdə insanın iştirakı olmadan, ikincisi isə aktiv sənaye və elmi fəaliyyəti nəticəsində yaranır.

Təbii radioaktiv çirklənmənin səbəbləri arasında kosmik radiasiya və yer qabığında radioizotopların əmələ gəlməsi var. Təbii radionuklidlər 4 qrupa bölünür: kosmik hissəciklərin atom nüvələri ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan uzunömürlü, qısaömürlü, ailə yaratmayan.

Şimal və cənub qütbləri radioaktiv hissəcikləri sığdıran bir maqnit sahəsinin olması səbəbindən kosmik radiasiyaya ən çox həssasdırlar. Dəniz səviyyəsindən

2000 m-dən çox yüksəklikdə yerləşən dağlıq ərazilərdə və bölgələrdə radiasiya riski əhəmiyyətli dərəcədə artır. Sərnişin hava nəqliyyatının maksimum qaldırma hündürlüyündə (12.000 m) radiasiya səviyyəsi 25 dəfə artır.

Təbii radioaktiv çirklənməyə ən böyük töhfə Uran, torium və radonla zənginləşdirilmiş süxurlardan radioizotopların dağılmasıdır. İsti nöqtələrə Braziliyada və Hindistanın cənub-qərb sahilindəki Guarapari çimərlikləri daxildir, çünki qumlarda yüksək torium var. Artan radiasiya Fransa, Nigeriya, Madaqaskar və Rusiyanın bəzi bölgələrində (Zaural, Kamçatka, Şimal-Şərq, Qərbi Sibir) də müşahidə olunur.

Ən böyük təhlükə radon və onun yarı ömürlü əmələ gələn məhsullarıdır. Radon ümumi radiasiya dozasının 50%-dən çoxunu təşkil edir. Əhəmiyyətli məsafələrə köç edə bilir, geniş yayılmışdır və yüksək nüfuz gücünə malikdir. Xarakterik bir qoxu və ya rəng yoxdur, bu da onun xüsusi cihazlar olmadan müəyyənləşdirilməsini çətinləşdirir.

Çirklənmənin əsas hissəsi antropogen mənbələrdən gəlir. Bunlara atom və istilik sənayesi, nüvə poliqonları, texnogen qəzalar, tibb və elm daxildir.

Uran filizlərinin emalı və zənginləşdirilməsi prosesində nüvə müəssisələrinin havalandırma sistemləri vasitəsilə havaya ksenon, stronsium, seziyum və kriptonun izotopları olan radioaktiv aerozollar daxil olur. Nüvə reaktorunun az miqdarda korroziya məhsullarının, həmçinin uran, maqnezium və seziyum nüvələrinin parçalanma parçalarının emissiyası mümkündür. Bununla birlikdə, AES-in düzgün işləməsi ilə digər sənaye sahələri ilə müqayisədə atmosfer radioaktiv emissiyaları əhəmiyyətsizdir.

Bəzi izotopların artan konsentrasiyası olan sənaye və sənaye çirkab suları uran metal istehsalı və radiokimyəvi istehsal zavodlarında əmələ gəlir. Müəssisə tullantılarının bir hissəsi qazlar və aerozollar şəklində buraxılır: radon, toron, yod və aerazol kondensatı.

Ən böyük radiasiya təhlükəsi, yanacaqın yanması nəticəsində Uran və toriumla zənginləşdirilmiş radionuklidləri ətraf mühitə buraxan istilik elektrik stansiyalarıdır.



Kömür və şiferdə işləyən İES yaxınlığında yüksək radiasiya fonu əmələ gəlir. Onların yanması nəticəsində mövcud radonun demək olar ki, 90%-i qaz halına keçir və tüstü egzozu ilə çıxır.

Yanma zamanı kömür gövdəsindən yönəldilmiş kömürün mineral fraksiyasının çox hissəsi "Uçan" kül qalığı əmələ gətirir. "Uçan" külün bir hissəsi filtrlər tərəfindən tutulmur və elektrik stansiyasının boruları vasitəsilə atmosfərə aparılır. Nəticədə ətrafdakı hava qatı radioaktiv hissəciklər PM 2.5 ilə çirklənir. Radionuklidlərə əlavə olaraq kül fraksiyalarında ağır metallar və iz elementləri var: qurğuşun, civə, vanadiy, dəmir.

Çin, Rusiya, ABŞ və Fransada yerləşən 4 nüvə poliqonu rəsmi olaraq tanınır. Termonüvə və nüvə partlayışlarının əsas hissəsi bu nöqtələrdə cəmlənmişdir.

Nüvə sınaqları nəticəsində atmosfərə 30 milyon kq sezium, 20 milyon kq stronsium və təxminən 5 ton plutonium atıldı. Tullantıların çox hissəsi yer səthinə yerləşdi və okeanlara yuyuldu.

Nüvə poliqonlarının geniş əraziləri tənzimləmə və həyat üçün uyğun olmayan "ölü zonalara" çevrilir. Digər şeylər arasında, onların əraziləri tez-tez radioaktiv tullantıların atılması üçün istifadə olunur, məsələn, Rusiyadakı Novaya Zemlya arxipelaqının ərazisində.

Çernobıl AES-də baş verən qəza nəticəsində 16 km radiusda yerləşən 30 yaşayış məntəqəsinin sakinləri fəlakətli radiasiya dozası aldılar.

1964-cü ildə ABŞ-ın snap-9A naviqasiya peyki qəzaya uğradı və 950 qram Aktiv plutonium ehtiva edən nüvə qurğusu ilə təchiz edildi. Bu maddənin təxminən 95% - i Yer atmosferinə səpələnmişdir.

Müasir reallıqlarda texnogen qəza riskini azaltmaq üçün hazırlanmış geniş tədbirlər kompleksi mövcuddur. Ancaq bu cür fəlakətlərin nəticələri qlobaldır.

Radioaktiv elementlərin izotoplarının istifadəsi xəstəliklərin diaqnozu və müalicəsində tibbi məqsədlər üçün geniş istifadə olunur. Beləliklə, onlar qamma terapiyası və defektoskopiya üçün lazımdır. Radiasiya daxil olmaqla tədqiqat metodları:

- radioqrafiya;

- tomoqrafiya;
- floroqrafiya;
- sintiqrafiya.

Digər bir mənbə izotop təcrübələrində, materialların aktiv neytron analizində və perspektivli reaktorların yaradılmasında istifadə olunan tədqiqat nüvə reaktorlarıdır. Dünyada 500-ə yaxın nüvə sınaq reaktoru var. Onlardan 94-ü Çində, 66-sı isə MDB-də cəmləşib.

Radioaktiv çirklənmə ətraf mühiti çirkləndirən komponentlərin emissiyasını əhatə edir. Hər radionuklid Yarı ömrü ilə xarakterizə olunur. Bu, elementin radioaktiv xüsusiyyətlərini itirəcəyi müddətdir. Əsas çirkləndiricilərin müqayisəsi Cədvəl 1.2.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.2.1

Əsas çirkləndiricilərin müqayisəli cədvəli

| Adı           | Yayılma müddəti | Əsas mənbələr   |
|---------------|-----------------|---|
| Yod-131       | 8 gün           | Nüvə sınaqları  |
| Stronsium-190 | 28,8 il         | Atom elektrik stansiyaları, nüvə partlayışları                |
| Seziyum-137   | 30 il           | Nüvə sınaqları, nüvə elektrik stansiyasının texnogen qəzaları |
| Kobalt-60     | 5,3 il          | Tibb və elm   |
| Americium-241 | 433 il          | Nüvə sənayesi   |

Ən böyük təhlükə yod, americium və stronsiumdur. Seziyum nüvə sınaqları zamanı biosferin çirklənməsinin əsas komponentlərindən biridir. Kobalt süni mənşəlidir və elmi məqsədlər üçün geniş istifadə olunur (radiocərrahiyyə, polimerlərin modifikasiyası və s.).

Radioaktiv maddələr insan orqanizminə təmas (xarici şüalanma) və ya hava damcıları, həmçinin qida zənciri (daxili şüalanma) vasitəsilə daxil olur. Beləliklə, beta çürüməsi prosesində yod-31 tiroid bezində cəmləşir və mutasiyalara və hüceyrələrin, eləcə də ətrafdakı toxumaların ölümünə səbəb olur.

İnsanlar üçün ən təhlükəli olan, lipidlərin, zülalın və DNT-nin quruluşunu dəyişdirən qamma radiasiyadır. Radiasiya fonunun artması ömrün azalmasına,

onkologiyanın inkişafına, immun çatışmazlığına və hormonal balanssızlığa səbəb olur.

Stronsium ilə yoluxmuş ərazidə böyüyən dandelionlarda xromosom sapmaları və morfoloji dəyişikliklər aşkar edilmişdir. Qida zənciri boyunca heyvanlarda daxili radiasiya baş verir, fərdlərin populyasiyaları azalır. Aşağı intensiv radiasiya göbələk və bakteriya populyasiyasını dəyişdirir. Torpağın çirklənməsi təkcə Heyvan və bitkilərin yoluxmasına deyil, həm də kənd təsərrüfatı ehtiyacları üçün istifadə edilə bilməməsinə səbəb olur.

Radioaktiv materiallarla işləyərkən əsas vəzifə sızmaların qarşısını almaqdır. Bunun üçün tullantıların süzülməsi, izolyasiyası və atılması üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Ətraf mühitin çirklənməsinə qarşı mübarizənin tam kompleksi aşağıdakı kimidir:

- doldurulmuş aerozolların əmələ gəlməsi ilə əlaqəli istehsal proseslərinin möhürlənməsi;
- istehsalda dövriyyə su təchizatı dövrünün istifadəsi, tullantıların əmələ gəlməsini minimuma endirmək;
- radioaktiv tullantıların zərərsizləşdirilməsi, mərkəzləşdirilmiş toplanması və saxlanması;
- sanitariya mühafizə zonalarının, müşahidə zonalarının və radiasiya nəzarətinin təşkili.

Radiasiya obyektlərinin ətrafında müşahidə məntəqələri (zonalar) qurulur. Onların ərazilərində radiasiya vəziyyətinin daimi monitorinqi aparılır. Sanitariya-dozimetik nəzarət qrupları ətraf mühit obyektlərini araşdırır, brifinqlər aparır və mövcud təlimatlara uyğun olaraq qəzaların nəticələrinin aradan qaldırılması işlərinə nəzarət edirlər.

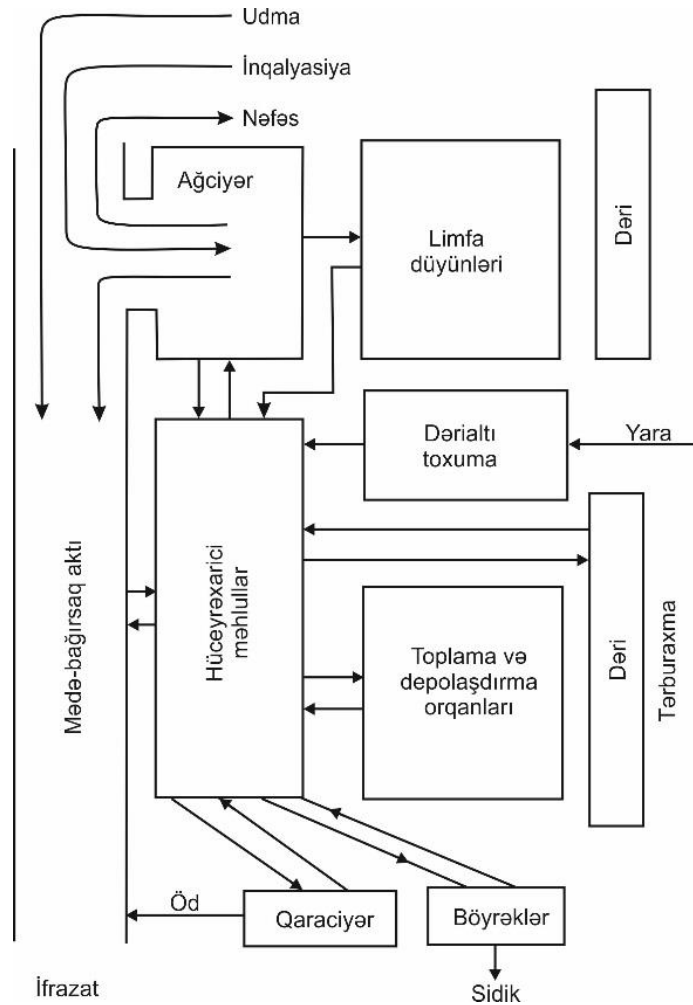
## II FƏSİL

# RADİOAKTİV ÇİRKƏNMƏ VƏ ONUN İNSAN SAĞLAMLIĞINA TƏSİRİ

### 2.1 Radioaktiv maddələrin insan orqanizminə daxil olma yolları

Radionuklidlərin bədənə nüfuz etmə yollarının müəyyənləşdirilməsi vacib praktik əhəmiyyətə malikdir. Bəzi radioaktiv maddələr üçün idarəetmə yolu udma, paylama, ifrazat və bioloji hərəkətin təbiətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Radioaktiv maddələr bədənə tənəffüs sistemi, həzm sistemi və dəri vasitəsilə daxil ola bilər. Fövqəladə hallarda radionuklidlərin cızıqlar, yaralar və yanıq səthi vasitəsilə nüfuz etməsi mümkündür. Şəkil 2.1.1-də radionuklidlərin bədənə alınması, mübadiləsi və sərbəst buraxılmasının mümkün yolları sxematik şəkildə göstərilir.



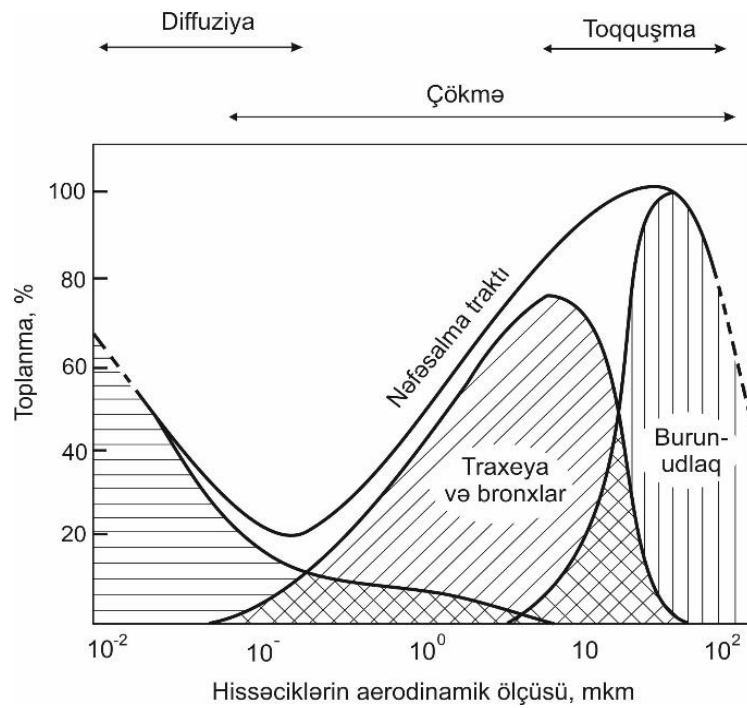
Şəkil 2.1.1 Bədəndə radionuklidlərin mübadiləsinin əsas yolları

İnsan orqanizminə mümkün radioaktiv maddələrin daxil olmasının ən çox qidadır. Ətraf mühitin radionuklidlərlə çirklənməsi atom bombalarının partlaması, həmçinin nüvə müəssisələrinin tullantılarının atılması nəticəsində baş verə bilər: laboratoriyaları. Radionuklidlərin xarici mühitə qəbulu nüvə qurğularının, reaktorların qəzası zamanı ola bilər.

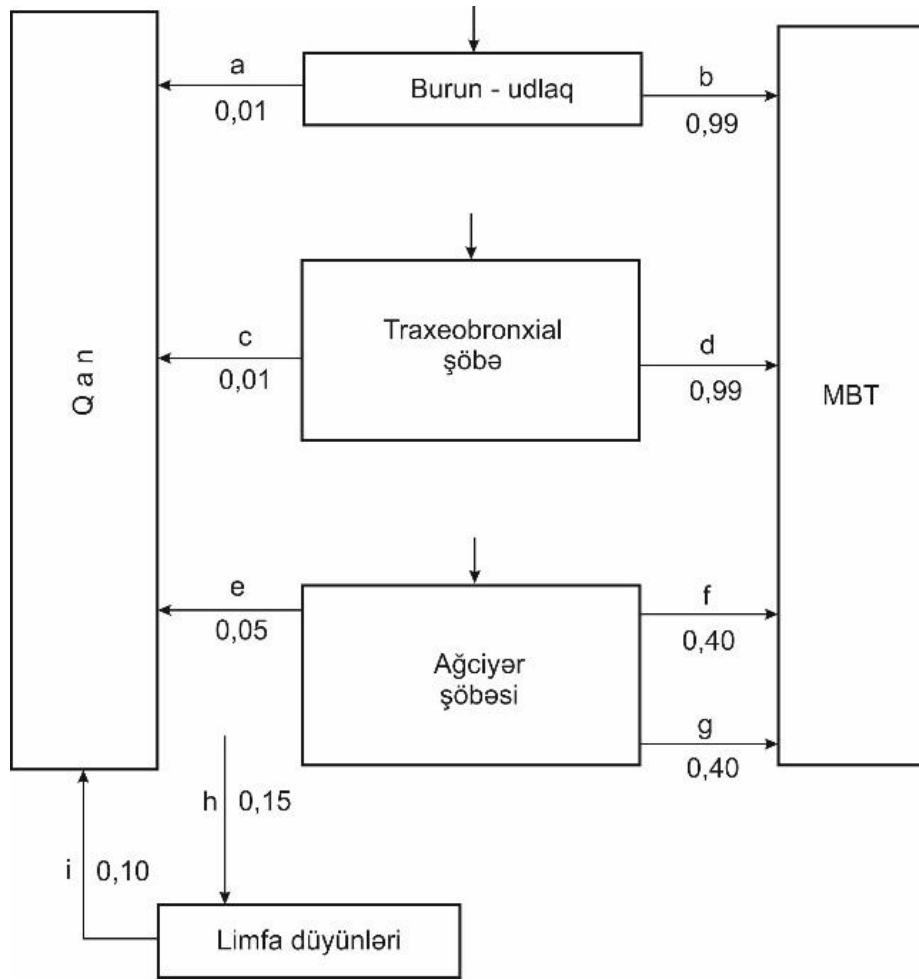
Tənəffüs olunan hava ilə qazlar, buxarlar və havada asılmış maye və bərk hissəciklər insan orqanizminə daxil ola bilər. Havada və ya başqa bir qazlı mühitdə bərk və maye hissəciklərin süspansiyonu olan dağılmış sistemlərə aerozollar deyilir. Hissəciklərin ölçüsünə görə aerozollar şərti olaraq toz, duman və tüstüyə bölünür. arasında, tüstü - 0,1 ilə 0,001 mikron arasında. Son hissəciklər asanlıqla yayılır,

Mənşəyinə görə aerozollar radioaktiv maddələrin üyüdülməsi zamanı əmələ

g  
ə  
l  
ə  
n  
d  
i  
s  
p  
e  
r  
s  
v  
ə  
m  
a  
d  
d



Şəkil 2.1.2 Tənəffüs yollarında aerozol hissəciklərinin çökmə sxemi



Şəkil 2.1.3 Tənəffüs yolu: burun-boğaz, traxeobronxial və pulmonal ağciyər bölmələri: a, b, c, d, e, f, g, h, ı — fəaliyyətin ağciyərlərdən qana köçürülməsinin fraksiyaları. Mədə-bağırsaq və limfa düyünləri.

Fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə görə aerosollar yüklü (uni - və bipolyar) və yüksüz qruplarına bölünür. Hissəcik ölçülərinin eyni cinsliliyinə görə monodispers və polidispers qruplarına bölünür.

Ağciyər alveollarına nüfuz dərəcəsinə görə, 5-10 mikron və daha aşağı bir respirable fraksiya və 15-20 mikrondan (Fuchs, Byxovsky) daha çox bir respirable fraksiya fərqlənir.

Ağciyərlərdə çökmüş aerosolların "taleyi" əsasən maddənin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən asılıdır. Radioaktiv maddələrin yaxşı həll olunan birləşmələri tənəffüs yollarına sürətlə sorulur və qan dövrəsinə daxil olur. Həll olan aerosol hissəciklərindən fərqli olaraq, həll olunmayanlar tənəffüs orqanlarının divarlarına

xeyli miqdarda çökür, sonra bronxların kirpikli epitelinin seliyi və kirpikləri ilə ağciyərlərdən çıxarılır.

Ağciyərlərdə toz hissəciklərinin kəmiyyət gecikməsini və çökməsini qiymətləndirmək üçün tənəffüs orqanlarında yığılmış hissəciklərin sayının inhalyasiya olunan havadakı tərkibinə nisbəti olan çökmə əmsalı istifadə olunur. Şəkil 2.1.2-də hissəciklərin ölçüsü ilə tənəffüs sisteminin yuxarı və aşağı hissələrində (Morrou) çökməsi arasındakı əlaqə göstərilir.

Hissəcik diametri 0,1-0,001 mikron olan incə dağılmış aerosollar alveollarda, daha böyükləri (1-10 mikron) traxeya və ağciyərlərdə, hissəcik diametri 10 mikrondan çox olan aerosollar burun-boğazda saxlanılır.

Havadakı aerosol hissəciklərinin disperslik dərəcəsi fərqli ola bilər-mikronun mində birindən onlarla mikrona qədər. Radioaktiv aerosolların ölçüsü üçün onların meydana gəlməsinin təbiəti vacibdir. Laxtalanma zamanı aerosol hissəciklərinin fəaliyyəti onların radiusu ilə birbaşa mütənasibdir.

Hissəciklər submikroskopik toz hissəciklərinə hopursa, hər bir toz hissəciyinin aktivliyi onun səthinə mütənasibdir. Qatı və ya maye radioaktiv maddə püskürdüldükdə, aktivlik ümumiyyətlə toz hissəciklərinin həcmi ilə mütənasibdir.

Real şəraitdə tez-tez polidispers aerosollarla məşğul olmaq lazımdır, burada hissəciyin həcmi həmişə onun fəaliyyətini xarakterizə etmir. Bu vəziyyətdə bioloji təsiri qiymətləndirmək üçün — tənəffüs orqanlarında hissəciklərin tutulması — sayılan median diametri (SMAD) deyil, kütləvi median aerodinamik diametri (MMAD) və ya aerosolların fəaliyyətə görə paylanmasının median aerodinamik diametri (Amad) vacibdir (V. I. Badyin).

İnhalyasiya yolu ilə radioaktiv aerosollar yalnız ağciyərlər tərəfindən deyil, həm də mədə-bağırsaq traktı (GI) tərəfindən əmilir. Aerosol hissəciklərinin ölçüsündən, həllolma qabiliyyətindən asılı olaraq ağciyərlərdə və ya mədə-bağırsaq traktında udma miqdarı dəyişir. Həll olunmayan radionuklidlərin və ya qısa müddətli aerosolların inhalyasiyası zamanı tənəffüs orqanları yüksək radiasiya yükü səbəbindən kritik ola bilər. Ağciyərlər tərəfindən həll olunmayan radionuklidlərin udulması mədə-bağırsaq traktından daha az dərəcədə baş verir. Diametri 10 mikron

və ya daha çox olan aerosol hissəcikləri burun-boğazda demək olar ki, tamamilə qalır və ağciyərlərə deyil, mədə-bağirsaq traktına daxil olur. Beləliklə, yaxın saatda bütün radioaktiv aerosolların təxminən 50%-i mədə və bağırsaqlara (Koh və s.) daxil olur, buna görə də çətin həll olunan radioaktiv maddələrin inhalyasiyası zamanı onların mədə-bağirsaq traktından udulması həlledicidir.

Cədvəl 2.1.1

Təqdim olunan miqdarla əlaqədar olaraq ağciyərlərdən və mədə-bağirsaq traktından radioaktiv maddələrin rezorbsiyası

| Qrup | Radionuklid   | Rezorbsiya əmsalı, % |                      |
|------|---|----------------------|----------------------|
|      |   | ağciyərlər           | mədə-bağirsaq traktı |
| I    | $^3\text{H}(\text{HTO})$ , $^{24}\text{Na}$ , $^{55}\text{S}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{52}\text{Br}$ , $^{86}\text{Rb}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{222}\text{Rn}$  | 75-100               | 75-100               |
| II   | $^{45}\text{Ca}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{69}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{127}\text{Te}$ , $^{226}\text{Ra}$   | 25-50                | 10-30                |
| III  | $^{54}\text{Mn}$ , $^{59}\text{Fe}$ , $^{65}\text{Zn}$ , $^{76}\text{As}$ , $^{100}\text{Ru}$ , $^{111}\text{Ag}$ , $^{195}\text{Au}$ , $^{207}\text{Bi}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{238}\text{U}$  | 25-30                | 1-10                 |
| IV   | $^7\text{Be}$ , $^{91}\text{I}$ , $^{140}\text{La}$ , $^{144}\text{Ce}$ , $^{147}\text{Pm}$ , $^{143}\text{Pr}$ , $^{231}\text{Pa}$ , $^{234}\text{Th}$ , $^{228}\text{Np}$ , $^{239}\text{Pn}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{242}\text{Cm}$ , $^{257}\text{Cl}$ | 20-25                | 0,1-0,00001          |

**Qeyd:** Rezorbsiya məlumatları hissəciklərin dispersiyasından və radionuklidin bədənə daxil olduğu birləşmənin növündən asılı olaraq əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir.

Aerosolların "metabolizması"nın ağciyər dinamikası Şək.2.1.3 (Morrou) mədə-bağirsaq traktındakı burun-boğaz və traxeobronxial ağciyərlərdən əhəmiyyətli miqdarda aerosolların gələ biləcəyi görülür. Ağciyərlərin çətin həll olunan radioaktiv maddələrin udulmasında daha az rol oynamasına baxmayaraq, həll olunan radionuklidlər üçün inhalyasiya yolu əsas və ən təhlükəli hesab olunur.

Həzm sisteminə radioaktiv maddələrin qəbulu qida və su ilə baş verə bilər. Radionuklidlər xarici mühitə daxil olduqda, qida bioloji zəncirləri ilə insan orqanizminə daxil ola bilərlər. Buna görə mədə-bağirsaq traktına radioaktiv maddələrin daxil olma yolu və onların təsviqi əsasən qida məhsullarında olan adi kimyəvi maddələrlə eynidir. Mədə-bağirsaq traktından radionuklidlərin udulması prosesləri mühitin pH, birləşmənin fiziki-kimyəvi tərkibi və həzm sisteminin



vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə təsirlənir. Toksikologiyada mədə-bağirsaq traktından qan və limfaya radioaktiv maddənin udulmasını kəmiyyətcə qiymətləndirmək üçün rezorbsiya və ya udma əmsalı adlanan bir miqdar istifadə olunur. Bu, ilkin miqdarla əlaqəli müəyyən bir müşahidə müddətində bədəndə tapılan radionuklidin nisbətidir.

Sorulma əmsalı dəyərinə görə bütün radionuklidlər dörd qrupa bölünür: ağciyərlərdə və mədə-bağirsaq traktında yüksək rezorbsiya dərəcəsi olan (75-100%); ağciyərlərdə əhəmiyyətli rezorbsiya ilə (25-50%) və mədə-bağirsaq traktında (10-30%); bağırsaqda orta rezorbsiya ilə (1-10%) və ağciyərlərdə əhəmiyyətli dərəcədə udma ilə (25-30%); praktik olaraq bağırsaqda sorulmayan (0,1-0,00001%) və ağciyər (20-25%) Cədvəl 2.1.1-də göstərilmişdir.

Bədənə daxil olan birləşmənin kimyəvi forması rezorbsiyaya əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Beləliklə, plutonium sitrat kompleksi 0,2-0,3%-ə qədər, plutonium nitrat isə yalnız 0,005-0,0005%-ə qədər sorulur. İon şəklində qələvi metallar mədə-bağirsaq traktında çox tez sorulur. Bağırsaqda çətin həll olunan komplekslər, mikrokolloidlər və həll olunmayan duzlar əmələ gətirən radionuklidlər zəif rezorbsiya olunur. Sabit izotoplar radionuklidlərin udulması üçün vacibdir: Fe, Ca, Zn, Co və s. Beləliklə, qidada sabit Fe, Ca, N və Co konsentrasiyasının artması ilə bağırsaqda rezorbsiya 59 Fe, 49 Ca, 65 Zn, 60 Co azalır. Kalsiumla zəngin qidalar bağırsaqdakı  $^{90}\text{Sr}$  rezorbsiyasını azaldır və skeletdə çökməsini azaldır. Bununla birlikdə, qidada olan bəzi qələvi torpaq elementlərinin sabit izotopları radium və bariumun udulmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərmir.

Radioaktiv maddələrin udulmasının miqdarı qidanın təbiətindən və bağırsaqlardan keçmə sürətindən təsirlənir. Məsələn, stronsiumun südlə qəbulu bədəndə sorulmanı əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Bağırsaqdakı radionuklidlərin rezorbsiyası da heyvanın yaşından asılıdır. Gənc, böyüyən heyvanlarda radioaktiv stronsium yetkinlərə nisbətən daha çox əmilir. Bu, bədənin skelet qurmaq üçün lazım olan mineral duzların böyük istehlakı ilə əlaqədardır. Radionuklidin udma miqdarı, xüsusən də təkrar tətbiq edildikdə və

bədənə xroniki qəbul edildikdə, aktivlik vahidlərində tətbiq olunan maddənin miqdarından da təsirlənir.

Radionuklidlərin rezorbsiyasına təsir edən bu amillərə əlavə olaraq bədənin ilkin funksional vəziyyəti (mərkəzi sinir sistemi, vegetativ hissələr və neyroendokrin sistem) vacibdir. Sinir sisteminin həyəcanlanması bədəndə radionuklidlərin udulmasını artırmağa kömək edir, inhibe bu prosesi kəskin şəkildə ləngidir. Radioaktiv maddələrin bir hissəsi qan və limfa ilə daxil olduqdan sonra bədənə yayılır və qalan miqdarda radionuklidlər bir müddət sonra bağırsaqdan çıxarılır. Mədə-bağırsaq traktından keçərkən radioaktiv maddələr bağırsaq divarının bütün uzunluğu boyunca şüalandırır. Beləliklə, radioaktiv maddələr ağızdan daxil olduqda, mədə-bağırsaq traktının ayrı-ayrı hissələri əhəmiyyətli dərəcədə radiasiya ala bilər və bəzi hallarda mədə-bağırsaq traktını kritik bir orqanına çevrir.

Son vaxtlara qədər bir çox tədqiqatçılar radioaktiv maddələrin bədənə daxil olmasının dəri yolunu qiymətləndirməmişdir. Heyvani və klinik müşahidələrdə alınan təcrübələrdə əksər radionuklidlərin bütöv dəriyə nüfuz edə biləcəyi göstərilmişdir.

Maddələrin dəri vasitəsilə sorulması zamanı hüceyrə keçiriciliyinin qanunauyğunluqlarının müəyyən edici amillərinin olmasına baxmayaraq, dəri bir sıra spesifik xüsusiyyətlərə malikdir. Hüceyrə təbəqələrinə əlavə olaraq radionuklidlərin nüfuz etməsi dəri hüceyrələrinin hüceyrələrarası oynaqları vasitəsilə baş verir. Dərinin olduqca mürəkkəb histoloji quruluşunu, yağ və tər vəzlərinin, saç follikullarının mövcudluğunu da vurğulamaq lazımdır ki, bu da əsasən dəri keçiriciliyinin xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir. Dəridə mexaniki, kimyəvi və ya istilik zədələnmələri (aşınmalar, çatlar, cızıqlar, yaralar) varsa, radionuklidlərə qarşı keçiriciliyi kəskin şəkildə artır. Bu, epidermisin dərinin maneə funksiyasında əsas rol oynaması ilə əlaqədardır. Zədələnmə və ya dəri çıxarıldıqda, radioaktiv maddələr dərinin alt qatlarına və qana sərbəst nüfuz edə bilər.

Radionuklidlərin dəri vasitəsilə sorulmasına xarici temperatur əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Temperaturun artması ilə dərinin qan damarlarının genişlənməsi, radionuklidlərin udulmasına kömək edən yağ və tər vəzlərinin

açılması baş verir. Havada olan radioaktiv maddələr daxil olduqda, dəridən sorulduqda, buxar təzyiqi və maddənin dəri səthinə çökməsi vacibdir. Radioaktiv maddələrin dəriyə nüfuz etməsi birləşmənin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən, mühitin pH-dan, suda, yağda və dərinin fizioloji vəziyyətindən asılıdır. Yağda həll olunan birləşmələr dəridən tez və çox miqdarda sorula bilər və onların nüfuz etmə sürəti həzm sistemi vasitəsilə udma sürəti ilə olduqca müqayisə olunur. Əksər tədqiqatçılar sulu məhlullardan elektrolitlərin dəri vasitəsilə udulmasının transfollikulyar yolla baş verdiyinə inanırlar.

Radionuklidlərin dəridən daxil olma miqdarını ölçmək üçün "udma əmsalı" termini istifadə olunur. Bu, müəyyən bir müşahidə müddətində bədəndə dəridə tətbiq olunan ilkin miqdarla əlaqəli olan fəaliyyət miqdarıdır. Udulma prosesi, radionuklidin dəri vasitəsilə daxil olma sürətini də xarakterizə edir ki, bu da vahid vaxtda dəri səthinin müəyyən bir hissəsindən alınan radioaktiv maddənin miqdarı ilə ifadə olunur.

Müxtəlif radionuklidlərin bütöv dəri vasitəsilə qəbul edildikdə udma əmsalı dəyərləri Cədvəl 2.1.2.-də verilmişdir. Cədvəl 2.1.2-də radionuklidlərin bədənə daxil olması dəriyə tətbiq olunan birləşmənin kimyəvi tərkibindən asılı olduğu görünür. Bu məlumatlar insan dərisinin və müxtəlif heyvan növlərinin eyni nuklidə keçiriciliyinin eyni olmadığını göstərir. Tənəffüs sistemi və mədə-bağırsaq traktından radioaktiv maddələrin qəbulu miqdarı ilə bağlı məlumatların müqayisəsindən dəri vasitəsilə daha az miqdarda nüfuz etdikləri görülür.

Radioaktiv maddələr dəridən daxil olduqda həm dərinin özü, həm də daxili orqanlar şüalanır. Radionuklidlərin təsirinə ən həssas olan epidermisin böyümə hüceyrələrinin yerləşdiyi dərinin əsas təbəqəsidir.

Qəbul edilən yollara əlavə olaraq, radioaktiv maddələr göz konyunktivasiyası vasitəsilə bədənə daxil ola bilər. Tibbi praktikada bəzi xəstəliklərin diaqnozu və müalicəsi üçün radionuklidlərin intramüskulyar tətbiqi istifadə olunur. Müxtəlif qəbul yollarında radionuklidlərin rezorbsiyası eyni deyil. Ən sürətli radioaktiv maddələr intraperitoneal, intramüskulyar administrasiya ilə, daha yavaş — dərialtı ilə rezorbsiya olunur.

## Bəzi radionuklidlərin bütöv dəri vasitəsilə qəbulu

| Radionuklid   | Sorulma koefisiyenti | Təsiretmə davamlılığı | Tədqiqat obyektı |
|---|----------------------|-----------------------|------------------|
| Triumf  | 0,7 (qış)            | 4                     | Siçovul          |
|   | 2,6 (yaz)            | 4                     | Siçovul          |
|   | 3,2 (yay)            | 4                     | Siçovul          |
|   | 2,0 (payız)          | 4                     | Siçovul          |
| $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$               | 0,75                 | 1                     | Siçan            |
| $^{45}\text{CaCl}_2$                                | 0,6                  | 1                     | Siçan            |
| $^{65}\text{ZnCl}_2$                                | 1,2                  | 24                    | Siçan            |
| $^{82}\text{SrCl}_2$                                | 0,89                 | 24                    | Siçovul          |
| $^{90}\text{SrCl}_2$                                | 0,68                 | 6                     | Siçovul          |
| $\text{Na}_2\ ^{94}\text{MoO}_4$                    | 2,8                  | 24                    | Siçovul          |
| $^{106}\text{RuCl}_3$                               | 0,5                  | 6                     | Siçovul          |
| $^{110}\text{AgNO}_3$                               | 0,06                 | 1                     | Siçan            |
| $\text{Na }^{131}\text{I}$                          | 0,72                 | 6                     | Siçovul          |
| $\text{Na }^{131}\text{I}$                          | 0,42                 | 24                    | Donuz            |
| $^{132}\text{TeCl}_4$                               | 0,14                 | 24                    | Siçovul          |
| $^{132}\text{CsCl}$                                 | 0,62                 | 6                     | Donuz            |
| $^{140}\text{BaCl}_2$                               | 0,39                 | 6                     | Siçovul          |
| $^{144}\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$                    | 0,68                 | 4                     | Siçan            |
| $^{144}\text{CeCl}_2$                               | 0,32                 | 6                     | Siçovul          |
| $^{204}\text{TlNO}_3$                               | 0,3                  | 24                    | Siçovul          |
| $^{210}\text{Po}(\text{NO}_3)_2$                    | 3,8                  | 3                     | Siçovul          |
| $^{239}\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$                    | 0,1-0,3              | 120                   | Donuz            |
| $^{239}\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$                    | 0,017                | 6                     | Siçovul          |
| $^{239}\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$                    | 0,15                 | 336                   | Donuz            |
| $^{239}\text{Pu}(\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_3)_4$ | 0,14                 | 6                     | Dovşan           |
| $^{241}\text{Am}(\text{NO}_3)_4$                    | 0,0062               | 6                     | Donuz            |

**Qeyd:** Sorulma məlumatları çirklənmiş dəri sahəsinin ölçüsündən, məruz qalma müddətindən, heyvan növündən və birləşmənin formasından asılı olaraq əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir.

