

Xanзадə Cəfərov

Baytarlıq Radiobiologiyası (dərslük)

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin
31.05.2011-ci il tarixli 933 sayılı əmri ilə
dərslük kimi təsdiq edilmiş və qıf verilmişdir*

Gəncə - 2012

Müəllif: *X.X.Cəfərov - Azərbaycan Dövlət Aqrar
Universitetinin dosenti, b.e.n.*

Rəy verənlər: *F.Əliyev - k.e.d., professor, AEA-nın müxbir
üzvü, əməkdar elm xadimi*

M.M.Əliyev - ADAU-nun professoru, b.e.d.,

*B.F.İsgəndərov - Az. ETHİ-nun laboratoriya
müdiri, b.e.n.*

Elmi redaktor: *E.İ.Əliyev – ADAU-nun dosenti, b.e.n. və
Cəfərova G.X.*

Cəfərov X.X. Baytarlıq radiobiologiyası.

Dərslük nüvə fizikasının elementləri, dozimetriya və radiometriya, ionlaşdırıcı şüaların mənbəyi və ətraf mühitin radioaktiv çirklənməsi, radioaktiv elementlərin toksikologiyası, kənd təsərrüfatı heyvanlarının şüa xəstəliyi, radiometrik və radiokimyəvi ekspertizanın aparılması, ionlaşdırıcı şüaların heyvandarlıqda və baytarlıqda tətbiqi, təbii radioaktiv elementlərin torpaqda və bitkilərdə dövriyyəsinə aid bölmələrdən ibarətdir. Bundan başqa kitabda kənd təsərrüfatı radiobiologiyasının əsasları və radioaktiv maddələrlə görülən işlərin təşkili, patoloji-anatomik dəyişikliklər, şüa xəstəliyinin müalicə və profilaktikası barədə müfəssəl məlumatlarla da zənginləşdirilmişdir.

Dərslük baytarlıq, zoomühəndislik, aqrokimya, ekologiya, ətraf mühitin mühafizəsi ixtisasları üzrə ali təhsilin bakalavr və magistr pilləsində təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bundan başqa dərslük doktorantlar, elmi işçilər, praktik baytar həkimləri, ət emalı müəssisələrində və gömrük-keçid məntəqələrində çalışan digər mütəxəssislər üçün də faydalı ola bilər.

GİRİŞ

Baytarlıq radiobiologiyası XIX və XX əsrin əsas fənlərindən hesab edilir. Bu elm, sirli atom aləmində qısa müddətdə parçalanan və kulli miqdarda enerji verən kimyəvi maddələrin aşkar edilməsi ilə əlaqədar olaraq yaranmışdır.

Nüfuzedici şüaların elmdə, kənd təsərrüfatında, xalq təsərrüfatında əhəmiyyətinin daim artması, onun heyvandarlıq və kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrində geniş tətbiq edilməsi hər bir baytar həkiminin və kənd təsərrüfatı mütəxəssisinin radiobiologiya elmi sahəsində mükəmməl biliyə malik olmasını tələb edir. Ona görə də radioaktiv elementlərin və onların yaratdığı nüfuzedici şüaların xassələrinin öyrənilməsi, onların bioloji təsirinin dərk edilməsi, izotopların zəncirvari dövriyyəyə girərək insan, heyvan, bitki orqanizminə təsir etmə mexanizmi barədə kifayət dərəcədə məlumatın olması, hər bir baytar həkimi və kənd təsərrüfat mütəxəssisi üçün vacibdir.

Bu elmin baytarlıq və kənd təsərrüfat institutlarında öyrənilməsi, tələbələrin heyvan orqanizmində mövcud olan bir çox xəstəliklərin diaqnostikasına və heyvanların müalicəsinə aid məlumatlarını daha da zənginləşdirir.

MDB respublikalarının bütün baytarlıq və kənd təsərrüfatı institutlarında olduğu kimi bizim Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetində də bu fənnin sərbəst tədris olunması, bu elmin ətraflı mənimsənilməsinə şərait yaradır.

MDB respublikalarında yüksək ixtisaslı radiobioloqlardan S.A. Reynberq, Q.A. İldkenizde, A.D. Belov, V.A. Kirşin, Ş. Beybutov, B.Ə. Baxşiyev, X.X.Cəfərov və başqalarının bu fənnin geniş formada inkişaf etdirilməsində böyük əməkləri vardır.

Keçirilən konfranslarda qeyd olunurdu ki, kənd təsərrüfatı mütəxəssisləri radioaktiv izotopların və bunların əmələ gətirdikləri şüaların bioloji təsir mexanizmini bilməli, radioaktiv vəziyyəti qiymətləndirməyi bacarmalı, şüa xəstəliklərinə diaqnoz qoymağı və heyvanların müalicəsinə yerinə yetirməyi,

torpağın, bitkilərin mühafizəsi üçün tədbirlər işləyib hazırlamağı və onun yerinə yetirilməsini bacarmalıdırlar.

Bu baxımdan Azərbaycan dilində yazılan baytarlıq radiobiologiyası dərsliyi baytarlıq, zoomühəndislik, ekologiya, aqrokimya və torpaqşünaslıq ixtisasına yiyələnən tələbələrin bu sahədə biliyini genişləndirəcək və bu fənnin mənimsəməsini asanlaşdıracaqdır.

Radiobiologiyadan I hissə olan dərslük 1988-ci ildə müha-zirə mətni kimi çapdan çıxmışdır. Yaşadığımız atom əsrində yeni-yeni nüvə reaktorlarının işə salınmasını, radioaktiv maddələrin bir sıra sahələrdə müxtəlif məqsədlərlə geniş tətbiq edilməsini, atom və neytron silahları təhlükəsinin mövcud olmasını nəzərə alıb, başqa dərslüklərdən fərqli olaraq bu dərslükdə şüa xəstəliyi, onun diaqnostikası, müalicəsi, heyvandarlıqda rentgen şüasından istifadə olunması, fauna və floranın müxtəlif radioaktiv maddələrlə çirklənməsi zamanı aparılan ilk tədbirlərin necə yerinə yetirilməsi geniş formada izah olunmuşdur.

Radioaktiv stronsium 90-dan başqa yer səthini və havanı çikləndirən, yüksək parçalanma dövrüyyəsi olan, izotop Se^{137} məlum şəraitdə çox miqdarda bitki vəsitisilə qida məhsullarının bioloji dövrüyyəsinə daxil olur.

Radioaktiv maddələr ətraf mühitin şəraitindən, xüsusilə izotopun xassəsindən və torpağın mineraloji tərkibindən asılı olaraq bitkinin tərkibinə müəyyən ardıcılıqla daxil olur və bitki tərəfindən mənimsənilir. Bitki ola bilsin ki, özündə yüksək dozanı saxlasın və onun inkişafına təsir edərək məhsuludarılığı aşağı salsın.

Odur ki, bu amillərin dəqiqləşdirilməsində və vaxtında tədbirlərin aparılmasında radiobiologiya dərsliyindən istifadə oluna bilər.

Dərsliyi tərtib edərkən mövcud olan dərslüklərdə buraxılmış nöqsanlar nəzərə alınmış, rus və digər ölkə alimlərinin təklifləri qeyd edilmiş, baytarlıq və kənd təsərrüfatı elminin nailiyyətlərindən geniş istifadə edilmişdir.

Çoxcəhətli və geniş mənəli sayılan baytarlıq radiobiologiya dərsliyinin tərtib edilməsində bir çox çətinliklər qarşıya çıxmışdır. Belə ki, radiobiologiya fənni fizika, kimya, biologiya və radiologiya elimlərinin əsasında qurulduğundan, nüfuzedici şüaların diaqnostika və müalicə metodlarını ardıcıl olaraq bu fənlərlə əlaqələndirmək üçün böyük əmək sərf olunmuşdur.