Eksperimental tədqiqatlar radioaktiv maddələrin plasenta vasitəsilə inkişaf etməkdə olan dölün bədəninə daxil ola biləcəyini müəyyən etdi. Plasentadan

əhəmiyyətli miqdarda Nto,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{32}\text{P}$  və s. radionuklidlər süd verən qadınların südü ilə nəsillərə ötürülə bilər. Nto,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  və s. südlə yaxşı fərqlənir.

## 2.2 Şüalanma xəstəliyinin yaranma səbəbləri

Radiasiya xəstəliyi-ionlaşdırıcı radiasiyanın artan dozalarının hüceyrələrə, toxumalara və bədən mühitinə təsiri səbəbindən ümumi və yerli reaktiv dəyişikliklər kompleksi. Radiasiya xəstəliyi hemorragik diatez, nevroloji simptomlar, hemodinamik pozğunluqlar, yoluxucu ağırlaşmalara meyil, mədə-bağırsaq və dəri lezyonları ilə davam edir. Diaqnoz dozimetrik nəzarətin nəticələrinə, hemogramdakı xarakterik dəyişikliklərə, biokimyəvi qan testlərinə, miyelogram əsaslanır. Radiasiya xəstəliyinin kəskin mərhələsində detoksifikasiya, qan köçürülməsi, antibiotik terapiyası və simptomatik terapiya aparılır.

Radiasiya xəstəliyi, icazə verilən maksimum dozaları aşan bir diapazonda radioaktiv şüalanmanın bədəne təsiri nəticəsində yaranan ümumi bir xəstəlikdir. Hematopoetik, sinir, həzm, dəri, endokrin və digər sistemlərin zədələnməsi ilə davam edir. Həyat boyu bir insan həm xarici (təbii və texnogen), həm də daxili mənbələrdən gələn, tənəffüs, su və qida qəbulu zamanı bədəne daxil olan və toxumalarda yığılan kiçik dozada ionlaşdırıcı radiasiyaya daim məruz qalır. Göstərilən amilləri nəzərə alaraq normal radiasiya fonunda ionlaşdırıcı şüalanmanın ümumi dozası ümumiyyətlə ildə 1-3 msv (mgr) keçmir və əhali üçün təhlükəsiz hesab olunur. Beynəlxalq radioloji müdafiə komissiyasının rəyinə görə, radiasiya həddi ildə 1,5-dən çox olduqda və ya bir dəfə 0,5 dozada qəbul edildikdə radiasiya xəstəliyi inkişaf edə bilər.

Radiasiya lezyonları yüksək intensivliyin tək (və ya qısamüddətli) şüalanması və ya aşağı dozada radiasiyaya uzun müddət məruz qalması səbəbindən baş verə bilər. Yüksək intensivlikli zərərli təsir nüvə enerjisindəki texnogen fəlakətlər, nüvə silahlarının sınaqması və ya istifadəsi, onkologiya, hematologiya, revmatologiya və s. - də ümumi şüalanma üçün xarakterikdir. Xroniki radiasiya xəstəliyi radiasiya diaqnostikası və terapiya şöbələrinin Tibb işçilərində (rentgenoloqlar,

rentgenoloqlar), tez-tez radioloji və radionuklid tədqiqatlarına məruz qalan xəstələrdə inkişaf edə bilər.

Zərər verən amillər alfa və beta hissəcikləri, qamma şüaları, neytronlar, rentgen şüaları ola bilər; müxtəlif növ radiasiya enerjisinin eyni vaxtda təsiri mümkündür - sözdə qarışıq radiasiya. Eyni zamanda, neytron axını, rentgen və qamma şüalanması xarici məruz qaldıqda radiasiya xəstəliyinə səbəb ola bilər, alfa və beta hissəcikləri isə yalnız tənəffüs və ya həzm sistemi, zədələnmiş dəri və selikli qişalar vasitəsilə bədənə daxil olduqda zədələnməyə səbəb olur.

Radiasiya xəstəliyi molekulyar və hüceyrə səviyyəsində baş verən zərərli təsirlərin nəticəsidir. Mürəkkəb biokimyəvi proseslər nəticəsində qanda radiasiya toksemiyasına səbəb olan patoloji yağ, karbohidrat, azotlu, su-duz mübadiləsi məhsulları görünür. Zərərli təsirlər, ilk növbədə, sümük iliği, limfoid toxuma, endokrin bezlər, bağırsağ və dəri epitelini, neyronların aktiv şəkildə bölünən hüceyrələrini təsir edir. Bu, radiasiya xəstəliyinin patogenezi təşkil edən sümük iliği, bağırsağ, toksemik, hemorajik, beyin və digər sindromların inkişafına səbəb olur.

Radial lezyonun xüsusiyyəti, istilik, ağrı və digər hisslərin birbaşa təsiri anında olmaması, radiasiya xəstəliyinin ətraflı mənzərəsinin inkişafından əvvəl gizli bir dövrün olmasıdır.

Radiasiya xəstəliyinin təsnifatı lezyon vaxtı və udulmuş radiasiyanın dozası meyarlarına əsaslanır. İonlaşdırıcı radiasiyaya tək bir kütləvi məruz qalma ilə kəskin radiasiya xəstəliyi inkişaf edir, uzun müddət, nisbətən kiçik dozalarda təkrarlanır – xroniki radiasiya xəstəliyi. Kəskin radiasiya zədələnməsinin şiddəti və klinik forması radiasiya dozası ilə müəyyən edilir:

Radiasiya zədəsi 1 Gy-dən az dozada bir an/qısamüddətli radiasiya ilə baş verir; patoloji dəyişikliklər geri çevrilir.

Sümük iliği forması (tipik) 1-6 q dozada bir dəqiqəlik/qısamüddətli şüalanma ilə inkişaf edir. Ölüm nisbəti 50% - dir. Dörd dərəcəyə malikdir:

1 (yüngül) - 1-2 qr

2 (orta) - 2-4 qr

3 (ağır) - 4-6 qr

4 (son dərəcə ağır, keçid) - 6-10 qr

**Mədə-bağırsaq forması** 10-20 q dozada bir dəqiqəlik/qısamüddətli şüalanmanın nəticəsidir. Ağır enterit, mədə-bağırsaq traktından qanaxma, qızdırma, yoluxucu və septik ağırlaşmalarla davam edir.

**Damar (toksemik) forması** 20-80 q dozada bir anda/qısamüddətli şüalanma ilə özünü göstərir. Ağır intoksikasiya və hemodinamik pozğunluqlarla xarakterizə olunur.

**Serebral forma** 80 qramdan çox dozada bir anda / qısamüddətli şüalanma ilə inkişaf edir. Ölümcül nəticə beyin ödemindən şüalanmadan 1-3 gün sonra baş verir.

Kəskin radiasiya xəstəliyinin tipik (sümük iliyi) formasının gedişi IV mərhələdən keçir:

I-ilkın ümumi reaktivliyin mərhələsi-radiasiyaya məruz qaldıqdan sonra ilk dəqiqələrdə və saatlarda inkişaf edir. Malaise, ürəkbulanma, qusma, arterial hipotansiyon və s. ilə müşayiət olunur.

II-gizli mərhələ-ilkın reaksiya Subyektiv vəziyyətin yaxşılaşması ilə xəyali klinik rifahla əvəz olunur. 3-4 gündən başlayır və 1 aya qədər davam edir.

III-radiasiya xəstəliyinin inkişaf etmiş simptomlarının mərhələsi; hemorragik, anemiya, bağırsaq, yoluxucu və digər sindromlarla davam edir.

IV-bərpa mərhələsi.

Xroniki radiasiya xəstəliyi inkişafında 3 dövrdən keçir: formalaşma, bərpa və nəticələr (nəticələr, ağırlaşmalar). Patoloji dəyişikliklərin formalaşması dövrü 1-3 il davam edir. Bu mərhələdə şiddəti yüngüldən son dərəcə şiddətə qədər dəyişə bilən radiasiya lezyonunun xarakterik bir klinik sindromu inkişaf edir. Bərpa müddəti ümumiyyətlə intensivliyin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasından və ya radiasiya məruz qalmasının tamamilə dayandırılmasından 1-3 il sonra başlayır. Xroniki radiasiya xəstəliyinin nəticəsi bərpa, natamam bərpa, alınan dəyişikliklərin sabitləşməsi və ya onların inkişafı ola bilər.

✓ Radiasiya xəstəliyinin simptomları. Kəskin radiasiya xəstəliyi: Tipik hallarda radiasiya xəstəliyi orta formada davam edir. Yüksək dozada radiasiya

aldıqdan sonra ilk dəqiqələrdə və saatlarda, radiasiya xəstəliyinin I mərhələsində qurban zəiflik, yuxululuq, ürək bulanması və qusma, ağızda quruluq və ya acı, baş ağrısı yaşayır. 10 qr-dan çox dozada bir anda şüalanma ilə qızdırma, ishal, şüur itkisi ilə arterial hipotenziyanın inkişafı mümkündür. Yerli təzahürlərdən mavi rəngli keçici eritema qeyd edilə bilər. Periferik qan tərəfdən erkən dəyişikliklər reaktiv lökositoz ilə xarakterizə olunur, ikinci gündə lökopeniya və limfopeniya ilə əvəz olunur. Miyelogramda Gənc hüceyrə formalarının olmaması müəyyən edilir.

Görünən klinik rifah mərhələsində ilkin reaksiya əlamətləri yox olur və təsirlənmiş şəxsin rifahı yaxşılaşır. Bununla birlikdə, obyektiv diaqnozla qan təzyiqi və nəbzın labilliyi, reflekslərin azalması, koordinasiyanın pozulması və EEG-ə görə yavaş ritmlərin görünüşü müəyyən edilir. Radiasiya zədələnməsindən 12-17 gün sonra keçəlik başlayır və irəliləyir. Lökopeniya, trombositopeniya, retikulositopeniya qanda artır. Kəskin radiasiya xəstəliyinin ikinci mərhələsi 2 həftədən 4 həftəyə qədər davam edə bilər. 10 g-dən çox radiasiya dozası ilə birinci mərhələ dərhal üçüncüsünə keçə bilər.

Kəskin radiasiya xəstəliyinin ağır klinik simptomları mərhələsində intoksikasiya, hemorragik, anemiya, yoluxucu, dəri, bağırsağ, Nevroloji sindromlar inkişaf edir. Radiasiya xəstəliyinin üçüncü mərhələsinin başlaması ilə qurbanın vəziyyəti pisləşir. Eyni zamanda zəiflik, qızdırma, arterial hipotansiyon yenidən güclənir. Dərin trombositopeniya fonunda diş ətinin qanaması, burun qanaması, mədə-bağırsağ qanaması, mərkəzi sinir sistemində qanaxma və s. daxil olmaqla hemorragik təzahürlər inkişaf edir. Selikli qişaların zədələnməsinin nəticəsi ülseratif nekrotik gingivit, stomatit, faringit, gastroenteritin meydana gəlməsidir. Radiasiya xəstəliyində yoluxucu ağırlaşmalara ən çox boğaz ağrısı, sətəlcəm, ağciyər absesi daxildir.

Yüksək dozalı radiasiya ilə radiasiya dermatiti inkişaf edir. Bu vəziyyətdə boyun, dirsək qıvrımları, aksiller və inguinal bölgənin dərisində ilkin eritema əmələ gəlir, bu da blisterlərin əmələ gəlməsi ilə dərinin şişməsi ilə əvəz olunur. Əlverişli hallarda, piqmentasiya, yara izləri və dərialtı toxumanın sıxılması ilə radiasiya dermatitinə icazə verilir. Damarların marağı ilə radiasiya xoraları, dəri nekrozu



meydana gəlir. Saç tökülməsi çox yaygındır: baş, sinə, pubis, kirpiklərin və qaşların itirilməsi ilə saç tökülməsi qeyd olunur. Kəskin radiasiya xəstəliyində endokrin bezlərin, əsasən tiroid bezinin, gonadların, adrenal bezlərin funksiyasının dərin inhibisyonu baş verir. Radiasiya xəstəliyinin uzun bir dövründə tiroid xərçənginin inkişafında bir artım qeyd edildi.

Mədə-bağırsaq traktının zədələnməsi radial ezofagit, gastrit, enterit, kolit, hepatit şəklində baş verə bilər. Bu vəziyyətdə ürək bulanması, qusma, qarın müxtəlif hissələrində ağrı, ishal, tenesmus, nəcisdə qan qarışığı, sarılıq var. Radiasiya xəstəliyinin gedişi ilə müşayiət olunan nevroloji sindrom artan adinamiya, meningeal simptomlar, qarışıqlıq, əzələ tonusunun azalması və tendon reflekslərinin artması ilə özünü göstərir.

Bərpa mərhələsində rifah tədricən yaxşılaşır və pozulmuş funksiyalar qismən normallaşır, lakin xəstələrdə uzun müddət anemiya və astenovegetativ sindrom qalır. Kəskin radiasiya xəstəliyinin ağırlaşmaları və qalıcı lezyonları katarakt, qaraciyər sirozu, sonsuzluq, nevroz, lösemi, müxtəlif lokalizasiyanın bədxassəli şişlərinin inkişafını əhatə edə bilər.

✓ Xroniki radiasiya xəstəliyi: Radiasiya xəstəliyinin xroniki formasında patoloji təsirlər daha yavaş olur. Aparıcılar nevroloji, ürək-damar, endokrin, mədə-bağırsaq, metabolik, hematoloji pozğunluqlardır.

Yüngül dərəcədə xroniki radiasiya xəstəliyi qeyri-spesifik və funksional olaraq geri dönmə dəyişikliklərlə xarakterizə olunur. Xəstələr zəiflik, performansın azalması, baş ağrısı, yuxu pozğunluğu, emosional fonun qeyri-sabitliyi hiss edirlər. Daimi əlamətlər arasında iştahanın azalması, dispeptik sindrom, sekresiyanın azalması ilə xroniki gastrit, safra diskinezi var. Radiasiya xəstəliyində endokrin disfunksiya libidonun azalması, qadınlarda menstrual pozuntular, kişilərdə iktidarsızlıq ilə ifadə olunur. Hematoloji dəyişikliklər qeyri-sabitdir və açıq şəkildə ifadə edilmir. Yüngül dərəcədə xroniki radiasiya xəstəliyinin gedişi əlverişlidir, nəticəsi olmadan bərpa etmək mümkündür.

Orta dərəcədə radial zədələnmə ilə daha aydın vegetativ-damar xəstəlikləri və astenik təzahürlər qeyd olunur. Başgicəllənmə, artan emosional labilitə və

həyəcanlılıq, yaddaşın zəifləməsi, huşunu itirmə hücumları mümkündür. Trofik pozğunluqlar birləşir: alopesiya, dermatit, dırnaq deformasiyaları. Ürək-damar xəstəlikləri davamlı arterial hipotansiyon, paroksizmal taxikardiya ilə təmsil olunur. Xroniki radiasiya xəstəliyinin II şiddəti hemorajik hadisələrlə xarakterizə olunur: çoxsaylı petexiya və ekimoz, təkrarlanan burun və diş əti qanaması. Tipik hematoloji dəyişikliklər lökopeniya, trombositopeniyadır; sümük iliyində - bütün hematopoetik cücərtilərin hipoplaziyası. Bütün dəyişikliklər davamlıdır.

Şiddətli radiasiya xəstəliyi bədənin bərpaedici imkanları ilə kompensasiya olunmayan toxumalarda və orqanlarda distrofik dəyişikliklərlə xarakterizə olunur. Klinik simptomlar mütərəqqi inkişafdır, əlavə olaraq intoksikasiya sindromu və yoluxucu ağırlaşmalar əlavə olunur. Sepsis. Kəskin astenizasiya, davamlı baş ağrısı, yuxusuzluq, çoxsaylı qanaxmalar və təkrar qanaxma, dişlərin boşalması və itirilməsi, selikli qişalarda ülseratif-nekrotik dəyişikliklər, ümumi keçəllik var. Periferik qan, biokimyəvi parametrlər, sümük iliyindəki dəyişikliklər dərindən ifadə olunur. Xroniki radiasiya xəstəliyinin son dərəcə ağır dərəcəsi olan IV-də patoloji dəyişikliklərin irəliləməsi davamlı və sürətlə baş verir və qaçılmaz ölümə səbəb olur.

✓ Radiasiya xəstəliyinin diaqnozu. Radiasiya xəstəliyinin inkişafı ilkin reaksiya mənzərəsi, klinik simptomların inkişafının xronologiyası əsasında qəbul edilə bilər. Radial zərərverici təsir faktının və dozimetrik nəzarət məlumatlarının diaqnozu asanlaşdırır.

Lezyonun şiddəti və mərhələsi periferik qan şəklinin dəyişməsi ilə müəyyən edilə bilər. Radiasiya xəstəliyi ilə lökopeniya, anemiya, trombositopeniya, retikulositopeniya, ESR artımı qeyd olunur. Biyokimyəvi parametrlərin analizində qanda hipoproteinemiya, hipoalbuminemiya, elektrolit pozğunluqları aşkar edilir. Miyelogramda hematopoezin şiddətli inhibisiya əlamətləri aşkar olunur. Radiasiya xəstəliyinin əlverişli gedişi ilə bərpa mərhələsində hematoloji dəyişikliklərin tərs inkişafı başlayır.

Digər laboratoriya və diaqnostik məlumatlar (dəri və selikli qişaların yaralarının qırıntılarının mikroskopiyası, sterillik üçün qan kulturası), instrumental tədqiqatlar (EEG, elektrokardiografiya, qarın orqanlarının ultrasəsi, kiçik çanaq,

tiroid bezi və s.), dar profilli mütəxəssislərin məsləhətləşmələri (hematoloq, nevroloq, gastroenteroloq, endokrinoloq və s.).

✓ Radiasiya xəstəliyinin müalicəsi. Kəskin radiasiya xəstəliyində xəstə aseptik şərait və yataq istirahətini təmin edərək steril bir qutuya yerləşdirilir. Prioritet tədbirlərə Pho Ras, dekontaminasiya (mədə yuyulması, lavman, dəri müalicəsi), antiemetik dərmanların tətbiqi, çökmənin aradan qaldırılması daxildir. Daxili radiasiya ilə məlum radioaktiv maddələri zərərsizləşdirən dərmanların tətbiqi göstərilir. Radiasiya xəstəliyinin əlamətlərinin görünməsindən sonrakı ilk gündə güclü detoksifikasiya terapiyası (duz, plazma əvəzedici və duz məhlullarının infuziyası), məcburi diurez aparılır. Nekrotizan enteropatiya hadisələri ilə aclıq, parenteral qidalanma, ağız mukozasının antiseptiklərlə müalicəsi təyin olunur.

Hemorragik sindromla mübarizə aparmaq üçün trombosit və eritrosit kütləsinin qan köçürülməsi aparılır. DIC-nin inkişafı ilə təzə dondurulmuş plazma, plazmaferez köçürülür. Yoluxucu ağırlaşmaların qarşısını almaq üçün antibiotik terapiyası təyin olunur. Sümük iliği aplaziyası ilə müşayiət olunan radiasiya xəstəliyinin ağır forması onun transplantasiyasının göstəricisidir. Xroniki radiasiya xəstəliyində terapiya əsasən simptomatikdir.

✓ Radiasiya xəstəliyinin proqnozu və qarşısının alınması. Radiasiya xəstəliyinin proqnozu alınan radiasiya dozasının kütləsi və zərərli təsir müddəti ilə birbaşa bağlıdır. Şüalanmadan 12 həftə sonra kritik bir müddət yaşayan xəstələrin əlverişli proqnoz şansı var. Bununla birlikdə, qanunsuz radiasiya zədələnməsi ilə belə, təsirlənənlər sonradan hemoblastoz, müxtəlif lokalizasiyanın bədxassəli neoplazmaları ilə qarşılaşa bilər və nəsillərdə müxtəlif genetik anomaliyalar aşkar edilə bilər. Radiasiya xəstəliyinin qarşısını almaq üçün radio emissiya zonasında olan şəxslər fərdi radiasiya qorunması və nəzarət vasitələrindən, bədənin radio həssaslığını azaldan radio qoruyucu dərmanlardan istifadə etməlidirlər. İonlaşdırıcı radiasiya mənbələri ilə təmasda olan şəxslər hemogramın məcburi nəzarəti ilə dövrü tibbi müayinələrdən keçməlidirlər.

## **2.3 Orqanizmin ionlaşdırıcı şüalardan qorunması yolları. Bədənin İonlaşdırıcı radiasiyadan qorunması**

Hər hansı bir ionlaşdırıcı radiasiya mənbəyi ilə işləmək (radioaktiv dərmanlar, nüvə reaktorları, rentgen və sürətləndirici qurğular, atom və termonüvə silahları və s.) işləyən işçilər və əhali üçün zəruri tədbirlərin istifadəsini nəzərdə tutur.

Bədənin ionlaşdırıcı radiasiyadan qorunması radiasiyadan bioloji qorunma adlanır. Radiasiyanın icazə verilən maksimum səviyyələri (PDU) daim dəqiqləşdirilmiş və vaxtaşırı nəzərdən keçirilən radiasiya təhlükəsizliyi normaları (NRB) ilə tənzimlənir (bax ionlaşdırıcı şüalanmanın dozası).

Bədənin ionlaşdırıcı radiasiyadan qorunması rentgen şüalarının (1895) və radioaktivliyin (1896) kəşfindən qısa müddət sonra tədqiqatçıların diqqət mərkəzinə gəldi. Radiasiya axınlarını icazə verilən maksimum dozalara (10-100)·10<sup>-9</sup>-a qədər artıran nüvə reaktorlarının yaradılması böyük qoruyucu strukturların (məsələn, beton qalınlığı 250-350 sm-ə qədər) yaradılmasını tələb etdi, bunların dəyəri müasir nüvə-texniki qurğularda bütün qurğunun ümumi dəyərinin 20-30% - ə çatır.

Bədənin ionlaşdırıcı radiasiyadan qorunması problemi iki aspekti əhatə edir: maddə ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində radiasiyanın zəifləməsinə əsaslanan "qapalı" radiasiya mənbələrinin (radioaktiv preparatlar, reaktorlar, rentgen və sürətləndirici qurğular) xarici axınlarından qorunma; biosferin "açıq" radioaktiv mənbələrin (nüvə silahı sınaq məhsulları, nüvə sənayesi tullantıları, "açıq" radioaktiv preparatlar və s.) insan orqanizminə birbaşa və ya su, bitki və ya heyvan qidası ilə daxil ola bilən radioaktiv maddələrlə çirklənməsindən qorunması.

Xarici axınlardan qoruyan qurğular bərk (radiasiya mənbəyini tamamilə əhatə edən və ya daha az qorunan ərazi), qismən (məhdud işçi qüvvəsi sahələri üçün zəifləmiş), kölgə (qorunan ərazini "kölgə" ilə məhdudlaşdıran, "atılan" qoruma ilə), ayrı (qismən radiasiya mənbəyini əhatə edən və ya qismən qorunan ərazi) bölünür.

Ümumiyyətlə, iqtisadi cəhətdən ən sərfəli və radiasiyanın müəyyən bir zəifləməsini təmin edən minimum çəki və ölçülərin qoruyucu quruluşlarının yaradılması tələb olunur. Radioaktiv dərmanlarla işləyərkən kiçik bir fəaliyyət

həmişə xüsusi qorunmaya ehtiyac duymur. Çünki nöqtə izotrop mənbəyindən gələn radiasiyanın intensivliyi onun fəaliyyəti, şüalanma vaxtı ilə birbaşa mütənəsbdir və mənbədən məsafənin kvadratına tərs mütənəsbdir, sonra bəzi hallarda mümkün qədər az (bu vəzifə üçün) fəaliyyət mənbəyi ilə məhdudlaşmaq və ondan qorunmadan maksimum məsafədə mümkün qədər qısa müddət istifadə etmək mümkündür.

A və b hissəciklərinin xarici axınlarından qorunması çətin deyil, çünki ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqə quraraq enerjisini tez itirirlər. Bir maddədə  $E_0$  (MeV-də) enerjisi olan radioaktiv izotopların a hissəciyinin yürüşü bərabərdir:

A və b hissəciklərinin xarici axınlarından qorunması çətin deyil, çünki ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqə quraraq enerjisini tez itirirlər. Bir maddədə  $E_0$  (MeV-də) enerjisi olan radioaktiv izotopların a hissəciyinin yürüşü bərabərdir:

$$R = \frac{0,178 \cdot 10^{-3}}{\rho} \sqrt{AE_0^3} \text{ sm},$$

Burada:  $\rho$  - q/sm<sup>3</sup>- də sıxlıqdır və A - maddənin atom kütləsidir. Alüminiumda  $E_0$  maksimum enerji  $\beta$  hissəciklərinin yürüşü  $R \approx 2E_0$  mm, havada  $R \approx 4E_0$  m. Radioaktiv izotoplar tərəfindən yayılan  $\alpha$  hissəciklərinin tam udulması üçün ümumiyyətlə bir vərəq, rezin əlcək və ya 8-9 sm hava kifayətdir,  $\beta$  hissəcikləri üçün bir neçə mm Al kifayətdir.  $\beta$  hissəcikləri halında, təbəqənin qalınlığının əyləc radiasiyasından qorunma təmin edib-etmədiyi yoxlanılmalıdır ki, bu da çıxışı azaltmaq üçün  $\beta$  hissəciklərindən qorunma yüngül materiallardan (pleksiglas, Al, adi şüşə) aparılır.

Gamma kvantları və neytronlar ən nüfuz edənlərdir. Müdafiədə səpilməmiş  $\gamma$ -kvantların və neytronların zəifləməsi Qanunu ("dar şüa") eksponensial asılılıq ilə təsvir olunur:

$$I_d = I_0 e^{-d\lambda} \quad (1)$$

Burada  $I_d$  və  $I_0$  — qoruma arxasında radiasiya intensivliyi (qalınlığı d) və onsuz,  $\lambda$  radiasiya enerjisindən və qoruyucu materialdan asılı olaraq e dəfə (istirahət uzunluğu) radiasiyanı zəiflədən materialın qalınlığıdır. Şüalanmanın qorunmasında səpilməmiş və dağılmış ("geniş şüa") nəzərə alınmaqla intensivliyi hesablamaq üçün

(1) düsturunda yığılma faktoru (səpilməmiş və dağılmış radiasiyanın ümumi intensivliklərinin səpilməmiş radiasiyaya nisbəti) adlanan bir amil təqdim olunur), radiasiya enerjisindən, mənbədən şüalanmanın həndəsəsindən və açısal paylanmasından, qoruma tərtibindən, tərkibindən və ölçüsündən, mənbənin qarşılıqlı istiqamətindən, şüalanmış obyektlərdən və qorunmadan asılıdır. Onun dəyəri bir neçə onluğa çata bilər.

Gamma radiyasiyası böyük atom ağırlıqları olan elementləri (volfram, qurğuşun, dəmir, çuqun və s.) olan materiallar tərəfindən daha çox sorulur; neytronlar — kiçik atom ağırlıqları olan elementləri (su, parafin, bəzi metal hidridlər, beton və s.) olan materiallar.  $>1$  MeV enerjisi olan neytronları yavaşlatmaq üçün nüvələrində qeyri-elastik neytron səpilməsinin baş verdiyi böyük A olan maddələrdən istifadə etmək məsləhətdir. Çünki təbiətdə  $\gamma$ -kvantları və neytronları eyni dərəcədə zəiflədən elementlər yoxdur, sonra nüvə texniki qurğularında qarışıq  $\gamma$ -və neytron radiyasiyasından qorunma kiçik və böyük atom ağırlıqları olan maddələrin qarışığı olan materiallar (məsələn, dəmir yolu, dəmir qurğuşun qarışıqları) tərəfindən həyata keçirilir. Struktur və iqtisadi səbəblərə görə stasionar qurğuların qorunması betonda tez-tez aparılır.

Qoruyucu quruluşun arxasındakı radiasiya intensivliyini hesablayarkən şüanın həndəsi fərqliliyi, qorunmada udma və təkrar səpələnmə, həmçinin mənbənin özündə radiasiyanın udulması və səpələnməsi nəzərə alınmalıdır. Müasir nüvə qurğularının qorunmasının hesablanması çətin bir işdir. Adətən kompüterlərdən istifadə etməklə istehsal olunur. Hesablayarkən, bütün növ ilkin və ikincil radiasiyanın töhfəsi nəzərə alınır. Məsələn, aşağı enerjili neytronların tutulması ümumiyyətlə sərt tutma  $\gamma$  radiyasiyasının meydana gəlməsi,  $\beta$  hissəciklərinin udulması-əyləc radiyasiyasının yaranması ilə müşayiət olunur. İkincil radiasiyanın nüfuz etmə qabiliyyəti tez-tez qorunmanın tam qalınlığını təyin edir, buna görə onu azaltmaq üçün müvafiq tədbirlər görülməlidir. Məsələn, tutma  $\gamma$  radiyasiyasını azaltmaq üçün qoruyucu materiallara litium və ya bor əlavə olunur.

Qoruyucu cihazların dizaynı zamanı radiasiyanın qorunmada heterojenliklərdən keçməsi nəzərə alınmalıdır (məsələn, nüvə reaktoru vəziyyətində

— təcili, tənzimləyici və kompensasiya edən çubuqlar, soyuducular və gecikdiricilər üçün boru kəmərləri, yükləmə, texnoloji və eksperimental kanallar, büzülmə lavaboları, qoruyucu bloklar arasındakı tikişlər və s.), bu da qorunmanın arxasındakı bəzi bölgələrdə radiasiya intensivliyini təyin edir. Qoruyucu qablar radioaktiv dərmanların saxlanması və daşınması üçün istifadə olunur.

Radioaktiv maddələrin insan orqanizminə daxil olmasından qorunmaq eyni dərəcədə vacibdir. Biosferin qorunması suda və havada radioaktiv maddələrin konsentrasiyasının icazə verilən həddə endirilməsi üçün xüsusi tədbirlər nəzərdə tutur. "Açıq" radiasiya mənbələri ilə iş təşkil edərkən işçi və köməkçi otaqların yerini və düzülüşünü düzgün seçmək, xüsusi təchiz olunmuş otaqlarda iş aparmaq, xidmət işçilərini fərdi qoruyucu vasitələrlə (kombinezonlar, pnevmatik kostyumlar, respiratorlar, xüsusi çəkmələr, örtüklər, əlcəklər və s.) təmin etmək, işçilərin şəxsi gigiyena tədbirlərinə riayət etməsinə ciddi nəzarət etmək, bərk, maye və qazlı radioaktiv tullantıların toplanması, saxlanması, emalı və ətraf mühitə atılmasını düzgün təşkil etmək və s.

İonlaşdırıcı radiasiya mənbələri ilə işin aparıldığı bütün müəssisələrdə işləyən işçilərin yenidən yayılmasının qarşısını almaq üçün dozimetrik və radiometrik nəzarət aparılır. "Qapalı" mənbələrlə işləyərkən bütün radiasiya növləri üçün fərdi dozalar ölçülür, iş yerlərində və bitişik otaqlarda dozaların tutumuna dövrü nəzarət edilir, böyük mənbələrlə işləyərkən avtomatik siqnalizasiya cihazları quraşdırılır. "Açıq" mənbələrlə işləyərkən, əlavə olaraq, iş yerlərinin havasındakı radioaktiv maddələrin tərkibinə nəzarət, işçilərin işçi səthlərinin, avadanlıqlarının, əllərinin və geyimlərinin çirklənməsinə nəzarət, çirkab suların və atmosfərə atılan havanın radioaktivliyinə nəzarət edilir.

Bədənin ionlaşdırıcı radiasiyadan qorunması ionlaşdırıcı radiasiyanın təsirindən əvvəl və ya zamanı bədənə daxil olan və şüalananların radio müqavimətini, yəni radiasiyanın təsirinə qarşı müqavimətini artırmağa yönəlmiş müxtəlif kimyəvi maddələrin köməyi ilə həyata keçirilə bilər. Radioprotektorlar şərti olaraq iki qrupa bölünə bilər: bədənin ümumi müqavimətini artıran maddələr və xüsusi radioprotektiv maddələr — Radioprotektorlar. Ümumi bioloji təsir vasitələri

bədənin təbii radio müqavimətini artırır. Radiasiyadan bir neçə gün və ya həftə əvvəl ümumiyyətlə zərərli, zəhərli hadisələrə səbəb olmayan miqdarda tətbiq olunurlar. Bu cür birləşmələrin qoruyucu təsiri ən çox heyvanların 20-70% - nin ölümünə səbəb olan radiasiya ilə ifadə olunur. Bu qrupun ən təsirli vasitələrinə lipopolisakkaridlər, amin turşuları və vitaminlərin birləşmələri, hormonlar, peyvəndlər və s. şüalanmadan əvvəl eksperimental heyvanlara bu cür birləşmələrin tətbiqi radiasiya xəstəliyinin gedişatını asanlaşdırır, sağ qalmağı artırır, metabolik proseslərin pozulma dərəcəsini, hematopoezi və s. azaldır. Bu vasitələrin qoruyucu təsiri, görünür, hipofiz-adrenal korteks sisteminin fəaliyyətinin artması, hematopoetik hüceyrələrin çoxalma qabiliyyətinin artması, retikuloendotelial sistemin stimullaşdırılması, bədənin immunoloji reaktivliyinin artması və s. bu vasitələr hüceyrələrdəki protein və nuklein turşularının sintezi proseslərini sürətləndirir, unikal genetik strukturların bərpasına kömək edir. Bu vasitələrin bədənin yalnız radiasiyanın təsirinə deyil, digər patogen təsirlərə qarşı müqavimətini artırma qabiliyyətini göstərən faktlar var.

Radioprotektorlar - süni radio müqaviməti vəziyyəti yaradan dərmanlar. Bunlara radiasiyadan bir neçə dəqiqə və ya saat əvvəl tətbiq edildikdə radiasiya əleyhinə təsir göstərən birləşmələr daxildir. Ən bariz qoruyucu təsir, heyvanların 80-100%-nin ölümünə səbəb olan ümumi şüalanma və ən çox tolerant (bir sıra zəhərli reaksiyalara səbəb olan) dozalarda radio qoruyucu istifadə edildikdə müşahidə olunur. Ən təsirli Radioprotektorlar arasında merkaptaminlər, indolilalkilaminlər, sintetik polimerlər, polinükleotidlər, mukopolisakkaridlər, siyanidlər, nitrillər və s. Kimyəvi birləşmələrin müxtəlif qruplarına aid bir neçə radio protektorunun ən təsirli qarışıqları. Minimum ölümcül dozada itlərin ümumi şüalanması şəraitində ən təsirli kimyəvi Radioprotektorlar heyvanların sağ qalmasını 60-80% artırır.