Kitabda radioaktiv izotopların kənd təsərrüfatında dövriyyəsi, onların insan, heyvan və digər canlılara təsir etmə mexanizmi, izotopların torpaq və bitki orqanizmində dövretmə xassəsini izah edən 23-ə qədər şəkil və bir sıra cədvəllər verilmişdir. Bütün bunlar oxucuların müxtəlif fəsilləri kifayət dərəcədə mənimsəməsini asanlaşdıracaq.

Bu dərslik Azərbaycan dilində baytarlıq radiobiologiya fənninə aid ilk kitab olduğundan, şübhəsiz ki, çatışmayan cəhətlər mövcuddur. Kitab haqqında veriləcək rəylər və təkliflər müəllif tərəfindən çox minnətdarlıqla qarşılanacaq və gələcək işlərdə nəzərə alınacaqdır.

RADİOBİOLOGİYA BİR ELM KİMİ.

İlk dövrlərdə ionlaşdırıcı şüaların bioloji təsiri barədə ətraflı məlumat yox idi. 1896-cı ildə fiziklər və həkimlər arasında qorxulu bir xəbər yayılır. Belə ki, rentgen şüaları ilə təmasda olan şəxslərin dərilərində şüa zədələnmələri aşkar olunur. Bir il sonra 23 nəfərdə bu növ zədələnmələr qeydə alınır. O dövrdə bir çox alimlər öz sənətlərinin qurbanı olurlar.

Nüvə fizikasında aşkar edilən qiymətli kəşflər radiobiologiyanın sürətlə inkişafına səbəb oldu. Belə ki, Rezerdfordun 1919-cu ildə azot atomu nüvəsini zərrəciklərlə mərmiləyərək oksigen atomlarına çevirməsi, yəni bir kimyəvi elementin digərinə bölünməsi dünya alimləri qarşısında böyük perspektivlər açdı. Bu hadisədən bir az sonra İren və Frederik Jolio Kюри bu üsulla təkcə stabil, möhkəm, davamlı maddələrin deyil hətta davamsız, yəni radioaktiv maddələrin də alınmasının mümkün olmasını sübut etdilər. Bu maddələr öz-özünə parçalanaraq şüa mənbəyinə çevrilirlər.

1934-cü ildə Frederik Jolio Kюри süni radioaktiv preparatları almağa nail olur. O. Qan və Q. Strassman sübut etdilər ki, uran nüvəsi neytronlarla mərmilənən zaman iki yüngül nüvəyə ayrılır. 1935-ci ildə O.N.Flerdov və R.A.Petryak göstərdilər ki, nüvənin bölünməsi reaksiyası heç bir xarici təsir olmadan öz-özünə davam edir. Bu hadisə zəncirvari reaksiyanı aparmaq üçün nüvə reaktorlarının yaradılması ideyasını irəli sürür. Nüvə reaktorlarının yaranması, külli miqdarda radionuklidlərin alınmasına səbəb olur.

Radiobiologiya elmi tədqiqat institutlarının açılması izotopların və ionlaşdırıcı şüaların diaqnostika və müalicə məqsədilə tətbiq edilməsini sürətləndirir və buna aid elmi təsəvvürləri daha da genişləndirir. Nüvə fizikasında əldə edilən müvəffəqiyyətlər xüsusilə süni radioaktiv maddələrin aşkar edilməsi radiobiologiyanın inkişafına güclü təkan verir.

Müasir tipli teleqammaterapiya aparatlarının istehsal edilməsi şüa müalicəsinin müvəffəqiyyətlə tətbiq edilməsinə imkan yaradır. Elmi tədqiqat müəssisələri fosfor, yod, qızıl,

natrium, brom və digər süni radioaktiv maddələrdən diaqnostik və müalicə məqsədi ilə geniş istifadə edirlər. Aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri elmi jurnallarda buraxılır. Bu işə radiobiologiya sahəsində aparılan minlərlə elmi tədqiqat işlərinin çap edilməsini asanlaşdırır. Ona görə də, radiobiologiya və radioekologiya elminin əsaslarını dərindən bilmək, onun inkişaflarından istifadə etmək bütün baytar həkimləri və kənd təsərrüfat mütəxəssisləri üçün vacibdir.

I FƏSİL

NÜVƏ FİZİKASININ ELEMENTLƏRİ

Bizi əhatə edən bütün cisimlər çox kiçik zərrəciklərdən molekulardan təşkil olunmuşdur. Molekul cismi əmələ gətirən maddənin tərkibini və kimyəvi xassəsini özündə saxlayan ən kiçik hissəsidir. Molekullar da öz növbələrində bir və ya bir neçə atomdan təşkil olunmuşlar. Atomlar həm öz fiziki və kimyəvi xassələri, həm də ölçüləri və kütlələri ilə bir-birindən fərqlənirlər. Kimyəvi xassələri eyni olan atomlar növü kimyəvi element adlanır.

Molekul və atomların kütlələri həddindən artıq kiçik bir kəmiyyət olduqlarından onları xarakterizə etmək üçün atom kütlə vahidi (a.k.v.) adlanan xüsusi vahiddən istifadə olunur. Hal-hazırda atom kütlə vahidi olaraq C^{12} izotopu (izotop haqqında sonraya bax) kütləsinin 1/12-i qəbul olunmuşdur. Bu vahid karbon vahidi (k.v.) adlanır. Deməli, molekul və atom çəkisi (kütləsi) adsız kəmiyyət olub, verilmiş molekulun və elementin atom kütləsinin C^{12} izotopu kütləsinin 1/12-dən neçə dəfə böyük olduğunu göstərir.

Kimyada kütlə vahidi qramlarla yanaşı xüsusi çəki ölçüləri qram-atom (q-atom) və qram-molekul (q-mol) da işlədilir. Sayca elementin atom (maddənin molekul) çəkisinə bərabər qramlarla miqdarına, həmin elementin (maddənin) qram-atomu (qram-molekulu) deyilir. Bu ölçülər maddənin kütləsinə göstərməklə bərabər bu kütləni təşkil edən molekul və atomların sayını da göstərir. Belə ki, hər hansı elementin (maddənin) qram-atomunda (qram-molekulunda) $6,023 \cdot 10^{23}$ sayda atom (molekul) vardır ki, bu da Avoqadro ədədi adlanır.

XIX əsrin sonuna kimi belə güman edilirdi ki, atomlar bölünməzdir. Ancaq XIX əsrin sonu və XX əsrin əvvəllərində aparılan bir sıra tədqiqatlar nəticəsində məlum oldu ki, atom mürəkkəb bir sistem olub, nüvədən və nüvə ətrafında fırlanan elektronlardan təşkil olunmuşdur. Müxtəlif elementlərin,

atomlarının diametrlərinin ölçüləri bir-birindən az fərqlənirlər və təxminən 10^{-8} sm-ə bərabər olurlar. Nüvələrin ölçüsü isə 10^{-13} — 10^{-12} sm tərtibində olur.

Elektronun kütləsi çox kiçik bir kəmiyyət olduğundan atomun kütləsini onun nüvəsi ifadə edir. Nüvənin sıxlığı çox böyük bir kəmiyyət olub $2 \cdot 10^{14}$ q/sm³-ə bərabərdir, başqa sözlə 1 sm³ nüvənin çəkisi iki yüz milyon tona bərabərdir. Atom nüvəsi də mürəkkəb bir sistem olub nüvə zərrəciklərindən - protonlardan (*p*) və neytronlardan (*n*) təşkil olunmuşdur. Proton və neytronlara başqa sözlə nuklonlar da deyilir. Nuklonlardan biri protonda (*p*) bir müsbət elektrik yükü daşıyır. Digəri neytron (*n*) isə elektroneytraldır. Proton həm nüvədə, həm də nüvədən xaricdə dayanıqlı olduğu halda, neytron yalnız nüvədə dayanıqlı olur, nüvədən xaricə çıxdıqda çevrilməyə uğrayır. aProton və neytronlar nüvədə nüvə qüvvələri adlanan və həmişə qarşılıqlı cəzibmə qüvvəsi kimi təzahür edən qüvvə ilə möhkəm bağlanmışlar. Nüvə qüvvələri elektromaqnit və cazibə qüvvələrindən fərqli olaraq olduqca böyük qiymətə malik olub təsir radiusu 10^{-12} sm-ə (nüvənin ölçüsü) bərabərdir.

Proton və neytronun kütlələri uyğun olaraq; 1,00757 və 1,00893 karbon vahidinə (k.v.) bərabərdir. Neytronlarla birlikdə protonların sayı elementin atom kütləsinin yuvarlaq qiymətini göstərir və kütlə ədədi (*A*) adlanır. Protonların sayı (*Z*) nüvədəki müsbət yükün miqdarını göstərir və elementin yük ədədi adlanır. Protonların sayı həmçinin elementin dövrü sistem cədvəlindəki sıra nömrəsini göstərir. Hər hansı *X* elementinin yük ədədi *Z* (protonların sayı), kütlə ədədi *A* olarsa, həmin elementi simvolik olaraq ${}_Z^A X$ və ya ${}_Z^A A$ şəklində yazırlar.

Bəzi elementlərin atomlarında protonların sayı (*Z*) sabit olduğu halda, neytronların sayı (*A*—*Z*) bir qədər fərqlənirlər. Məsələn, oksigen atomlarının nüvələrində həmişə 8 proton olur, lakin neytronların sayı ya 8, ya 9, ya-da 10 ola bilər. Ona görə də təbiətdə kütlə ədədi 16(${}_8^{16}O$) olan oksigen atomları ilə yanaşı həm də kütlə ədədləri 17(${}_8^{17}O$), 18(${}_8^{18}O$) olan oksigen atomları da mövcuddur. Nüvələrindəki protonların sayı eyni olub

neytronlarının sayı ilə fərqlənən eyni bir elementin ayrı-ayrı atomlar növünə izotop deyilir. İzotoplardan fərqli olaraq təbiətdə elə atomlar olur ki, onların kütlə ədədləri eyni olub nüvələrinin yükü (protonlarının sayı) ilə bir-birindən fərqlənilirlər ($_{18}\text{Ar}^{40}$, $_{19}\text{K}^{40}$, $_{20}\text{Ca}^{40}$ və s.), belə atomlara izobarlar deyilir.

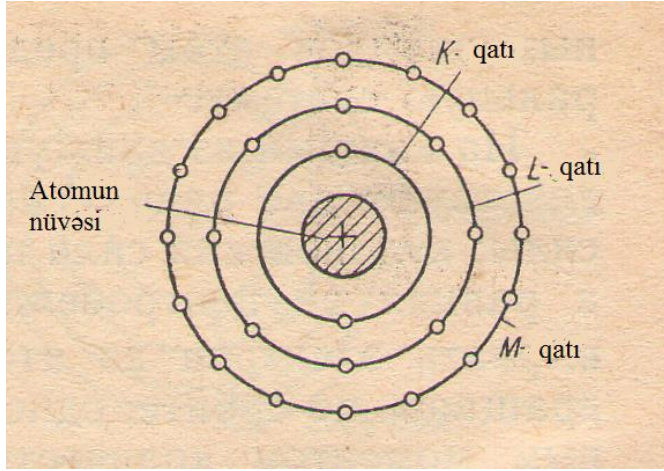
Yuxarıda qeyd olunduğu kimi atomun tərkibinə daxil olan zərrəciklərdən biri də elektrondur. Elektron kütləsi proton və neytronun kütlələrin təxminən 1840 dəfə kiçik bir elementar mənfi elektrik yükü daşıyan çox kiçik bir zərrəcikdir, Elektronu şərti olaraq e^- , $_{-1}e^0$, β^- simvollarından biri ilə işarə edirlər. Neytral atomda olan elektronların sayı həmin atomun nüvəsində olan protonların sayına bərabər olur. Hər bir elektron nüvə ətrafında istənilən orbit üzrə yox, yalnız

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

şərtini ödəyən qərarlaşmış orbitlərdə hərəkət edə bilər. Burada m və v - elektronun və ətrafındakı hərəkət sürəti, r - elektronun yerləşdiyi (hərəkət etdiyi) orbitin radiusu, n - plank sabiti, π -isə elektronun enerjisini xarakterizə edən tam (1, 2, 3 ...və s.) ədəddir.

Enerjiləri ilə bir-birinə yaxın olan elektronlar nüvə ətrafında elektron qatlarını əmələ gətirir. Elektron qatları nüvədən başlayaraq latın hərfləri K,L,M,N,O,R,Q kimi göstərilir və atomda belə elektron qatlarının sayı maksimum yeddi ola bilər (Şəkil 1).

Elektron təbəqələri nüvədən uzaqda yerləşdikcə onların saxladıqları elektronların enerjiləri də artır. Ona görə də elektronun bir qatdan başqa bir qata keçməsi enerjinin udulması (əgər elektron nüvədən uzaqlaşarsa) və ya ayrılması (əgər elektron nüvəyə yaxınlaşarsa) ilə nəticələnir.



Şəkil 1. Atomda elektron təbəqələrinin sxematik göstərilməsi.

Kütlə defekti. Kütlə ilə enerjinin əlaqəsi

Atomda olan elektronların kütləsi nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olduğu üçün atomun kütləsi dedikdə nüvənin kütləsi başa düşülür. Nüvənin proton və neytronlardan təşkil olunduğu artıq bizə məlumdur. Hesablamalar göstərir ki, nüvəni təşkil edən proton və neytronların ayrılıqda kütlələri cəmi həmin sayda proton və neytrondan əmələ gəlmiş nüvənin kütləsindən böyük olur. Meydana çıxan bu kütlə fərqi kütlə defekti deyilir. Helium nüvəsinin (${}^4_2\text{He}$) əmələ gəlməsi misalında kütlə defektini hesablaya bilərik. Məlum olduğu kimi, helium atomunun nüvəsi 2 proton və 2 neytrondan ibarətdir. Buna görə də helium atomu nüvəsinin kütləsi 2 protonla 2 neytronun kütlələri cəminə bərabər olmalı idi.

$$m_{\text{He}} = 2m_p + 2m_n = 2,100757 + 2,100893 = 4,033 \text{ k.B}$$

Həqiqətdə isə helium atomu nüvəsinin kütləsi 4,0028 k.v.-ə bərabərdir. Deməli, helium atomu üçün kütlə defekti aşağıdakı qiymətə bərabər olacaq.

$$\Delta m = 4,033 - 4,0028 = 0,0302k.v.$$

Eynşteyn tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, cismin kütləsi

$$E = mc^2$$

düsturu ilə təyin edilən müəyyən enerjiyə ekvivalentdir. Buna kütlə ilə enerjinin ekvivalentliyi qanunu deyilir. Yuxarıdakı eynilikdə E-enerji, m-kütlə, c-işıq sürətidir. Eynilikdən görünür ki, kütlənin dəyişməsi enerjinin dəyişməsinə səbəb olur. Deməli, helium atomu üçün yaranan kütlə defekti müəyyən enerji ekvivalentidir. Bu enerji isə nüvənin rabitə enerjisinə uyğun gəlir. Nüvənin rabitə enerjisi nüvəni öz tərkib hissələrinə parçalamaq üçün və ya başqa sözlə nuklonları bir-birindən ayıraraq qarşılıqlı təsirdə olmayacaq qədər məsafəyə aparmaq üçün lazım olan enerjidir. Beləliklə, aydın olur ki, elementar zərriciklərdən (proton və neytronlardan) nüvənin sintezi zamanı kütlənin bir hissəsi nüvənin rabitə enerjisinə çevrilir. İndi Eynşteyn tənliyindən istifadə edərək helium atomu nüvəsinin rabitə enerjisini hesablamaq olar

$$\Delta E = \Delta mc^2 = 0,0302k.v.(3.10^{10} sm \setminus san)^2$$

1 k.v.-nin təxminən $1,6 \cdot 10^{-24}$ q kütləyə uyğun olduğunu yuxarıda nəzərə alsaq:

$$\Delta E = 0,0302.1,6.10^{-24} q.9.10^{20} sm^2 \setminus san^2 = 4,35.10^{-5} erq$$

Nüvələrin davamlılığını xarakterizə etmək üçün rabitə enerjisi anlayışından da istifadə edilir.