Bu birləşmələrin radiasiya əleyhinə təsiri radiosensitiv orqan və toxumalardakı dəyişikliklərin qarşısını almaq, hüceyrələrin bir hissəsinin çoxalma qabiliyyətini qorumaq qabiliyyətinə əsaslanır. Radioprotektorlar hematopoetik toxumaların kök hüceyrələrini ümumi bioloji təsir vasitələrindən daha çox qoruyur. Onların təsiri altında hematopoetik orqanlarda və bağırsaqlarda nekrobiotik proseslər zəifləyir,



xromosom dəyişiklikləri olan hüceyrələrin sayı azalır və mitotik fəaliyyətin daha sürətli bərpası baş verir. Bunun səbəbi radioprotektorların radiasiya zədələnməsinin ilkin fiziki-kimyəvi proseslərinə müdaxiləsi (kimyəvi cəhətdən aktiv sərbəst radikalların tutulması) ola bilər:

### *Ḣ və OH*

biostrat molekullarının fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindəki dəyişikliklər, onlara radio protektorları adsorbsiya etməklə, protektorların həyati molekulların radiolizinin labil ilkin məhsulları ilə qarşılıqlı təsiri, onların olmaması halında parçalanmaya məruz qalan və s.), həmçinin sonrakı mərhələlərdə radiasiya reaksiyasının gedişatında dəyişiklik (məsələn, xromosom yenidən qurulmasını aradan qaldıran bədənin Təmir sistemlərinin səfərbər edilməsi). Bəzi radioprotektorların təsir mexanizminin bədəndəki oksigen gərginliyini azaltmaq qabiliyyətinə əsaslandığı sübut edilmişdir. Radiolizin bəzi radikallarının və molekulyar məhsullarının meydana gəlməsinə mane olurlar, bunun nəticəsində radiasiya ilə zədələnmiş həyati molekulların oksigenlə oksidləşməsini istisna edən şərait yaradılır. Radioprotektorların qoruyucu təsir dərəcəsi deməkdir. Dərəcə şüalanmanın növündən, ümumi dozasından, gücündən və metodundan asılıdır. Radiasiya əleyhinə dərmanların effektivliyi "dozanın azaldılması amili" (fud) ilə qiymətləndirilir, yəni, qoruyucu agentin olması və olmaması ilə bərabər dərəcədə təsir göstərən dozalar arasında. Məməlilərdə ən böyük qorunma 2-yə uyğundur. Radiasiyadan əvvəl qorunma və sonrakı müalicənin birləşməsi ilə daha yüksək nisbətlər əldə edilir.

Ekspozisiya dozası 1 r/dəq ( $4.30 \cdot 10^{-6} \alpha/kq$ ) - dan aşağı olan heyvanların uzun müddət məruz qalması şəraitində hətta ən təsirli radio protektorları da profilaktik təsir göstərmir. Buna görə bu şəraitdə unikal genetik strukturların təmirinə kömək edən vasitələrin (məsələn, adenozin trifosfor turşusu) effektivliyi ilə bağlı yeni məlumatlar xüsusi diqqətə layiqdir. Buna görə də bədənin ionlaşdırıcı radiasiyadan qorunmasının əsas forması: atom enerjisinin dinc istifadəsi şəraitində, iş yerlərinin radiasiya səviyyəsinin icazə verilən maksimum dozaları aşmadığı şərtləri təmin edən dozimetrik nəzarətlə yalnız fiziki qorunma deyil, həm də dərman profilaktikası da

ola bilər. Xüsusilə insan orqanizminin təbii radio müqavimətini artıran və ona zərərli təsir göstərməyən vasitələrin istifadəsi perspektivli hesab edilir.

Radiasiya insan həyatının daimi yoldaşdır. Biz radiasiyanın hər yerdə olduğu bir dünyada yaşayırıq. Günəşdəki nüvə reaksiyalarının işığı və istiliyi bizim varlığımız üçün zəruri şərtlərdir. Ətraf mühətdə təbii mənşəli radioaktiv maddələr mövcuddur. Bədənimizdə  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$  radioaktiv izotoplar var. Yerdəki həyatın mənşəyi və sonrakı təkamülü radiasiyaya daimi məruz qalma şəraitində davam etdi.

Uzun ömürlü radioaktiv izotoplar: Təbiətdə, yarı ömrü Kainatın yaşı ilə müqayisə edilə bilən və ya ondan çox olan  $\sim 45$  radioaktiv izotop var ( $13,7 \cdot 10^9$  il). Cədvəl 2.3.1-də yarımxaricolma dövrü 109 ildən çox olan izotoplar verilmişdir. Uzunömürlü radioaktiv izotopların əksəriyyəti bir neçə ardıcıl parçalanma nəticəsində sabit izotoplara çevrilir.

Radioaktivlik fenomeni elm, texnologiya, tibb və sənayedə geniş istifadə olunur. Tibbi tədqiqatlarda rentgen şüaları və radioaktiv izotoplardan istifadə olunur. Lakin dərhal aydın oldu ki, radiasiya canlı orqanizmlər üçün potensial təhlükəli mənbədir. Böyük həcmdə süni radionuklidlər müdafiə sənayesi və nüvə energetikası müəssisələrində əlavə məhsul kimi əmələ gəlir. Ətraf mühitə düşdükdən sonra canlı orqanizmlərə mənfi təsir göstərirlər. Radiasiya təhlükəsinin düzgün qiymətləndirilməsi üçün ətraf mühitin çirklənməsinin miqyası, radiasiyanın təsirinin real mexanizmləri, nəticələri və mövcud qoruyucu tədbirlər haqqında aydın təsəvvür lazımdır.

Radiasiya ümumiləşdirilmiş bir anlayışdır. Buraya müxtəlif növ radiasiya daxildir, bəziləri təbiətdə olur, digərləri isə süni yolla əldə edilir. Hər şeydən əvvəl kütləsi sıfırdan fərqli olan hissəciklərdən ibarət korpuskulyar şüalanma ilə elektromaqnit şüalanmanı ayırd etmək lazımdır. Korpuskulyar şüalanma həm yüklü, həm də neytral hissəciklərdən ibarət ola bilər. Alfa şüalanması - qurğuşundan daha ağır olan elementlərin radioaktiv parçalanması zamanı yayılan və ya nüvə reaksiyalarında əmələ gələn helium nüvələrini təmsil edir. Beta şüalanması ən yüngüldən (neytrondan) ən ağırina qədər müxtəlif elementlərin beta parçalanması zamanı əmələ gələn elektronlar və ya pozitronlardır. Kosmik radiasiya.

Yarımparçalanma müddəti  $10^9$  ildən çox olan uzunömürlü radioaktiv izotoplar

| İzotop, kütlə sayı | Yarım ömrü, illər        | Çürümə kanalı                           | İzotop, kütlə sayı | Yarım ömrü, illər        | Çürümə kanalı   |
|--------------------|--------------------------|---|--------------------|--------------------------|-----------------|
|                    |                          | $\beta$ (89%),<br>$\varepsilon$ (11%)   |                    | $\geq 0,7 \cdot 10^{14}$ | $2\varepsilon$  |
|                    | $\geq 3 \cdot 10^{21}$   | $2\varepsilon$                          |                    | $\geq 0,9 \cdot 10^{14}$ | $2\varepsilon$  |
|                    |                          | $2\beta^-$                              |                    | $\geq 5 \cdot 10^{16}$   | $2\beta^-$      |
|                    |                          | $2\beta^-$ (75%),<br>$\beta$ (25%)      |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $\varepsilon$ (83%),<br>$\beta^-$ (17%) |                    |                          | $2\beta^-$      |
|                    | $\geq 1,3 \cdot 10^{18}$ | $2\varepsilon$                          |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 1,3 \cdot 10^{16}$ | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 2,3 \cdot 10^{20}$ | $2\varepsilon$                          |                    | $\geq 3,1 \cdot 10^{19}$ | $2\beta^-$      |
|                    |                          | $\beta^-$                               |                    |                          | $\beta^-$       |
|                    |                          | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $2\beta^-$                              |                    |                          |                 |
|                    |                          | $\beta^-$                               |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $\beta^-$                               |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 9,2 \cdot 10^{16}$ | $\varepsilon$                           |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $2\beta^-$                              | Yenidən-187        |                          | $\beta^-$       |
|                    | $\geq 5,0 \cdot 10^{23}$ | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 1,6 \cdot 10^{14}$ | $2\varepsilon$                          |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 5,8 \cdot 10^{22}$ | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 2,4 \cdot 10^{21}$ | $2\beta^-$                              |                    |                          | $\alpha$        |
|                    |                          | $2\varepsilon$                          |                    |                          | $\alpha$        |
|                    | $\geq 1,0 \cdot 10^{11}$ | $\varepsilon$                           |                    |                          | $\alpha$ (93%), |
|                    |                          |   |                    |                          | $\alpha$        |

Kosmosdan Yerə gəlir. Əsasən proton və helium nüvələrindən ibarətdir. Daha ağır elementlər 1%-dən az təşkil edir. Atmosferin dərinliyinə nüfuz edən kosmik şüalanma atmosferi təşkil edən nüvələrlə qarşılıqlı əlaqədə olur və ikinci dərəcəli

hissəciklərin (mezonlar, qamma kvantlar, neytronlar və s.) axınlarını əmələ gətirir. Neytronlar. Onlar nüvə reaksiyalarında (nüvə reaktorlarında və digər sənaye və tədqiqat obyektlərində, həmçinin nüvə partlayışlarında) əmələ gəlir. Parçalanma məhsulları. Nüvə reaktorlarından təkrar emal olunmuş yanacağın radioaktiv tullantılarında olur. Protonlar, ionlar. Əsasən sürətləndiricilərdə əldə edilir.

Elektromaqnit şüalanması geniş enerji diapazonuna və müxtəlif mənbələrə malikdir: atom nüvələrinin qamma şüalanması və sürətlənmiş elektronların bremsstrahlungası, radio dalğaları (Cədvəl 2.3.2.).

ədvəl 2.3.2

### Elektromaqnit emissiyalarının xüsusiyyətləri

|  | Dalğa uzunluğu, m |  | Radiasiya mənbəyi       |
|--|-------------------|--|-------------------------|
|  | -                 |  |                         |
|  |                   |  | ələrin qamma şüalanması |
|  |                   |  | Rentgen şüalanması      |
|  |                   |  | ənövşəyi radiasiya      |
|  |                   |  | ən işıq                 |
|  |                   |  | İnfraqırmızı şüalanma   |
|  |                   |  | Mikrodalğalı radiasiya  |
|  |                   |  | Mikrodalğalı soba       |
|  |                   |  | HF radio dalğaları      |
|  |                   |  | LF radio dalğaları      |

ə

brin orqan və toxumalarında hər bir mühitdə olduğu kimi şüalanma zamanı enerjinin uddulması nəticəsində atomların ionlaşması və həyəcanlanması prosesləri baş f

ndənin radiasiyaya reaksiyasında dörd fazanı ayırmaq olar. İlk üç sürətli fazanın

ö

v

r

əyişikliklər baş verir. Dördüncü yavaş mərhələdə bu dəyişikliklər hüceyrələrdə,

Atomların ionlaşması və həyəcanlanmasının birinci, fiziki mərhələsi  $10^{-13}$  s davam edir. İkinci, kimyəvi-fiziki mərhələdə,  $10^{-10}$  axan c, kimyəvi cəhətdən yüksək yaranmasına səbəb olur.  $10^{-6}$ s davam edən üçüncü kimyəvi fazada əmələ gələn

İlk üç fazanın təsvir olunan prosesləri əsasdır və radiasiya zədələnməsinin sonrakı inkişafını müəyyənləşdirir. Onlardan sonrakı dördüncü, bioloji fazada molekulardakı kimyəvi dəyişikliklər hüceyrə dəyişikliklərinə çevrilir. Radiasiyaya ən həssas olan hüceyrə nüvəsidir və ən böyük nəticələr irsi məlumatı ehtiva edən DNT-nin zədələnməsinə səbəb olur. Şüalanma nəticəsində udulmuş dozanın miqdarından asılı olaraq hüceyrə ölür və ya funksional olaraq qüsurlu olur. Dördüncü mərhələnin müddəti çox fərqlidir və şərtlərdən asılı olaraq, illərlə və hətta bir ömür boyu uzana bilər. Beta radiasiya daha çox nüfuz etmə gücünə malikdir. Havada beta hissəciklərinin diapazonu bir neçə metrə, bioloji toxumada isə bir neçə santimetrə çata bilər. Belə ki, havada enerjisi 4 MeV olan elektronların diapazonu 17,8 m, bioloji toxumada isə 2,6 sm-dir. Qamma şüalanması daha da yüksək nüfuz etmə gücünə malikdir. Xarici alfa və beta radiasiya, bir qayda olaraq, geyimdə və ya dəridə udulursa və radionuklidlər bədənə daxil olduqda, əsasən təhlükəlidirsə, xarici qamma şüalanması ilə bütün bədən ona məruz qalır. Bu, bir tərəfdən qamma radiasiyasından qorunmaq üçün xüsusi tədbirlərin görülməsini tələb edir, digər tərəfdən isə onun müxtəlif distant diaqnostika üsullarında istifadəsinə imkan verir.

**Neytronlar.** Termal neytronların təsirindən yaranan bioloji effekt əsasən  $H(n, \gamma) {}^2H$  və  ${}^{14}N(n, p) {}^{14}C$  prosesləri ilə bağlıdır. Bu reaksiyalar üçün kəşiklər müvafiq olaraq 0,33 və 1,76 anbardır. Bioloji toxumaya əsas təsir reaksiyada əmələ gələn protonların təsiri altında baş verir (n, p) və doğulduğu yerdə bütün enerjisini

itirir. Yavaş neytronlar üçün enerjinin çox hissəsi toxuma molekullarının həyəcanlanmasına və parçalanmasına sərf olunur. Sürətli neytronlar üçün elastik qarşılıqlı təsir zamanı toxumada enerjinin 90%-ə qədəri itirilir. Bu halda əsas proses neytronların protonlar tərəfindən səpilməsidir. Enerjinin sonrakı buraxılması mühitin geri çəkilmə protonları ilə ionlaşması nəticəsində baş verir.

Radiasiya dozaları və ölçü vahidləri. Pozulmanın şiddətinin şüalanma dozasının miqyasından asılılığı Cədvəl 2.3.3.-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.3.3

**Müxtəlif dozalarda radiasiyanın insan orqanizminə təsiri**

|  | <b>Səbəb və təsir</b>   |
|--|---|
|  | İllik təbii mənbələrdən alınan doza   |
|  | İllik peşə məruz qalmasının icazə verilən maksimum dozası   |
|  | Gen mutasiyalarının ikiqat artması  |
|  | Fövqəladə vəziyyətdə əsaslandırılmış riskin tək dozası  |
|  | Kəskin radiasiya xəstəliyinin dozası  |
|  | Müalicə edilməzsə, məruz qalanların 50% -i sümük iliği hüceyrələrinin fəaliyyətinin pozulması səbəbindən 1-2 ay ərzində ölür. |
|  | Əsasən mədə-bağırsaq traktının zədələnməsi səbəbindən ölüm 1-2 həftə ərzində baş verir.                                       |
|  | Ölüm mərkəzi sinir sisteminin zədələnməsi səbəbindən bir neçə saat və ya gündən sonra baş verir                               |

Şəxsi heyət və əhali üçün radiasiyadan mühafizə tədbirləri radiasiya tədbirlər bu təsirlərin baş verməsi üçün həddən aşağı olan dozaya məruz qalmanın çirklənmiş ərazinin əhalisinə məruz qalma dozasını azaltmaq üçün əlavə qoruyucu tədbirlər görülür və bunlara aşağıdakılar daxildir:

- sakinlərin köçürülməsi (müvəqqəti və ya daimi);
- çirklənmiş ərazinin özgəninkiləşdirilməsi və ya əhalinin bu ərazidə yaşamasının və fəaliyyətinin məhdudlaşdırılması.

## **III FƏSİL**

### **AZƏRBAYCANDA RADİOAKTİV ÇİRKƏNƏ SƏBƏBLƏRİ**

#### **3.1 Respublikamızda radiasiya fonu**

Azərbaycan şəraitində gördüyümüz günəş radiasiyasının optimal dozalarını aşmaq bütün orqanizm üçün tamamilə fərqli nəticələrə gətirib çıxarır. Həddindən artıq günəşə məruz qalma, xüsusilə kəskin yoluxucu xəstəliklərdən, eləcə də bədən istiliyinin yüksəlməsi ilə müşayiət olunan digər xəstəliklərdən əziyyət çəkənlərdə mənfi protein balansına səbəb ola bilər. Şüalanma qaraciyərdə və əzələlərdə glikogen şəklində şəkərin artmasına səbəb olur. Qanda az oksidləşmiş məhsulların (aseton cisimləri, süd turşusu və s.) miqdarı kəskin şəkildə azalır, asetilkolin əmələ gəlməsi artır və mübadiləsi dəyişir, insanın reproduktiv funksiyası pisləşir.

Beləliklə, konsepsiya və məhsuldarlıqla bağlı problemlər əmələ gəlir. İllik günəş radiasiyası  $4,7 \text{ kVt/m}^3/\text{günə}$  və təxminən  $5000\text{-}6500 \text{ MJ/m/il}$ -ə çatır. Ən yüksək insolyasiya zonaları Abşeron yarımadasında və Naxçıvan bölgəsindədir. Günəş radiasiyası müxtəlif bölgələrdə, məsələn, Böyük və Kiçik Qafqazın yüksək dağlıq zonalarında  $1900$  ilə  $2800$  arasında dəyişir. Abşeron yarımadası ildə təxminən  $1600 \text{ kVt/m}^3$  günəş radiasiyası alır.

Azərbaycanda günəş radiasiyasının intensiv olduğu üç yer: Pirallahı adası, Mingəçevir və Naxçıvan. Ölkəmiz üzərə fon radiasiyasını ölçmək üçün Bakıda yeddi və rayonlarda iki (Qazax və Beyləqan) analitik laboratoriya yaradılmışdır. Laboratoriyada avadanlıqlar ümumiyyətlə beynəlxalq layihələrin dəstəyi ilə yenilənir. 2005-ci ildə NDEM laboratoriyalarının gücləndirilməsi üçün dövlət büdcəsindən  $260000$  manat məbləğində birdəfəlik yardım ayrılıb.

Göydələnlərin tikintisi şəhərin radiasiya fonunu artırır - onkoloq N.Rəhimov deyir. Göydələnlərin özləri deyil, onların izdihamlı olması şəhərlərin radiasiya fonunu kəskin şəkildə artırır. Bunu yapon həkimlərinin araşdırmaları da təsdiqləyir. İnsanın immun sisteminin sıxışdırılmasında ən mühüm amillərdən biri radiasiyanın artmasıdır. Hamı radioaktiv şəhərlərdən qaçır, biz özümüz Bakını dağıtırıq. Bizim göydələnlərin radiasiya pasportu yoxdur. Abşeronda neft hasilatı zonasına yaxın kəndlərin sakinlərinin illik radioasiyaya məruz qalma dozası təbii fonun radioasiyaya məruz qalma dozasından  $5\text{-}100$  dəfə yüksəkdir. Beşdən yüzə qədər fərq kəndlərin işlənmiş neft avadanlıqlarının zibilliklərinə və neft göllərinə yaxınlığı ilə izah olunur.