Xüsusi rabitə enerjisi qiymətcə nüvənin rabitə enerjisinin nüvədə olan nuklonların sayına bölünməsindən alınan kəmiyyətə bərabərdir. Onda helium atomu üçün xüsusi rabitə enerjisi (ε) aşağıdakı qiymətə bərabər olacaq:

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{\lambda} = \frac{4.35 \cdot 10^{-5} \text{ erq}}{4} = 1.09 \cdot 10^{-5} \text{ erq}$$

Nüvə fizikasında enerjini adətən elektronvoltla (ev) ifadə edirlər. Elektronvolt potensiallar fərqi 1 v (Volt) olan elektrik sahəsindən keçərkən elektronun aldığı kinetik enerjidir. Elektronvolt çox kiçik bir kəmiyyət olduğundan, çox vaxt elektronvolt dan milyon dəfə böyük olan meqaelektronvolt (MeV) vahidindən istifadə edirlər.

1 $MeV = 1,6 \cdot 10^{-6}$ erq olduğundan helium atomu nüvəsinin rabitə enerjisi 27,2 MeV -ə bərabər olacaq.

Radioaktivlik

Müxtəlif elementlərin atomları nüvələrinin rabitə enerjisi müxtəlif olduğundan onların dayanıqlığı da müxtəlif olur. Dayanıqlıqlarına görə izotoplar 2 yerə bölünür: dayanıqlı və dayanıqsız izotoplar. Dayanıqlığı az olan atom nüvələri öz başlarına parçalana bilirlər, bu zaman yeni element atomu nüvələri və radioaktiv şüalar adlanan xüsusi növlü şüalar əmələ gəlir. Bu hadisə radioaktivlik adlanır. Öz-özünə parçalanan izotop isə radioaktiv izotop adlanır. Təbiətdə mövcud olan maddələrdə baş verən radioaktivlik təbii, süni alınmış maddələrdə baş verən radioaktivlik isə süni radioaktivlik adlanır. Radioaktiv parçalanma zamanı həmişə sistemin kütləsi, enerjisi və elektrik yükləri cəmi saxlanılır.

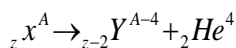
Radioaktiv şüalar öz xassələrinə görə 3 qrupa ayrılır: alfa(α) betta (β) və qamma (γ) şüalar.

α -şüalar α -hissəcikləri selindən, yəni atom çəkisi 4 və yükü müsbət ikiyə bərabər olan helium atomu nüvələri (4_2He) selindən ibarətdir. Əgər radioaktiv çevrilmə zamanı maddədən α -hissəciklər ayrılırsa, buna α -parçalanma deyilir.

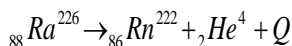
Müxtəlif maddələrin buraxdıqları α -hissəciklərin enerjiləri bir-birindən fərqlənir və ona görə də onlar müxtəlif

uçuş sürətinə malik olurlar. Vakuumda α -hissəciklərin sürəti $1,5 \cdot 10^9$ — $2 \cdot 10^9$ sm/san və ya işıq sürətinin 1/15-1/20 hissəsi qədər olur. α -hissəciklərin qaçış uzunluqları onların enerjiləri ilə düz, mühitin sıxlığı ilə tərs mütənəsbib olub havada bir neçə santimetr, sıx mühitdə isə adətən 0,1 mm-dən artıq olmur.

α - parçalanma zamanı başlanğıc radioaktiv nüvədən 2-proton və 2 neytron, başqa sözlə helium atomu nüvəsi ayrıldığı üçün yeni əmələ gələcək element atomu nüvəsinin yükü 2, kütləsi isə 4 atom kütlə vahidi qədər az olacaq. Başlanğıc radioaktiv elementi X , əmələ gələn elementi isə Y -lə işarə etsək, α -parçalanmanı aşağıdakı kimi göstərmək olar:



α -parçalanmaya misal olaraq radiumun radona çevrilməsini göstərmək olar:



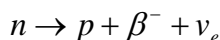
Göründüyü kimi, α -parçalanma zamanı başlanğıc radioaktiv element dövrü sistem cədvəlində 2 xana solda yerləşən elementə çevrilir.

β –şüalar elektron (β^- , e^- və ${}_{-1}e^0$ kimi işarə olunur) və pozitron (kütləsi elektronun kütləsinə bərabər, yükünün işarəsi isə müsbət olan hissəcikdir β^+ , e^+ və ${}_{+1}e^0$ kimi işarə olunur) selindən ibarətdir. β -hissəciklərin enerjilərinin qiyməti çox geniş bir miqyasda 0,1 MeV-lə 2-3 MeV arasında dəyişir. Vakuumda onların sürəti 11^{10} — $3 \cdot 10^{10}$ sm/san tərtibində olur β -hissəciklərin qaçış uzunluqları isə onların enerjilərindən və yayıldıkları mühitin sıxlığından asılı olaraq dəyişir. Hissəciklərin enerjisindən asılı olaraq orta qaçış uzunluğunun qiyməti havada 10 sm-lə 11 m, alüminium metalında isə 0,05 mm-lə 5,5 mm arasında dəyişir.

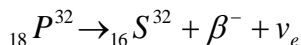
Radioaktiv parçalanma β - şuaların ayrılması ilə gedirsə belə parçalanma β -parçalanma adlanır. β - parçalanmanın üç növü məlumdur: β^- -parçalanma, β^+ - parçalanma və elektron-tutma (e-tutma və ya K-tutma).

Əgər elementin nüvəsində onun dayanıqlığının təmin olunm

ası üçün lazım olan miqdardan çox neytron olarsa, bu zaman nüvədə olan neytronlardan birinin protona çevrilməsi baş verə bilər. Bu çevrilmə zamanı protonun alınması ilə yanaşı elektron (β^-) və elektron antineytrinosu da əmələ gəlir (antineytrino sükunət kütləsi olmayan işıq sürətinə bərabər yayılma sürətinə malik olan neytral hissəcikdir və ν kimi işarə olunur). Belə radioaktiv çevrilmə β^- - parçalanma adlanır və simvolik olaraq belə yazılır:



β^- -çevrilməyə misal olaraq fosforun kükürdə çevrilməsini göstərmək olar:

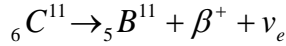


Göründüyü kimi β^- -parçalanma zamanı neytronlardan birinin protona çevrilməsi nəticəsində nüvədə protonun sayı 1 ədəd artır və başlanğıc radioaktiv element dövrü sistem cədvəlində özündən bir xana sonra (sağda) yerləşən başqa bir elementə çevrilir.

β^- -parçalanmadan fərqli olaraq artıq protonu olan bəzi süni radioaktivelementlərin nüvələrindəki protonlardan biri özündən β^+ (pozitron) və elektron neytrinosu (ν_e) ayırmaqla neytrona çevrilə bilər, belə parçalanma β^+ və ya pozitron-parçalanma adlanır. Pozitron parçalanma simvolik olaraq belə göstərilir:

$$p \rightarrow n + \beta + \nu_e$$

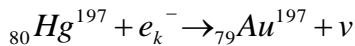
β^+ -parçalanmaya misal olaraq süni alınmış ${}^6\text{C}^{11}$ - izotopunun bora çevrilməsini göstərmək olar:



β^+ -parçalanma zamanı nüvədən ayrılan pozitron, nüvə ətrafında fırlanan elektronlardan birini qopararaq «pozitron-elektron» cütünü ($\beta^+ + \beta^-$) əmələ gətirir. Bu cüt dərhal materiyanın başqa bir varlıq formasına kvanta (t-ezliyi V — olan elektromaqinit rəqslərinə) çevrilir. Deməli $\beta^+ \nu_e$ ya pozitron parçalanma zamanı atomdan zərrəcik yox, foton ($h\nu$) ayrılır. Pozitron elektron cütünün bu cür «məhv olması» (kvanta çevrilməsi) prosesi annihilyasiya adlanır. Beləliklə, pozitron (β^+) parçalanma zamanı radioaktiv element dövrü sistem cədvəlində özündən qabaqda (solda) yerləşən başqa bir elementə çevrilir.

β^- və β^+ -parçalanmadan əlavə bəzi radioaktiv elementlərin nüvələri öz elektron örtüklərindən bir elektron tutmaqla dayanıqlı hala keçirlər.

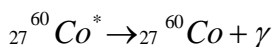
Adətən elektron, nüvəyə ən yaxın olan K-elektron təbəqəsindən tutulur. Ona görə də belə çevrilməyə K tutma da deyilir. K—tutmaya misal cüvənin radioaktiv ${}_{80}\text{Hg}^{197}$ izotopunun qızıla (${}_{79}\text{Au}^{197}$) çevrilməsini göstərmək olar:



K-elektron təbəqəsindən tutulmuş elektronun yerinə L-təbəqəsindən, L-təbəqəsinə isə M-təbəqəsindən və s. elektron keçidi baş verir. Hər elektron keçidi zamanı atom özündən kvant şəklində müəyyən qədər enerji buraxır. Beləliklə, K -tutma zamanı atom özündən yalnız kvantlar buraxır.

Əgər nüvəyə elektron L və E-elektron təbəqələrindən keçərsə, onda uyğun olaraq bu proseslər L və E-tutma adlanır. K-tutmaya nəzərən L və E-tutmalara çox az hallarda təsadüf olunur.

Yuxarıda göstərilən çevrilmələr nüvənin ya yükünün, ya kütləsinin və ya həm yükün, həm də kütlənin dəyişməsi ilə baş verirdi. Bu çevrilmələrdən əlavə nüvənin yükünün və kütləsinin «sabit» qalması ilə baş verən çevrilmələr də mövcuddur. Belə ki, hər bir element atomunun nüvəsi öz enerjiləri ilə fərqlənən bir neçə halda ola bilər. Nüvənin mövcud olduğu bu müxtəlif energetik hallar izomerlik adlanır və nüvə özündən enerji verməklə və ya enerji almaqla bir energetik haldan (izomerdən) başqa bir hala (izomerə) keçə bilər. Məsələn üçün həyəcanlanmış ${}_{60}^{27}Co^*$ izotopunun γ -şüalar buraxaraq dayanıqlı hala (başqa bir izomerə) keçməsinə göstərmək olar:

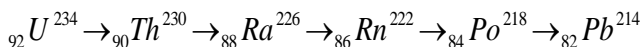


γ -şüalar görünən, infraqırmızı və ultrabənövşəyi şüalar və eyni zamanda rentgen şüaları kimi elektromaqnit rəqsləri selindən ibarətdir. Digər tərəfdən γ -şüalara müəyyən kütləyə və enerjiyə malik neytral zərrəciklər fotonlar və ya kvantlar kimi baxılır. İnfraqırmızı görünən və ultrabənövşəyi şüalar atom və molekulların həyəcanlanmış vəziyyətlərdən normal vəziyyətə keçidləri zamanı, rentgen şüaları isə böyük enerjili elektronların metal, şüşə və s. tərəfindən qəflətən tormozlanması nəticəsində əmələ gəlirlərsə, γ -şüalar yalnız nüvə çevrilmələri zamanı, nüvənin bir energetik səviyyədən başqa bir energetik səviyyəyə keçidi zamanı əmələ gəlir. Bundan başqa γ -şüaların dalğa

uzunluqları o biri şüaların dalğa uzunluqlarından kiçikdir. γ - şüalar elektrik və maqnit sahəsinin təsiri altında əyilmir, böyük nüfuz etmə qabiliyyətinə malikdir və vakuumda işıq sürətinə bərabər sürətlə yayılır. Müxtəlif radioaktiv elementlərin buraxdıqları γ - şüalar öz enerjiləri ilə bir-birindən fərqlənir və 0,01 MeV-lə 3 MeV arasında dəyişir az hallarda onların enerjilərinin qiyməti 8-10 MeV-ə çatır.

Təbii və süni radioaktiv izotoplar

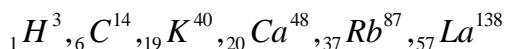
Radioaktiv izotoplar öz alınmalarına görə 2-qrupa bölünür: təbii və süni. Təbii radioaktiv izotoplar təbiətdə mövcud olan izotoplardır. Təbiətdə daima bu radioaktiv izotopların nüvələrinin parçalanması və yeni elementlərin yaranması prosesi gedir. Təbii radioaktiv elementlərin parçalanması nəticəsində iki cür stabil və qeyri-stabil elementlər alınır. Birinci növ elementlər heç bir çevrilməyə uğramır, qeyri-stabil (dayanıqsız) elementlər isə bir neçə aralıq elementlərin alınması mərhələlərindən keçərək son, dayanıqlı bir izotopun alınmasına kimi parçalanır. Başlanğıc radioaktiv elementdən başlayaraq son dayanıqlı izotopa qədər bir-biri ilə genetik bağlı olan elementlər sırasına radioaktiv sıra deyilir. Təbii radioaktiv elementlərin üç sırası (uran, aktinouran, torium sıraları) məlumdur. Hər bir sıranın adı sıranı törədən başlanğıc radioaktiv elementin adı ilə adlanır. Uran sırası aşağıdakı kimi çox pilləli radioaktiv çevrilmədən ibarətdir:



İkinci və üçüncü sıralar isə uyğun olaraq ${}_{92}\text{U}^{235}$ və ${}_{90}\text{Th}^{232}$ izotopları ilə başlayıb ${}_{82}\text{Pb}^{207}$ və ${}_{82}\text{Pb}^{208}$ izotopları ilə sona çatan radioaktiv elementlər sırasında təşkil olunmuşdur. Təbiətdə mövcud olan bu üç sıradan əlavə bir dənə də radioaktiv elementlərin sırası yaradılmışdır. Süni yaradılmış dördüncü sıra

neptunium sırasıdır, o, ${}_{93}\text{Np}^{237}$ izotopu ilə başlayır və bismutun dayanıqlı ${}_{83}\text{Bi}^{209}$ izotopu ilə qurtarır.