Bakı sakinləri üçün radiasiya dozası aşağıdakı kimi bölüşdürülür:  $22\%$  - təbii fondan,  $45\%$  - neftlə birlikdə buraxılan radon qazının çürümə məhsulları,  $35\%$  - tibbi müayinələr,  $0,3\%$  - atom elektrik stansiyaları və digər istilik mənbələr. Nazirlər Kabinetinin 1 iyun 1993-cü il tarixli 343 nömrəli qərarına uyğun olaraq bütün sərhəd zastavaları və gömrük məntəqələri radiasiya sensorları ilə təchiz edilməli və bütün məhsullar bu sensorlarla yoxlanılmalıdır.

Radiasiya monitorinqinin tətbiqi antropogen şüalanmanın həddi səviyyəsini azaltmağın yeganə yoludur. Abşeronda neft quyularının qazılması və istismarı



prosesində radon qaz tutucularının quraşdırılmasına ehtiyac var. Səhiyyədə prioritet məsələlərdən biri bütün ölkə üzrə onkoloji xidmət proqramının yaradılmasıdır. Ona görə də vətəndaşların sağlamlıq pasportlarına ehtiyacı var. Xüsusilə təhlükəsizlik sertifikatları yaradılsa. Ölkəmizə idxal olunan ərzaq məhsullarının 85%-ə qədərinin təhlükəsizlik sertifikatı yoxdur. Bizim sadələvh televiziyamız bu sertifikatları olmayan məhsulları reklam edir. Yəni lazımi gigiyenik yoxlamalardan keçməmiş mallar reklam olunur. Gömrükdə bu eyni təhlükəsizlik sertifikatları ümumiyyətlə tələb olunmur.

Azərbaycan atom dövləti deyildir. Respublikamızda nə AES, nə də nüvə silahı var. Radioaktiv şərait burada müəyyən vaxta qədər təbii amillərin təsiri nəticəsində formalaşmışdır və bu səbəbdən ayrı-ayrı ərazilərdə spesifik xüsusiyyətlərə malikdir. Məsələn, Abşeron yarmadasının dəniz sahili ərazilərindəki qumsaq sahələr gilli sahələrdən daha az radiasiyaya sahibdir. Daha bir misal, yaşıllıq ərazilərdə radiasiya bitki örtüyü olmayan ərazilərlə müqayisədə daha aşağıdır. Son 25 ildə ölkədə radiasiya fonu daha da artmışdır. Bunun da bir çox səbəbləri vardır: kiçik çaylarımızın çirklənməsi və Kür-Araz çaylarına tökülməsi, eləcə də Mesamor AES radioaktiv tullantılarının ətraf mühətə vurduğu zərbə.

Azərbaycanda radiasiya fonunun atmağına səbəb olmuş və ola biləcək obyektlər bunlardır: Ermənistanda və Rostovda olan atom elektrik stansiyaları; Kazaxıstandakı atom yeniləmə zavodu; Çernobil AES; İran və İraqdakı atom obyektləri; Şərqi və Mərkəzi Asiyadakı atom silahı sınaqları. Eləcə də, Azərbaycanda radiasiya mənbəyi olan obyektlərdə külli miqdarda radioaktiv tullantı toplanmışdır. Bu hərbi obyektlərin çoxu öz nominal xüsusiyyətlərin itirmişdirlər və əhalinin sağlamlığı üçün təhlükə mənbəyidirlər. Neft əldə etmək üçün bəzi qurğular özləri də radiasiya mənbəyidir.

### **3.2 Radioaktiv tullantıların potensial həlli yolları**

Tullantıların idarə edilməsi strategiyasını və ya texnologiyasını seçməzdən əvvəl tullantıların mənbəyini və tullantıların əmələ gəlmə sürətini, həmçinin tullantıların həcmi və xüsusiyyətlərini etmək və anlamaq lazımdır. Bu, son tullantı

formasının seçilmiş utilizasiya marşrutu ilə uyğun olmasını təmin edən müvafiq müalicə strategiyasının seçilməsinə imkan verir. Xüsusiyyətlər başa düşüldükdən sonra tullantılar utilizasiya üçün uyğun formaya çevrilməlidir. İlk addım tullantıları emal üçün hazırlamaqdır. Buraya çirklənmiş əşyaları çirklənməmiş əşyalardan ayırmaq üçün ayırmaq, sonrakı emalı asanlaşdırmaq üçün pH kimi kimyəvi xüsusiyyətlərin azaldılması və ya tənzimlənməsi daxil ola bilər. Zərərsizləşdirmə prosesi həm də ilkin müalicə fəaliyyətlərində istifadə edilə bilər,

Tullantılar düzgün hazırlandıqdan sonra növbəti addım emaldır. Ümumiyyətlə, təmizlənmə proseslərinin məqsədi təhlükəsizliyi artırmaq və ya saxlama və ya utilizasiya kimi sonrakı idarəetmə addımlarının dəyərini azaltmaq üçün radioaktiv tullantıların miqdarını azaltmaqdır. Emal adətən iki axınla nəticələnir: sonradan saxlanmaq və utilizasiya üçün şərtləndiriləcək radionuklidlərin əksəriyyətini ehtiva edən kiçik həcmli axın və radioaktiv olmayan tullantılar kimi utilizasiya və ya utilizasiya üçün aşağı axına göndərilə bilən daha böyük həcmdə zərərsizləşdirilmiş axın.

Tullantıların xarakterindən və seçilmiş utilizasiya sahəsinin tullantı formasının tələblərindən asılı olaraq müxtəlif tullantıların təmizlənməsi üsullarından istifadə oluna bilər. İki tipik nümunə bərk tullantıların yandırılması və maye tullantıların buxarlanmasıdır. Yandırma kiçik həcmli küldə radioaktivliyi cəmləşdirməklə bərk tullantıların həcmi azaltda da, maye tullantıların buxarlanması nəticəsində az miqdarda radioaktiv maye konsentrat əmələ gəlir. Sonrakı kondisioner mərhələsində kül və ya maye konsentrat əlavə emaldan keçir, onu dəyişdirir.

Kondisioner tullantılarla bağlı riski azaldır və tullantıları sonrakı emal, daşınma, saxlama və utilizasiya üçün hazırlayır. Adətən tullantıların sement tozu və su ilə qarışdırılması yolu ilə istehsal olunur, bundan sonra qarışıq uyğun bir qabda bərkiyir. Alternativ kondisioner üsulları radionuklidlərin şüşə, asfalt, polimer və ya mineral matrisdə immobilizasiyasını nəzərdə tutur. Bütün bu üsullar radionuklidlərin miqrasiya və ya dispersiya nəticəsində ətraf mühitə daxil olma ehtimalını azaldır. Belə emalın son məhsulu konteynerə bağlanmış immobilizasiya olunmuş tullantılar olan radioaktiv tullantılar olan paketdir.

Radioaktiv tullantıların və işlənmiş nüvə yanacağıının artıq insan sağlamlığı və ya ətraf mühit üçün potensial təhlükə yaratmayan tullantı kimi elan oluna biləcəyi müddət geniş şəkildə dəyişə bilər. Bəzi radioaktiv tullantı növləri üçün bir neçə ay və ya il, yüksək səviyyəli tullantılar üçün minilliklər və işlənmiş yanacaq üçün yüz minlərlə il ola bilər. Buna görə də hökumətlər və vətəndaşlar qısa və uzunmüddətli təhlükəsizliklə bağlı başa düşülən narahatlıqlara malikdirlər.

Uzunmüddətli perspektivdə təhlükəsizliyə utilizasiya yolu ilə nail olunur və müvafiq utilizasiya qurğusu yaradılana qədər olan müddətdə təhlükəsiz rəftar saxlama yolu ilə təmin edilir. Bu problemin təhlükəsiz davamlı həlləri bütün dünyada tətbiq olunsada və ya hazırlansada, eyni həlli başqa yerlərdə təkrarlamaq heç vaxt kifayət etmir. Hər bir obyekt üçün təhlükəsizlik qiymətləndirilməli və təhlükəsizlik işi ilə dəstəklənən lisenziya ərizəsi səlahiyyətli orqan tərəfindən nəzərdən keçirilməlidir. Beləliklə, başa düşülənləri nəzərə almağa tam zəmanət verilir.

Göydələnlərin tikintisi şəhərin radiasiya fonunu artırır - onkoloq N.Rəhimov deyir. Göydələnlərin özləri deyil, onların izdihamlı olması şəhərlərin radiasiya fonunu kəskin şəkildə artırır. Bunu yapon həkimlərinin araşdırmaları da təsdiqləyir. İnsanın immun sisteminin sıxışdırılmasında ən mühüm amillərdən biri radiasiyanın artmasıdır. Hamı radioaktiv şəhərlərdən qaçır, biz özümüz Bakını dağıdırıq. Bizim göydələnlərin radiasiya pasportu yoxdur.

Abşeronda neft hasilatı zonasına yaxın kəndlərin sakinlərinin illik radioaktiv məruz qalma dozası təbii fonun məruz qalma dozasından 5-100 dəfə yüksəkdir. Beşdən yüzə qədər fərq kəndlərin işlənmiş neft avadanlıqlarının zibilliklərinə və neft göllərinə yaxınlığı ilə izah olunur.

Bakı sakinləri üçün radiasiya dozası aşağıdakı kimi bölüşdürülür: 22% - təbii fondan, 45% - neftlə birlikdə buraxılan radon qazının çürümə məhsulları, 35% - tibbi müayinələr, 0,3% - atom elektrik stansiyaları və digər istilik mənbələri.

Nazirlər Kabinetinin 1 iyun 1993-cü il tarixli 343 nömrəli qərarına uyğun olaraq bütün sərhəd zastavaları və gömrük məntəqələri radiasiya sensorları ilə təchiz edilməli və bütün məhsullar bu sensorlarla yoxlanılmalıdır.

Radiasiya monitorinqinin tətbiqi antropogen şüalanmanın həddi səviyyəsini azaltmağın yeganə yoludur. Abşeronda neft quyularının qazılması və istismarı prosesində radon qaz tutucularının quraşdırılmasına ehtiyac var.

Səhiyyədə prioritet məsələlərdən biri bütün ölkə üzrə onkoloji xidmət proqramının yaradılmasıdır. Ona görə də vətəndaşların sağlamlıq pasportlarına ehtiyacı var. Xüsusilə təhlükəsizlik sertifikatları yaradılsa.

Ölkəmizə idxal olunan ərzaq məhsullarının 85%-ə qədərinin təhlükəsizlik sertifikatı yoxdur. Bizim sadələvh televiziyamız bu sertifikatları olmayan məhsulları reklam edir. Yəni lazımi gigiyenik yoxlamalardan keçməmiş mallar reklam olunur. Gömrükdə bu eyni təhlükəsizlik sertifikatları ümumiyyətlə tələb olunmur.

Ekoloqlar təbii fon radiasiyasının ən yüksək səviyyəsini Şəki-Zaqatala və Şamaxı-Quba zonalarında müşahidə edirlər ki, bu zonalarda radiasiya səviyyəsi saatda 12-26 mikrorentgenə çata bilər.

Qeyd edək ki, Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin son hesablamalarına görə, Bakıda və Abşeron yarımadasında radiasiyanın səviyyəsi saatda 8-13 mikrorentgen, Naxçıvanda isə bu rəqəm 12-ə çatır. Saatda 15 mikrorentgen, Daşkəsən-Gədəbəy zonasında 7-10, Qazax-Gəncə-Ağdam-Füzuli zonasında 6-11, Mərkəzi Aran ərazisində 6-13, cənubda isə Lənkəran-Astara zonası - saatda 9-16 mikrorentgen.

“Azərbaycanda nüvə reaktorları və atom elektrik stansiyaları yoxdur. Bununla belə, ölkədə radiasiyanın səviyyəsi yüksəkdir” bunu Avropa İttifaqının nümayəndəsi Yurgen Uilyams Avropa İttifaqı tərəfindən maliyyələşdirilən radiasiya təhlükəsizliyi layihəsinin yekunlarına həsr olunmuş təbirdə deyib. 2014-cü ilin mayında Azərbaycan Prezidentinin sərəncamı ilə Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin tabeliyində Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi yaradılıb.

Metsamor AES bizim üçün hələ də çox təhlükəlidir. Əvvəlcə Avropa İttifaqı Metsamor şəhəri yaxınlığında tikilmiş Ermənistan AES-in konservasiyası və ya modernləşdirilməsində təkid edirdi və bunun üçün pulsuz olaraq 200 milyon avro ayırmağa hazır idi (Avroatom-Ermənistan Enerji Nazirliyi danışıqları, 2007). Lakin sonradan Aİ stansiyanın beynəlxalq təhlükəsizlik tələblərinə tam cavab verməsi

üçün təkmilləşdirilməsinin mümkün olmadığını etiraf etdi və onun bağlanması üçün şərt qoydu. Problem yalnız alternativ enerji mənbələrinin tapılmasında və stansiyanın bağlanma vaxtının müəyyən edilməsindədir. Məsələnin həlli yeni AES-in tikintisi ola bilər, onun dəyəri bəzi hesablamalara görə 5 milyard dollar təşkil edəcək, lakin Ermənistan bununla razılaşmır.

Qəbələ RLS-ə yaxın kəndlərdə radiasiyaya davamlı qoz ağaclarının yarpaqlarında dəliklərin əmələ gəldiyi qeyd edilib. RLS-ə bitişik Kiçik Əmili kəndində isə stansiyanın radiasiyasından artıq havada əridiyindən qar yağması heç vaxt müşahidə olunmur. Qəbələ rayonu Bakıdan 220 kilometr şimal-qərbdə yerləşir.

Azərbaycanın Qəbələ və ona bitişik Ağdaş, Göyçay, Ucar, İsmayıllı, Kürdəmir rayonlarında RLS-in fəaliyyəti nəticəsində son beş ildə xərcəngə yoluxanların sayı 9 dəfə, əsəb xəstəlikləri 14 dəfə, böyrək xəstəlikləri 13 dəfə, qan dövranı xəstəlikləri 7 dəfə, anadangəlmə əlillərin sayı 19 dəfə artmış, vaxtsız ölüm və sonsuzluq hallarının sayı artmışdır. Sakinlər deyirlər ki, əhalinin sağlamlığı ilə məşhur olan rayon indi təkcə yaşlı əhali arasında deyil, gənclər arasında da xəstəlik rekordları qırır.

Azərbaycan şəraitində gördüyümüz günəş radiasiyasının optimal dozalarını aşmaq bütün orqanizm üçün tamamilə fərqli nəticələrə gətirib çıxarır.

Həddindən artıq günəşə məruz qalma, xüsusilə kəskin yoluxucu xəstəliklərdən, eləcə də bədən istiliyinin yüksəlməsi ilə müşayiət olunan digər xəstəliklərdən əziyyət çəkənlərdə mənfi protein balansına səbəb ola bilər.

Şüalanma qaraciyərdə və əzələlərdə glikogen şəklində şəkərin artmasına səbəb olur. Qanda az oksidləşmiş məhsulların (aseton cisimləri, süd turşusu və s.) miqdarı kəskin şəkildə azalır, asetilkolin əmələ gəlməsi artır və maddələr mübadiləsi dəyişir, insanın reproduktiv funksiyası pisləşir. Beləliklə, konsepsiya və məhsuldarlıqla bağlı problemlər.

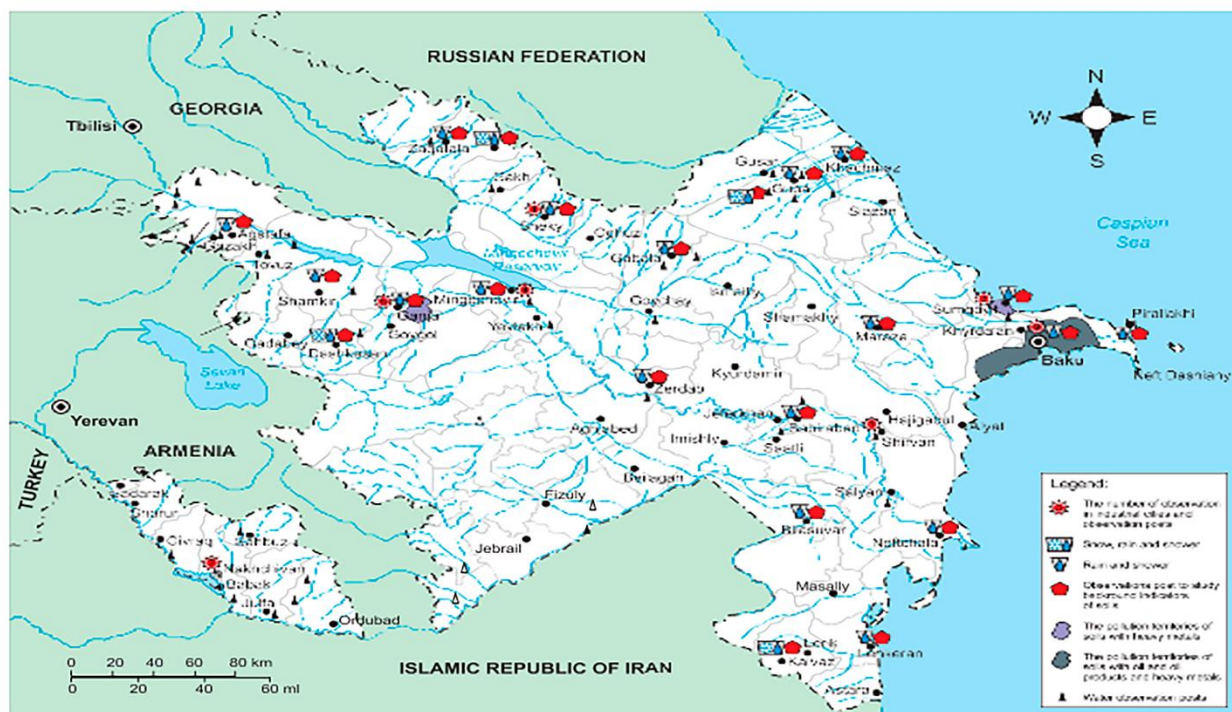
İllik günəş radiasiyası  $4,7 \text{ kVt/m}^3/\text{günə}$  və təxminən  $5000\text{-}6500 \text{ MJ/m/il-ə}$  çatır. Ən yüksək insolyasiya zonaları Abşeron yarımadasında və Naxçıvan bölgəsindədir. Günəş radiasiyası müxtəlif bölgələrdə, məsələn, Böyük və Kiçik Qafqazın yüksək

dağlıq zonalarında 1900 ilə 2800 arasında dəyişir. Abşeron yarımadası ildə təxminən 1600 kVt/m<sup>3</sup> günəş radiasiyası alır.