Yuxarıda göstərilən üç sıraya daxil olan təbii radioaktiv elementlərdən başqa, təbiətdə bir-biri ilə heç bir genetik əlaqəsi olmayan təxminən 150 müxtəlif təbii radioaktiv izotop mövcuddur. Bioloji cəhətdən əhəmiyyətli olan bu izotoplardan aşağıdakıları göstərmək olar:

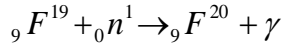


Nüvə reaksiyaları

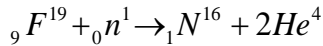
Yuxarıda qeyd olundu ki, dayanıqlığı az olan həm təbii, həm də süni yolla alınmış elementlər öz-özlərinə parçalanaraq yeni elementin nüvələrini əmələ gətirirlər. Bu proses yeni başlanğıc radioaktiv elementin nüvəsinə xaricdən heç bir zərrəcik daxil olmadan baş verirdi. Radioaktiv parçalanmadan fərqli olaraq dayanıqlı nüvələri sürətli zərrəciklərlə bombardman etməklə parçalamaq və yeni element atomu nüvələrini sintez etmək olur. Nüvələrin bu cür çevrilməsinə nüvə reaksiyaları deyilir. Nüvə reaksiyalarını törətmək üçün adətən protonlar (p və ya ${}_1\text{H}^1$) neytronlar (n), yüksək enerjili γ -kvantlar, a-zərrəciklər (${}_2\text{He}^4$) deytronlar (${}_1\text{H}^2$ izotopunun nüvəsi, ${}_1\text{D}^2$ və ya ${}_1\text{d}^2$ kimi işarə olunur), tritonlar (${}_1\text{H}^3$ —izotopunun nüvəsi, ${}_1\text{T}^3$ və ya ${}_1\text{t}^3$ kimi işarə olunur) selindən istifadə olunur. Neytronun elektrik yükünün olmaması onun atom nüvələrinə daxil olmasını son dərəcə asanlaşdırır. Ona görə də, nüvə çevrilmələrinə nail olmaq üçün neytron ən effektiv «mərmi» hesab olunur. Kiçik sürətli neytronlar sürətli neytronlara nisbətən daha əlverişlidir, ona görə də, sürətli neytronları əvvəlcə yavaşıtmaq lazım gəlir. Yavaşıcı kimi ağır su (D_2O), qrafit və s. istifadə olunur.

Nüvə reaksiyalarının məhsulu yeni element atomu nüvələrindən və xırda zərrəciklərdən (protonlar, neytronlar, γ -kvantlar, a-zərrəciklər) ibarət olur. Qeyd etmək lazımdır ki, eyni bir nüvəni müxtəlif sürətli (enerjili) zərrəciklərlə bombardman

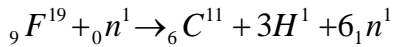
etdikdə reaksiya məhsulu da müxtəlif olur. Məsələn, flüorun ${}^9F^{19}$ izotopunun sürəti kiçik olan neytronlarla (enerjisi $1,5 MeV$ -dən az) bombardman etdikdə belə bir reaksiya baş verir:



Bir qədər sürətli neytronlardan istifadə edildikdə (enerjisi $1,5-3,7 MeV$) başqa məhsul alınır:

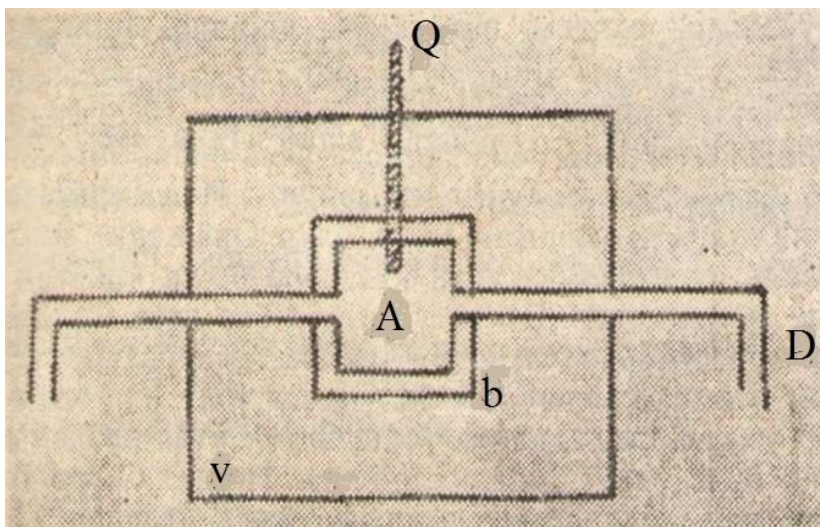


Əgər çox böyük sürətli neytronlarla ${}^9F^{19}$ -izotopunun nüvəsi bombardman edilərsə, nüvə bir neçə zərrəciyə parçalanır:



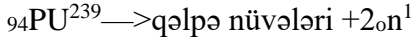
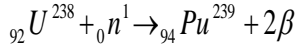
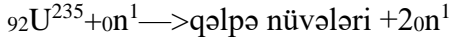
Ağır elementlərin nüvələrinin neytronların təsiri ilə bölünməsi nüvə reaksiyalarının xüsusi bir növünü təşkil edir. Nüvələrin bölünməsi zamanı iki nüvə qəlpə, 2-3 neytron və çoxlu miqdarda enerji ayrılır. Nüvə bölünməsinin müxtəlif variantlarda baş verməsi nəticəsində nüvə qəlpələrin kütlə ədədləri 72-dən 161-ə kimi dəyişə bilər. Onu qeyd etmək kifayətdir ki, nüvənin bölünməsi nəticəsində 250-yə yaxın müxtəlif nüvə-qəlpə alınır. Nüvə bölünməsi zamanı azad olan 2-3 neytronun hər biri qonşu nüvəni parçalayır və hər parçalanmanın nəticəsində başqa nüvələri parçalaya biləcək yeni 2-3 neytron əmələ gəlir və s. Beləliklə, bölünən nüvələrin sayı çox sürətlə artır və zəncirvari reaksiya törəyir. Əgər parçalanmaya uğrayan maddə lazımi miqdarda olarsa, nüvələrin bölünməsi partlayış xarakterli və idarə oluna bilməyən şəkildə gedir. Ancaq sərbəst neytronların miqdarını elə nizama salmaq mümkündür ki, hər bir bölünmə aktından sonra bir dənə neytron sərbəst qala bilsin. Sərbəst qalan neytron yalnız bir nüvənin bölünməsinə səbəb olacaq. Nüvə bölünməsi reaksiyasının bu cür

idarə olunması nüvə reaktoru adlanan qurğuda həyata keçirilir (şəkil 2).



Şəkil 2. Nüvə reaktorunun prinsiplial sxemi

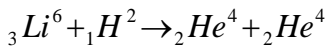
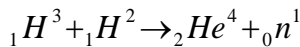
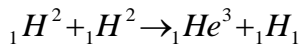
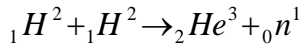
A-uran doldurulmuş reaksiya fəzasıdır. Reaksiya fəzasına neytronların sürətini azaldıb, onlardan nüvələri parçalamaq üçün maksimal istifadə etmək məqsədi ilə qrafit doldurulur. Nüvələr ilə qarşılıqlı təsirdə olmadan reaksiya sistemindən uçub gedən neytronları geri qaytarmaq üçün reaksiya fəzası B-qaytarıcısı ilə əhatə olunur. Reaktoru xaricdən qalın V-köynəyi əhatə edir ki, bu da şüalanmanın qarşısını alır. Xüsusi cihazların köməyi ilə artıq neytronları udan Q-çubuğu (kadmium və ya bordan hazırlanır) avtomatik olaraq dala və qabağa çəkilməsi ilə reaktorun işi nizama salınır. İstidaşyıcı kimi istifadə olunan su, maye, metal və s. D-borusu ilə keçərək reaktorun daxilindən istiliyi xaricə çıxarır ki, bu istilikdən də müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunur. Nüvə reaktorunda əsas «yanacaq» kimi ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{92}\text{U}^{232}$, ${}_{194}\text{Pu}^{239}$ izotopları istifadə olunur. Nüvə reaktorunda gedən prosesləri aşağıdakı üç sxemlə göstərmək olar:



İkinci reaksiya bir neçə mərhələdə gedir. Əvvəlcə ${}_{92}\text{U}^{238}$ izotopu kiçik sürətli neytronları tutub radioaktiv ${}_{92}\text{U}^{239}$ izotopuna çevrilir. Bu izotop isə β ~parçalanmaya uğrayaraq radioaktiv ${}_{93}\text{NP}^{239}$ izotopuna çevrilir, axırncı izotop da parçalanma nəticəsində ${}_{94}\text{PU}^{239}$ izotopuna çevrilir.

Nüvə enerjisi almaq üçün ağır elementlərin nüvələrinin bölünməsi reaksiyası ilə yanaşı yüngül nüvələrin birləşməsi reaksiyasından da istifadə edilir, buna yüngül nüvələrin sintezi reaksiyası deyilir. Yüngül nüvələrin sintezi zamanı ayrılan enerji, ağır nüvələrin bölünməsi zamanı ayrılan enerjiden təxminən 10 dəfə çox olur.

Yüngül nüvələrin birləşməsi üçün onlar hökmən yaxınlaşıb bir-birinə toxunmalıdırlar. Nüvələrin itələmə qüvvəsi belə yaxınlaşmaya mane olur. Ona görə sintez reaksiyasının baş verməsi üçün nüvələrə böyük kinetik enerji vermək lazım gəlir. Bunun üçün isə bir neçə milyon dərəcə temperatur tələb olunur. Bu yüksək temperatur isə ağır element atomu nüvələrinin bölünməsi yolu ilə əldə edilir. Bu cür yüksək temperaturda baş verən nüvə reaksiyalarına istilik nüvə reaksiyaları deyilir. İstilik nüvə reaksiyalarına misal olaraq aşağıdakı yüngül nüvələrin birləşməsi reaksiyalarını göstərmək olar:



Radioaktiv parçalanma qanunu

Radioaktiv elementlərin nüvələrinin parçalanması fiziki şəraitdən və radioaktiv elementin daxil olduğu kimyəvi birləşmənin təbiətindən asılı olmayaraq fasiləsiz davam edir və parçalanmanın nisbi sürəti həmişə sabit olur. Başqa sözlə əgər müəyyən T-zamanda radioaktiv maddənin yarısı dağılıbsa, onda sonrakı T-zamanında da yerdə qalmış radioaktiv maddənin yarısı dağılıcaqdır və s. Bu deyilənlər radioaktiv parçalanma qanununun əsasını təşkil edir. Radioaktiv parçalanma qanunu riyazi olaraq aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Burada: N_t - radioaktiv parçalanma prosesinin t-anında mövcud olan (parçalanmamış) atomların sayı, N_0 müşahidənin başlanğıc anında atomların sayı, t-müşahidəyə sərf olunan zaman, e-natural loqarifmin əsası, λ - lambda - vahid zamanda radioaktiv atomların dağılan hissəsini göstərir və parçalanma sabiti adlanır. Parçalanma sabitinin (λ) qarşısındakı mənfi işarəsi zamanın keçməsi ilə radioaktiv atomların miqdarının azalmasını göstərir.

Radioaktiv parçalanmanı xarakterizə etmək üçün parçalanma sabiti ilə yanaşı, yarımparçalanma dövründən (T) geniş istifadə edilir. Yarımparçalanma dövrü dedikdə başlanğıc radioaktiv maddənin yarısının parçalanması üçün lazım olan vaxt başa düşülür. Yarımparçalanma dövrünü asanlıqla $N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ tənliyindən tapmaq olar. Yarımparçalanma dövrünü

T-lə işarə etmək və T- zamandan sonra $N_t = \frac{N_0}{2}$ olduğunu nəzərə alsaq; yuxarıda göstərilən tənliyi aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$$

$e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$ tənliyinin hər iki tərəfini e-əsasına görə loqarifmləsək:

$$\lambda T l_{ne} = l_n 1 - l_{\Pi} 2$$

$$l_{\Pi} e = 1ve l_n 1 = 0 \text{ olduğundan}$$

$$\lambda T = -l_{\Pi} 2ve \text{ ya } \lambda T = l_{\Pi} 2$$

$$T = \frac{l_n 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Yarımparçalanma dövrü (T) radioaktiv nüvənin dayanıqlığını xarakterizə edir və müxtəlif maddələr üçün onun qiyməti saniyənin müəyyən hissələri ilə milyon illər arasında dəyişir.

Radioaktiv maddələr parçalanma sabiti və yarımparçalanma dövrü ilə orta yaşama müddəti (T) ilə də xarakterizə olunurlar. Orta yaşama müddəti dedikdə radioaktiv maddənin təşkil olunduğu atom nüvələrinin «yaşadığı» zaman başa düşülür və qiymətcə parçalanma sabitinin (λ) tərsinə bərabərdir.

Radioaktiv maddənin tərkibində adətən radioaktiv izotoplarla yanaşı radioaktiv olmayan qarışıq da olur. Ona görə də radioaktiv maddənin miqdarı qramlarla ifadə olunan kütlə ilə yox; aktivliklə xarakterizə olunur. Radioaktiv maddənin aktivliyi deyəndə bir saniyədə parçalanan atomların sayı başa düşülür. Bir saniyədə 37 milyard dağılmaya bərabər olan aktivlik radioaktivliyin ölçü vahidi qəbul edilmişdir və ona «Küri» (Ki) deyilir.

$$\text{milliküri}(mKü) = 10^{-3} Kü = 3.7 * 10^7 \text{ parç} / \text{san}$$

$$\text{mikroküri}(mkKü) = 10^{-6} Kü = 3.7 * 10^4 \text{ parç} / \text{san}$$

$$\text{nanoküri}(nKü) = 10^{-9} Kü = 3.7 * 10 \text{ parç} / \text{san}$$

$$\text{pikoküri}(pKü) = 10^{-12} Kü = 0.037 \text{ parç} / \text{san}$$

Küri ilə yanaşı onun aşağıdakı törəmə vahidlərindən də istifadə olunur:

$$1Kü = 2.22 * 10^{12} \text{ parç} / \text{dq}$$

$$1mKü = 2.22 * 10^9 \text{ parç} / \text{dq}$$

$$1mkKü = 2.22 * 10^6 \text{ parç} / \text{dq}$$

$$1nKü = 2.22 * 10^3 \text{ parç} / \text{dq}$$

$$1pKü = 2.22 \text{ parç} / \text{dq}$$

Bu yaxınlarda daha əlverişli bir vahid saniyədə 1 milyon dağılma təklif edilmişdir, ona «rezerford» (Rd) deyilir.

Radioaktiv maddələr aktivliklə bərabər xüsusi aktivlik anlayışı ilə də xarakterizə olunurlar. Xüsusi aktivlik vahid zamanda maddənin vahid kütləsinə uyğun gələn parçalanmanın sayıdır.

Nüvə şüalanması

Radioaktivlik 1896-cı ildə fransız alimi Anri Bekkerel tərəfindən müəyyən edilmişdir. O qeyd etmişdir ki, uran saxlayan maddələr özlərindən görünməyən şüalar buraxır, bu da fotoplyonkanı işıqlandırır, ağacdən, kağızdan və bütün bərk maddələrdən keçə bilir. Bundan bir qədər sonra məşhur fransız fizikləri Mariya Skladovskaya Küri və Pyer Küri müəyyən etdilər ki, «U»-dan əlavə «Th» torium və «Po» polonium da eyni şüa buraxma qabiliyyətinə malikdir. 1898-çi ildə radium izotopu tapıldı. Aparılan müşahidələr göstərdi ki, radiumun verdiyi şüalanmanın ardıcılığı, urandan milyon dəfə çoxdur. Bekkerel

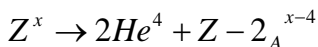
və Mariya Kuri bir qədər sonra radiumun insan orqanizminə güclü təsirini müşahidə etdilər.

Dayanıqlığı az olan elementlərin atom nüvələri özbaşına parçalana bilər, bu zaman yeni element atomu nüvələri və radioaktiv şüalar adlanan xüsusi növlü şüalar əmələ gəlir. Bu hadisə radioaktivlik adlanır. Öz-özünə parçalanan izotopa isə radioaktiv izotop deyilir.