Azərbaycanda günəş radiasiyasının intensiv olduğu üç yer: Pirallahı adası, Mingəçevir və Naxçıvandır.

2009-cu ildə NDEM fon radiasiya səviyyəsini ölçən stansiyaların ümumi sayı artmışdı. Bundan əlavə, 2009-cu ildə texniki əməkdaşlıq razılaşması ilə Beynəlxalq Atom Enerjisi Agentliyi (MAQATE) Azərbaycanda fona nəzarət etmək üçün avtomatlaşdırılmış radioaktivlik sistem yaradıb. Hər 30 dəqiqədən bir 6 müşahidə məntəqəsi NDEM-ə və Fövqəladə Halların İdarəetmə Mərkəzinə məlumat verir. Ümumilikdə radioaktivliyin monitorinqi Şəbəkəsi Xəritə 3.2.2-də təqdim edilmişdir.

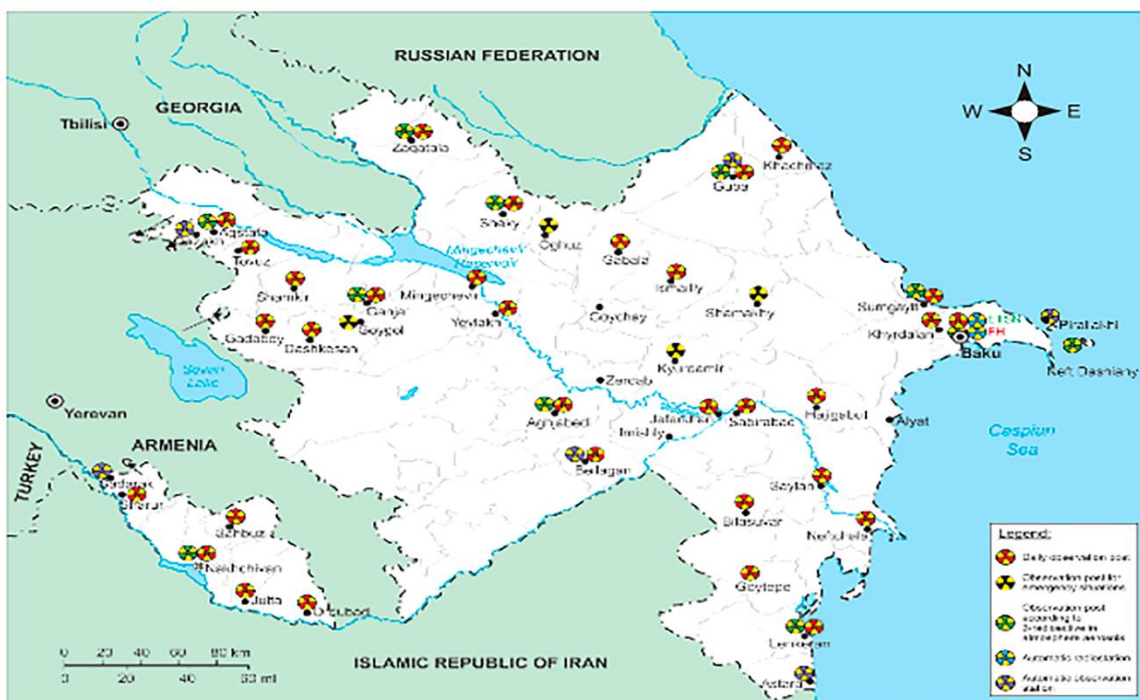
Analitik laboratoriyalar. NDEM mərkəzi analitik laboratoriya (Mərkəz Ekoloji Çirklənmə Monitorinq) ibarətdir Bakıda yeddi və rayonlarda iki (Qazax və Beyləqan) analitik laboratoriyalar. Yeddidən Bakı laboratoriyalar, beş (hava, yağıntı, su, sollar və ölçmə alətləri) akkreditə edilmişdir. Digər ikisinin akkreditasiyası (radioaktivlik və mikrobiologiya) edir gözləyən. Laboratoriya avadanlıqlar ümumiyyətlə, beynəlxalq layihələrin dəstəyi ilə yenilənir. 2005-ci ildə NDEM laboratoriyalarının gücləndirilməsi üçün dövlət büdcəsindən 260.000 manat məbləğində birdəfəlik yardım ayrılıb. 2010-cu ildə NDEM-ə səyyar analitik laboratoriyanın alınması üçün dövlət büdcəsindən vəsait ayrılması nəzərdə tutulur. İlk EPR-dən bəri, Ca spian Ətraf Mühit Proqramı (CEP) çərçivəsində və beynəlxalq donorların dəstəyi ilə Xəzər Kompleks Monitorinq İdarəsinin analitik laboratoriyası xeyli miqdarda analitik avadanlıq və nümunə götürmə vasitələri əldə etmişdir. Bu laboratoriya akkreditə olunub və alətlər sertifikatlaşdırılıb.



Xəritə 3.2.1: Əsas şəbəkələrin ekoloji monitorinqi

**Mənbə:** Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi, 2010

Azərbaycanda radon probleminin həlli perspektivləri. Radonun insanlara radioekoloji təsiri problemi 80-ci illərin əvvəllərində yaranmışdır. ABŞ-da aparılan genişmiqyaslı tədqiqatlar göstərdi ki, bəzən daxili radon səviyyələri uran mədənciləri üçün müəyyən edilmiş maksimum icazə verilən konsentrasiya səviyyəsini belə üstələyir. 1987-ci ildə radon və onun parçalanma məhsulları Beynəlxalq Xərçəng Araşdırmaları Agentliyinin mütəxəssisləri tərəfindən insanlar üçün kanserogen elementlər qrupuna aid edildi.



əritə 3.2.2: Radiasiya fonu  $\beta$ -radioaktivliyin avtomatik qiymətləndirilməsi

Sərhədlər və adlar göstərilməklə bu xəritə Birləşmiş Millətlər Təşkilatı tərəfindən rəsmi təsdiq edilmişdir.

Beynəlxalq Radiasiyadan Mühafizə Komitəsinin məlumatına görə, insanların təbii radioaktiv mənbələrə məruz qalmasının ümumi dozasının 50-75%-i radonun payına düşür. Bir çox ölkələrdə radon siqaretdən sonra ağciyər xərçənginin ikinci aparıcı səbəbidir. Siqaret çəkməyənlər arasında ağciyər xərçənginin əsas səbəbidir.

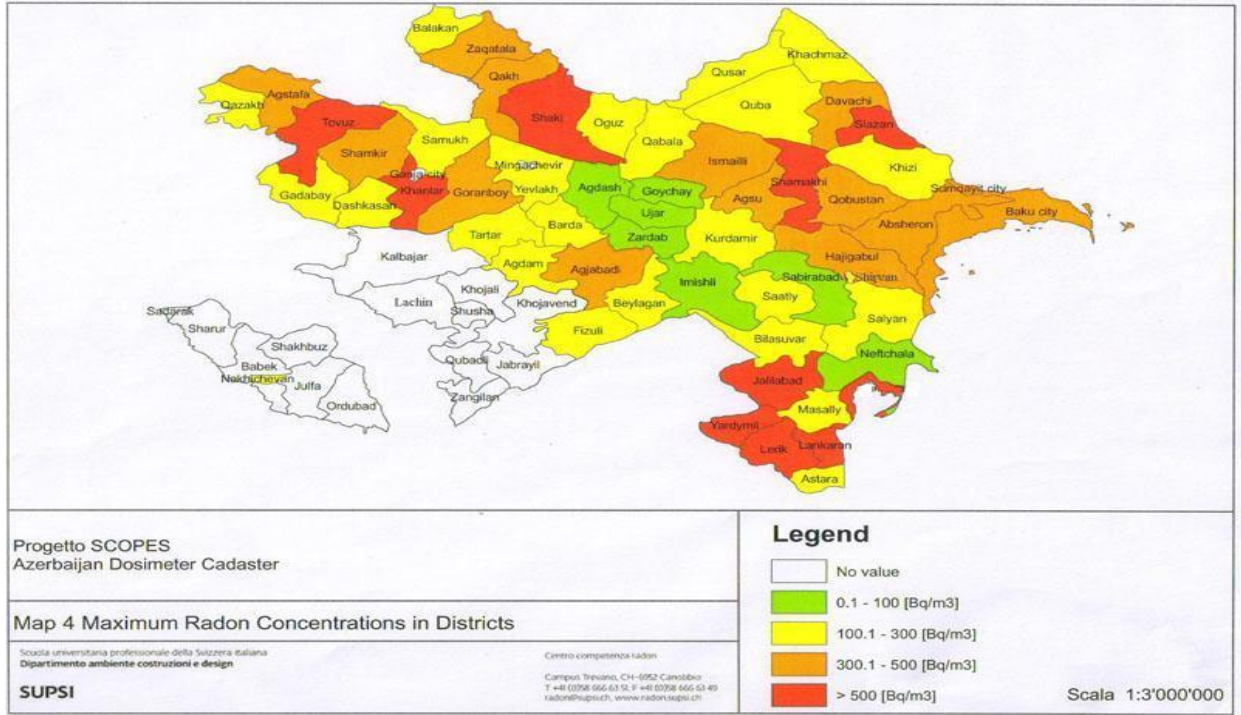
Radonun insan sağlamlığı üçün təhlükəsini nəzərə alaraq, 2010-2012-ci illərdə İsveçrə Milli Elm Fondunun (SNSF) maliyyə dəstəyi ilə İsveçrə alimləri [Radon Səlahiyyət Mərkəzi (RCC), Cənubi İsveçrə Tətbiqi Elmlər Universiteti (SUPSI)] və Azərbaycan (Geologiya İnstitutu) Azərbaycanda radon kadastrının yaradılması layihəsini birgə həyata keçirib. Bu layihənin şəbəkəsində Azərbaycanın yaşayış məntəqələrində 2500 radon detektoru quraşdırılıb. Layihənin əsas məqsədi Azərbaycan ərazisi üzrə radon kadastrının və radon həcm aktivliyi xəritəsinin yaradılması və onun təhlili olmuşdur.

Tapıntıların işlənməsi nəticəsində xəritələr quruldu:



- Azərbaycanın müxtəlif inzibati rayonları üzrə radon həcmi aktivliyinin paylanması xəritəsi (orta dəyərlər);

- Azərbaycanın müxtəlif inzibati rayonları üzrə maksimal radon konsentrasiyalarının paylanması xəritəsi (Şək.3.2.1).



Şəkil 3.2.1 Azərbaycanın müxtəlif inzibati rayonları üzrə maksimal radon konsentrasiyalarının paylanması xəritəsi

R

a

d Azərbaycanada ilk dəfə olaraq yaşayış məntəqələrində radonun səviyyəsinin yalnız bir hissəsidir. Radon səviyyəsi yüksək olan evlərdə yaşayan insan sağlamlığı xaricdə bu problemin həlli texnologiyası işlənib hazırlanmış və geniş şəkildə mənimsənilmişdir. Xüsusilə, İsveçrədə belə işlər uğurla həyata keçirilir.

n

n

o

c

ində Geologiya İnstitutunun əməkdaşları isveçrəli həmkarları ilə birlikdə Azərbaycanada radon probleminin həlli istiqamətində aparılan araşdırmaların davam

d

a

etdirilməsi üçün maliyyə dəstəyi üçün yenidən SNSF-ə müraciət ediblər. İkinci mərhələnin əsas məqsədi Avropada, xüsusən də İsveçrədə uğurla tətbiq olunan

Azərbaycan və isveçrəli alimlərin qeyd olunan birgə təşəbbüsü 2013-cü ildə

a

q

l B

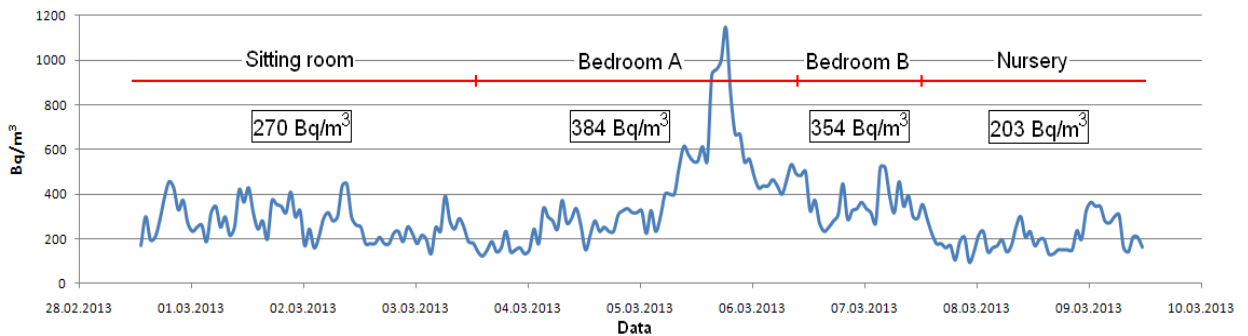
a

işlərin həyata keçirilməsi üçün Şənaq və Səmədovların təşəbbüsü ilə seçilmiş, havalandırılmır). Belə ventilyasiyanı həyata keçirmək üçün zirzəmidə ventilyatorlar quraşdırılmışdır.

a

n Yaşayış məntəqəsində quraşdırılmış ventilyasiya sistemi işə salınmazdan əvvəl aparılmışdır. Şəkil 3.2.2-də yaşayış otağında radon konsentrasiyası dəyişikliklərinin əvvəlindən birinin nümunəsini göstərir.

a



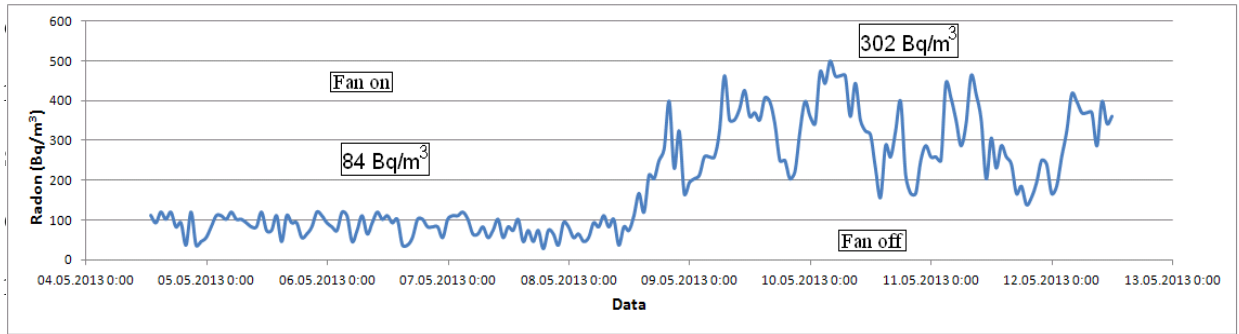
11

Şəkil 3.2.2 Yaşayış otağında radon konsentrasiyası dəyişiklikləri konsentrasiyalarının azaldılması texnologiyalarından birinin aprobeiyası olub.

Şəkildən görüldüyü kimi bütün tədqiq edilən otaqlarda icazə verilən konsentrasiyanın ən təhlükəli həddi (5 dəfədən çox) müşahidə edilmişdir. Bu baxımdan radon konsentrasiyasının azaldılması üçün ventilyasiya sisteminin

Şəkil 3.2.3-də aktiv və işlək olmayan ventilyatoru olan yataq otağı A-da radon

k



t

Şəkil 3.2.3 Yataq otağında radonun konsentrasiyası əyrisi A

r

a

s

Şəkil 3.2.3-də

görüldüyü kimi, ventilyator işə salındıqda radonun konsentrasiyası demək olar ki, 5-6 dəfə azalır.

Tamamlanmış işlər

Azərbaycanda ümumən radon problemlərinin və onun həlli üçün tələb olunan əlavə tədqiqatlar və fəaliyyətlər kompleks müəyyən edilmişdir:

1

ə

• Azərbaycanın regional radon yatağının təbiəti məhdud sayda yaşayış obyektlərində quraşdırıldığından, yaşayış məntəqələrində radon ölçmələrinin aparılması məqsədilə anomal zonalarda müfəssəl işlərin aparılmasının daha real mənzərəsini müəyyən etmək üçün;

1

• Birinci bənd başa çatdıqdan sonra radon miqdarı yüksək olan evlərdə yaşayan əhəlinin ağciyər xərçəngi riskinin azaldılması istiqamətində işlərin aparılması vacibdir. Bunun üçün ventilyasiya sistemi üçün xüsusi avadanlıq tələb

g

s

• Uzun müddət radon səviyyəsi yüksək olan evlərdə yaşayan əhəlinin sağlamlığının yoxlanılması üçün aşağıdakılar vacibdir:

t

ə

r

a

1

n

l

Ø

1

m

r

a

h



- Azərbaycanın regional radon yatağının təbiəti məhdud sayda yaşayış obyektlərində quraşdırıldığından, yaşayış məntəqələrində radon ölçmələrinin aparılması məqsədilə anomal zonalarda müfəssəl işlərin aparılmasının daha real mənzərəsini müəyyən etmək üçün;

- Birinci bənd başa çatdıqdan sonra radon miqdarı yüksək olan evlərdə yaşayan əhalinin ağciyər xərçəngi riskinin azaldılması istiqamətində işlərin aparılması

- Uzun müddət radon səviyyəsi yüksək olan evlərdə yaşayan əhalinin sağlamlığının yoxlanılması üçün aşağıdakılar vacibdir:

a

n

u

m

**a** Aydındır ki, təsirlənmiş problem böyük ekoloji və sosial dəyəərə malikdir, **h**irgə söylərinə təcili ehtiyac var.

**n**onalarda əhali arasında ağciyər xərçəngi ilə xəstələnmənin statistik təhlilinin **d**əqiqliyini və Azərbaycan artıq konsentrasiyası ilə müqayisədə yaşayan əhalinin selektiv

### **Aktiv təcrübə əsasında qeyri-xətti regressiya modelinin qurulması**

Giriş və çıxış parametrləri arasında asılılıq (kimyəvi texnoloji sistemlərin) aşkar şəkildə qeyri-xətti şəkildə olduqda, çevirmə matrisinin əmsalları tapmaq üçün 1-ci dərəcəli plandan istifadə edilə bilməz. Bu halda obyektin riyazi ifadəsini almaq üçün **kompozisiya planından** istifadə edilir (2-ci dərəcəli). Məsələn, ortoqonal mərkəzi kompozisiya planı. Kimyəvi texnoloji sistemlərin elementlərinin ifadəsi 2-ci dərəcəli çoxhədli tənliyi şəkildə olur:

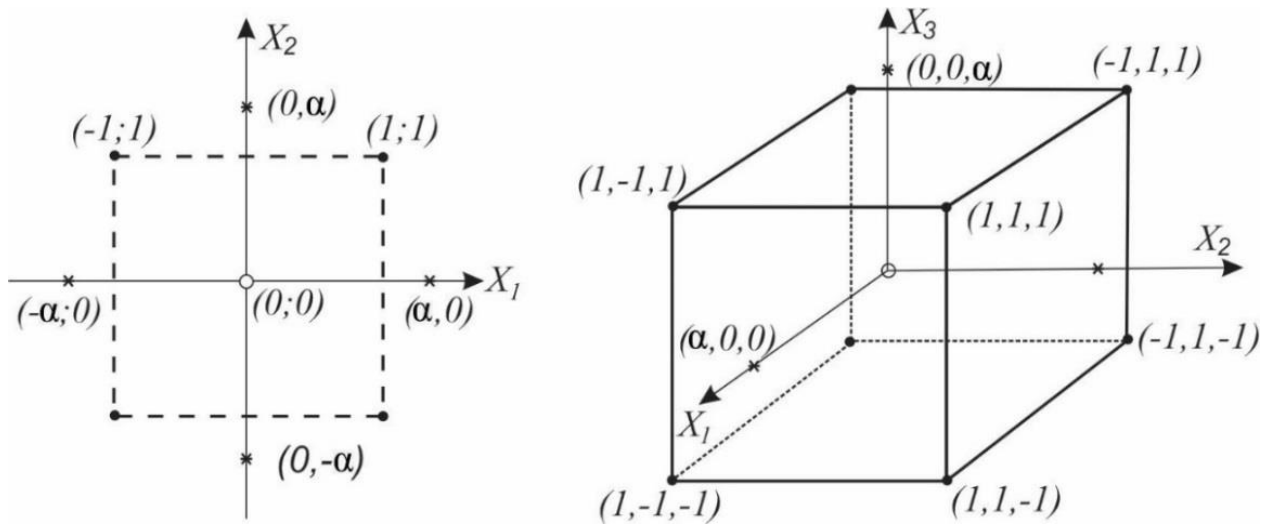
$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot X_i + \sum_{i < j} b_{ij} X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} \cdot X_i^2$$

Çoxhədlinin əmsallarının tapılması üçün təcrübələrin aparılması lazımdır. Bu

zaman hər bir amil ən azı 3 səviyyədə dəyişdirilməlidir. Kvadratik polinom şəklində olan modelin əmsallarının tapılmasında planın quruluşu böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məsələ ondadır ki, tədqiqatçı 2-ci dərəcəli plana o zaman müraciət edir ki, texnoloji prosesə və ya obyektə adekvat model almaq mümkün olmur. Bunun üçün təbii ki, təcrübənin nəticələri saxlanılır ki, sonrakı mərhələlərdə istifadə edilsin.

Bu nöqtəyi-nəzərdən 2-ci dərəcəli kompozisiya planı işlənib hazırlanmışdır. Bu planın quruluşu 2-ci dərəcəli kompozisiyadan və əlavə təcrübələrdən ibarətdir. Ona görə də bir və ya bir neçə təcrübələr planın mərkəzində aparılır. Bu cür quruluşa malik olduğuna görə bu cür təcrübələrin planı **mərkəzi kompozisiya planı** (MKP) adlandırılmışdır.

Şəkil 1-də 2 və 3 amillər üçün mərkəzi kompozisiya planında təcrübələrin yerləşdirilməsi göstərilmişdir.



- - nöqtəsi planın mərkəzini,
- - nöqtəsi isə planın nüvəsini göstərir.

(1,-1,1), (0,0,2), (2,0,0) parametrlərin kodlaşdırılmış qiymətləridir.

Uyğun planlaşdırma matrisləri cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1

2 amilli kompozisiya planlaşdırma matrisi (2 dərəcəli)

| Təcrübələrin №-si | Planın fragmenti | $X_1$ | $X_2$ | $X_1 \cdot X_2$ | $y$   |
|-------------------|------------------|-------|-------|-----------------|-------|
| 1                 | nüvə             | +1    | +1    | +1              | $y_1$ |

|   |                |    |    |    |       |
|---|----------------|----|----|----|-------|
| 2 |                | +1 | +1 | -1 | $y_2$ |
| 3 |                | +1 | -1 | -1 | $y_3$ |
| 4 |                | -1 | -1 | +1 | $y_4$ |
| 5 | Ulduz nöqtələr | +2 | 0  | 0  | $y_5$ |
| 6 |                | -2 | 0  | 0  | $y_6$ |
| 7 |                | 0  | +2 | 0  | $y_7$ |
| 8 |                | 0  | -2 | 0  | $y_8$ |
| 9 | Mərkəz         | 0  | 0  | 0  | $y_9$ |

Cədvəl 2

3 amilli kompozisiya planlaşdırma matrisi (2 dərəcəli)

| Təcrübələrin sayı N | Planın fraqmenti | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $y$      |
|---------------------|------------------|-------|-------|-------|----------|
| 1                   | nüvə             | +1    | +1    | +1    | $y_1$    |
| 2                   |                  | -1    | +1    | +1    | $y_2$    |
| 3                   |                  | +1    | -1    | +1    | $y_3$    |
| 4                   |                  | -1    | -1    | +1    | $y_4$    |
| 5                   |                  | +1    | +1    | -1    | $y_5$    |
| 6                   |                  | -1    | 1     | -1    | $y_6$    |
| 7                   |                  | +1    | -1    | -1    | $y_7$    |
| 8                   |                  | -1    | -1    | -1    | $y_8$    |
| 9                   | Ulduz nöqtələri  | +2    | 0     | 0     | $y_9$    |
| 10                  |                  | -2    | 0     | 0     | $y_{10}$ |
| 11                  |                  | 0     | +2    | 0     | $y_{11}$ |
| 12                  |                  | 0     | -2    | 0     | $y_{12}$ |
| 13                  |                  | 0     | 0     | +2    | $y_{13}$ |
| 14                  |                  | 0     | 0     | -2    | $y_{14}$ |
| 15                  | Mərkəz           | 0     | 0     | 0     | $y_{15}$ |

Əgər amillərin sayı 4-dən çoxdursa, planın nüvəsi kimi kəsr amilli təcrübədən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Təcrübələrin ümumi sayı mərkəzi kompozisiya planında aşağıdakı formul üzrə hesablanır.

$$N_{mkp} = N_{nüvə} + N_{uld} + N_m \quad (1)$$

$N_{uld} = 2 \cdot n$  burada  $n$ -amillərin sayıdır.

**Ortoqonal mərkəzi kompozisiya planı əsasında modelin qurulması.** Bu növ planlaşdırma onun matrisinin ortoqonallıq xassəsi ilə əlaqədardır. Ortoqonallıq xassəsi aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\sum_{j=1}^N X_{ji} \cdot X_{jm} = 0 \quad (2)$$

$$i \neq m, \quad m = 1, 2, \dots, n$$

Başqa sözlə desək, istənilən 2 sütunun (planlaşdırma matrisinin) cüt hasillərinin cəmi sifıra bərabərdir. Göstərilən xassəyə əsasən reqressiya tənliyinin əmsalları bir-birindən asılı olmayaraq hesablanır. Reqressiya tənliyinə daxil olan əmsalların yararsız olanlarını nəzərə almamağa imkan verir.

Bütün sütunların (planlaşdırma matrisindəki) ortoqonallığını təmin etmək üçün amillərin kvadratları əvəzinə yeni dəyişənlər daxil edilir.

$$X_{ji}^* = X_{ji}^2 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{ji}^2 \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, N$$

Ortoqonallıq şərtindən  $(\sum_{j=1}^N X_{ji}^* \cdot X_{jm}^* = 0)$  ulduzlu tənliyi alınmışdır.

$$4\alpha^4 + 4\alpha^2 \cdot N_{n\ddot{u}v\ddot{e}} - N_{n\ddot{u}v\ddot{e}}(N_{uld} + N_m) = 0 \quad (4)$$

Tənliyin həlli:

$$\alpha = \sqrt{\sqrt{N_{n\ddot{u}v\ddot{e}}^2 + N_{n\ddot{u}v\ddot{e}}(N_{uld} + 1) - N_{n\ddot{u}v\ddot{e}}/2}} \quad (5)$$

Ortoqonal mərkəzi kompozisiya planının köməyi ilə reqressiya tənliyinin əmsalları aşağıdakı şəkildə axtarılır:

$$y = b_0^* + \sum_{i=1}^n b_i \cdot X_i + \sum_{i<j} b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} \left( X_i^2 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{ji}^2 \right) \quad (6)$$

Matrisin ortoqonallığına görə reqressiya tənliyinin bütün əmsalları bir-birindən asılı olmayaraq hesablanırlar.

$$b_0^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{y}_j \quad (7)$$

burada  $\bar{y}_j$  –paralel təcrübələrin qiymətlərinin orta qiyməti:

$$b_i = \sum_{j=1}^N X_{ji} y_j / \sum_{j=1}^N X_{ji}^2 \quad (8)$$

$$b_{im} = \sum_{j=1}^N X_{ji} \cdot X_{jm} y_j / \sum_{j=1}^N (X_{ji} \cdot X_{jm})^2 \quad i \neq m \quad (9)$$

$$b_{ii} = \sum_{j=1}^N X_{ji}^* \cdot y_j / \sum_{j=1}^N (X_{ji}^*)^2 \quad (10)$$



$$i = 1, 2, \dots, n$$

Məsələn, (8) formulunu tətbiq edərək Cədvəl 3-ü nəzərə alaraq  $b_{11}$  müəyyən edirik.

$$b_1 = 1/6 (y_1 - y_2 + y_3 - y_4 + y_5 - y_6)$$

Cədvəl 3

2 amil üçün ortoqonal mərkəzi kompozisiya planının matrisi

| Təcrübələrin №-si | Fraqment (planın) | $X_1$ | $X_2$ | $X_1 \cdot X_2$ | $X_1^* = X_1^2 - 2/3$ | $X_2^* = X_2^2 - 2/3$ | $y$   |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| 1                 | nüvə              | +1    | +1    | +1              | +0,33                 | +0,33                 | $y_1$ |
| 2                 |                   | -1    | +1    | -1              | +0,33                 | +0,33                 | $y_2$ |
| 3                 |                   | +1    | -1    | -1              | +0,33                 | +0,33                 | $y_3$ |
| 4                 |                   | -1    | -1    | +1              | +0,33                 | +0,33                 | $y_4$ |
| 5                 | Ulduzlu nöqtələr  | +1    | 0     | 0               | +0,33                 | -0,67                 | $y_5$ |
| 6                 |                   | -1    | 0     | 0               | +0,33                 | -0,67                 | $y_6$ |
| 7                 |                   | 0     | +1    | 0               | -0,67                 | +0,33                 | $y_7$ |
| 8                 |                   | 0     | -1    | 0               | -0,67                 | +0,33                 | $y_8$ |
| 9                 | mərkəz            | 0     | 0     | 0               | -0,67                 | -0,67                 | $y_9$ |

$$b_{11} = \frac{1/3 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6)}{2} - \frac{2/3 (y_7 + y_8 + y_9)}{2}$$

Əmsalların yararlılığı Styudent və modelin adekvatlığı isə Fişer meyarları ilə hesablanırlar.

**Kodlanmış formada reqressiya tənliyi**

|                 |          |                 |       |                 |       |                           |        |                 |        |          |       |          |
|-----------------|----------|-----------------|-------|-----------------|-------|---------------------------|--------|-----------------|--------|----------|-------|----------|
| Y=              | 2301,386 |                 | 0,025 | $x_1$           | 0,029 | $x_3$                     | 0,025  | $x_1 \cdot x_2$ |        |          |       |          |
| $x_1 \cdot x_2$ | 0,100    | $x_1 \cdot x_3$ | 0,050 | $x_2 \cdot x_3$ | 0,025 | $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ | -0,169 | $x_{11}$        | -0,135 | $x_{22}$ | 0,102 | $x_{33}$ |

**3 faktorlu proses üçün 2-ci dərəcəli ortoqonal mərkəzi-kompozisiya planı**

| Təyinat           | m        | W        | V        |       |       |       |  |       |       |       |                 |                 |                 |                           |                      |                      |                      |       |       |
|-------------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
|                   | 1 faktor | 2 faktor | 3 faktor | m     | W     | V     |  | m     | W     | V     | mW              | mv              | Wv              | mWv                       |                      |                      |                      |       |       |
| Yüksək səviyyə +1 | 101      | 694      | 87       | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ |  | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_1 \cdot x_2$ | $x_1 \cdot x_3$ | $x_2 \cdot x_3$ | $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ | $x_1^2 = x_{11} - d$ | $x_2^2 = x_{22} - d$ | $x_3^2 = x_{33} - d$ | $y_1$ | $y_2$ |



2. Yaradılmış statistik riyazi model əsasında prosesə təsir edən optimal texnoloji parametrlər müəyyən edilmişdir.

Tamamlanmış işlər Azərbaycanda ümumən radon problemlərinin və onun mümkün həlli yollarının ilk dəfə olaraq təsvirini təmin etmişdir. Bu problemin köklü həlli üçün tələb olunan əlavə tədqiqatlar və fəaliyyətlər kompleks müəyyən edilmişdir:

- Azərbaycanın regional radon yatağının təbiəti məhdud sayda yaşayış obyektlərində quraşdırıldığından, yaşayış məntəqələrində radon ölçmələrinin aparılması məqsədilə anomal zonalarda müfəssəl işlərin aparılmasının daha real mənzərəsini müəyyən etmək üçün;

- Birinci bənd başa çatdıqdan sonra radon miqdarı yüksək olan evlərdə yaşayan əhəlinin ağciyər xərçəngi riskinin azaldılması istiqamətində işlərin aparılması vacibdir. Bunun üçün ventilyasiya sistemi üçün xüsusi avadanlıq tələb olunur;

- Uzun müddət radon səviyyəsi yüksək olan evlərdə yaşayan əhəlinin sağlamlığının yoxlanılması üçün aşağıdakılar vacibdir:

- anomal zonalarda əhəli arasında ağciyər xərçəngi ilə xəstələnmənin statistik təhlilinin aparılması və Azərbaycan üzrə orta səviyyə ilə müqayisəsi;

- uzun müddət radonun normadan artıq konsentrasiyası olan evlərdə yaşayan əhəlinin selektiv tibbi müayinədən keçirilməsi.

Aydındır ki, təsirlənmiş problem böyük ekoloji və sosial dəyəərə malikdir, bunun üçün adekvat insan və maliyyə resursları lazımdır. Bu baxımdan Dövlət Radon Proqramı çərçivəsində aidiyyəti dövlət qurumlarının, alim və ekspertlərin birgə söylərinə təcili ehtiyac var.

## ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Azərbaycanca radon problemi: daxili ölçülərin nəticələri və onun təbiəti. Şərqi Qafqazın və Cənubi Xəzər çökəkliyinin geologiyası və geofizikasının müasir problemləri. 34-cü Beynəlxalq Geologiya Konqresi. Brisbane, Avstraliya, 5-10 avqust 2012. Xüsusi buraxılış sənədləri. Bakı, 27-34.
2. Ədəbiyyat; Volfranq Norman - Avropa İttifaqında nüvə tullantılarının utilizasiyası.
3. Əhalinin radiasiya təhlükəsizliyi haqqında AR Qanunu.
4. Əliyev, Ç.S., Feyzullayev, A.A, Baghirli, R.J, Valsangiacomo, C., Əliyev, Ç.S., Feyzullayev, AA, Baghirli, RJ, Valsangiacomo, C., Hoffmann, M., Veliyeva, FF 2012.
5. Hoffmann, M., Veliyeva, FF 2012. Azərbaycanca radon problemi: daxili ölçülərin nəticələri və onun təbiəti. Şərqi Qafqazın və Cənubi Xəzər çökəkliyinin geologiyası və geofizikasının müasir problemləri. 34-cü Beynəlxalq Geologiya Konqresi. Brisbane, Avstraliya, 5-10 avqust 2012.
6. Indoor Radon Mapping in Azerbaijan. Radon Risk Xəritəçəkmənin Geoloji A
7. İsmayılov Rəşail Abdülhüseyn oğlu Azərbaycan çaylarının ekoloji p
8. Məmmədov Qərib Şamil oğlu. Azərbaycanın ekoetik problemləri: elmi, k
9. M
10. Qasımlı Vüsal, Hüseynov Rəşad, Hüseyn Ramil, Həsənov Rəşad. Yaşıl iqtisadiyyat. 2022
11. Radiasiya-Təsirlər və Mənbələr. BMT-nin ətraf mühit proqramı 2016.
12. Radon Səlahiyyət mərkəzi, Cənubi İsveçrə Tətbiqi Elmlər Universiteti 2010-2011-ci il Azərbaycanda radon həcmi paylanması xəritəsi Azərbaycanca radon probleminin həlli perspektivləri Veliyeva, F.F, Aliyev, Ch.S., Feyzullayev, A.A, Baghirli, R.J, Pampurri, L., Hoffmann, M., Valsangiacomo, C. 2012.
13. Unscear. org BMT-nin Atom Radiasiyasının Təsirləri üzrə Elmi Komitəsinin hesabatı - Radiasiya nəticəsində yaranan xəstəliklər.

14. Vaqif Rəhimov, Tünzalə İsgəndərova Radiasiya Ekologiyası. Bakı-2012
15. Veliyeva, FF, Aliyev, Ch.S., Feyzullayev, AA, Baghirli, RJ, Pampurri, L., Hoffmann, M., Valsangiacomo, C. 2012. Indoor Radon Mapping in Azerbaijan. Radon Risk Xəritəçəkmənin Geoloji Aspektləri üzrə 11-ci Beynəlxalq Seminar. Çex Geoloji Xidməti. Praqa, 260-268
16. Xüsusi buraxılış sənədləri. Bakı, 27-34.
17. Апплби А.Дж., Девелл Л., Мишра Ю.К. и др. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля.
18. Ахатов А.Г. Экология. Энциклопедический словарь / ред. М. М. Гимидеева, 1995.
19. Банникова Ю.А., Радиация. Дозы, дефекты, риск/ Пер. с англ М.: Мир,
20. Под ред. Ф.Уонера и Р.Харрисона; Пер. с англ. Под ред. Ф.Г. Рябошапко. М.: Мир, 1999, 512 с.
21. h
22. h
23. h
24. p
25. p
26. <http://greenpen.az/>  
p  
w  
m  
w  
h  
h  
m  
k  
a  
g  
n  
b