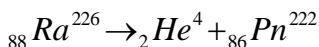
Hazırda radioaktiv parçalanma zamanı yaranan şüalara ionlaşdırıcı və yaxud nüvə şüaları adı verilmişdir. İonlaşdırıcı şüalanma əsasən şüanın tərkib hissəsi ilə əlaqədardır, bu şüalar ətraf mühitin ionlaşmasına səbəb olur. Bu xüsusiyyətə rentgen və ultrabənövşəyi şüalar da məxsus olduğu üçün «Nüvə şüalanması» adı düzgün ad kimi qəbul olunmuşdur. Bütün növ radioaktiv parçalanmanın özünə məxsus xüsusiyyəti olmaqla bərabər, bir sıra xassələri eynidir.

Radioaktiv şüaların maddələrlə qarşılıqlı təsiri

Alfa süası və onun maddə ilə qarşılıqlı əlaqəsi: α -şüası elektrik və maqnit sahəsindən qayıdır, iki neytrondan və iki protondan ibarətdir. Parçalanma zamanı başlanğıc radioaktiv nüvədən 2 proton (P) və 2 neytron (N), başqa sözlə helium atomu nüvəsi ayrıldığı üçün yeni əmələ gələcək element atomu nüvəsinin yükü 2, kütləsi isə 4 atom kütlə vahidi qədər az olacaq, ümumi şəkildə bunu belə yazmaq olar:

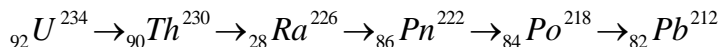


α -parçalanmaya misal olaraq radiumun radona çevrilməsini göstərmək olar:



Göründüyü kimi, α -parçalanma zamanı başlanğıc radioaktiv element dövrü sistem cədvəlində 2 xana solda

yerləşən elementə çevrilir. Bir neçə mərhələli alfa parçalanma mövcuddur. Məsələn:



Alfa hissəciklər maddədən keçərkən əsasən atomun elektronları ilə qarşılıqlı təsirdə olur. Bu zaman atomların ionlaşması və həyəcanlanması prosesləri baş verir. Hər ionlaşma zamanı bir cüt ion əmələ gəlir. Havada bir cüt ionun əmələ gəlməsi üçün təxminən 35 MeV enerji lazımdır. Alfa hissəciyin enerjisi məlum olsa, onda onun havada törətdiyi ionların miqdarını tapmaq olar.

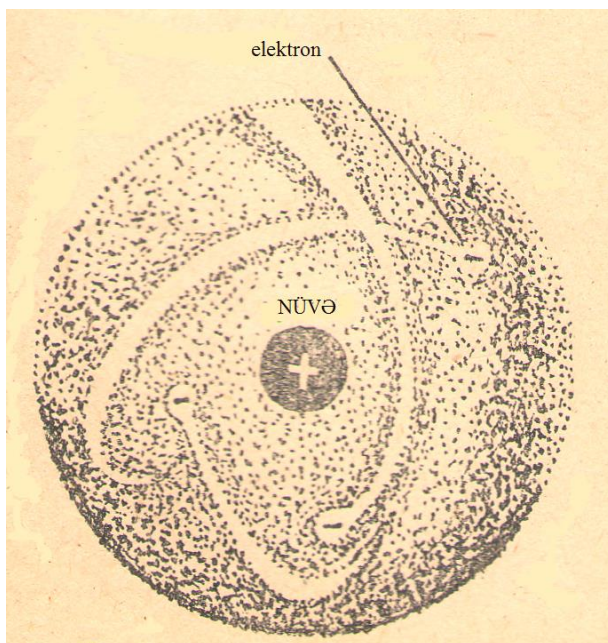
Bunun üçün hissəciyin enerjisini 35 MeV -ə bölmək lazımdır. Hesablama göstərir ki, enerji 7 MeV olan alfa hissəcik havada 200 min cüt ion yarada bilər. Hissəciklər öz yollarında yaratdıqları ion cütlərinin ümumi miqdarına tam ionlaşma deyilir. Uzunluq vahidinə uyğun gələn yolda yaranan ion cütlərinin sayına isə ionlaşma sıxlığı deyilir. Tam ionlaşmanın və ionlaşma sıxlığının qiymətləri həm mühitdən, həm də şüalanmanın təbiətindən asılıdır. Mühitin sıxlığı nə qədər böyük olarsa, ionlaşma sıxlığı da o qədər çox olacaq. Beta hissəciklərə nisbətən, α -hissəciklər üçün tam ionlaşmanın və ionlaşma sıxlığının qiymətləri çox böyükdür. α -hissəcikləri maddədə düz xətt boyunca yayılır: o yalnız nüvə ilə toqquşan zaman öz istiqamətini dəyişir. Onlar öz enerjilərini tamamilə atomların ionlaşmasına və həyəcanlanmasına sərf edir.

Atomun quruluşu

Təbiətdə mövcud olan bütün maddələr kiçik hissəciklərdən ibarət olub, molekul adını daşıyır. Sadə maddələrin molekulları eyni atomlardan, mürəkkəb maddələrininki isə müxtəlif atomlardan ibarətdir. Təbiətdə bəzi elementlər molekul şəklində deyil, atom şəklindədir (məsələn, inert qazlar, germanium, silisium və s.).

Atom və molekulun ölçüsü, kütləsi olduqca kiçikdir. Atomun radiusu santimetrin yüz milyonda bir hissəsi ilə ölçülür.

Ən yüngül atom hesab edilən hidrogen atomunun radiusu $0,53 \cdot 10^{-8} \text{sm}$, kütləsi isə $1,67 \cdot 10^{-24} \text{q}$ -dır. 1 q molekul həcmində olan hidrogendə külli miqdarda hidrogen atomu vardır ($6,02 \cdot 10^{23}$). Hidrogen atomunun ölçüsünü təsəvvür etmək üçün belə bir misal göstərmək olar: insan Yer kürəsindən neçə dəfə kiçikdirsə, hidrogen atomu da qırma dənəsindən bir o qədər dəfə kiçikdir.



Şəkil 3. Atomun quruluş sxemi

Atom müsbət yüklü nüvədən və onun ətrafında hərəkət, edən mənfi yüklü elektronlardan təşkil olunmuş mürəkkəb sistemdir (şəkil 3). Atom dedikdə neytral atom başa düşülür. Atomun kütləsi, adətən, nüvəsinin kütləsi ilə təyin olunur və atom kütlə ədədi ilə mütənasibdir. Atomun kütlə ədədi, atom nüvəsini təşkil edən proton və neytronların ümumi sayını göstərir.

Elektronun kütləsi ($0,91 \times 10^{-27} q$) protonun və neytronun kütləsindən ($1,67 \cdot 10^{-24} q$) təxminən 1840 dəfə kiçik olduğundan, atomda elektronların ümumi kütləsi nüvənin kütləsindən bir neçə min dəfə kiçikdir.

Atomun öyrənilməsində kimyəvi elementlərin dövrü qanununun mühüm əhəmiyyəti vardır. Bu qanun 1869-cu ildə D.İ.Mendeleev tərəfindən kəşf edilmişdir. Hal-hazırda 105 kimyəvi element məlumdur, bu elementlərin atomları fiziki-kimyəvi xassəsinə, ölçü və kütləsinə görə biri digərindən fərqlənir.

Atom yunanca «bölünməz» deməkdir. Uzun müddət alimlər belə güman edirdilər ki, atom və molekullar bölünməz hissəciklərdən ibarətdir.

Atomun varlığı və onun bölünməz olması haqqındakı fikir qədim yunan alimləri Demokrit və Epikura məxsusdur. XVII əsrdə fransız filosofu P.Qassendi və ingilis kimyaçısı R.Boyl da bu fikri söyləmişlər. XVII, XVIII əsrlərdə atom bir-birindən forma və ölçüə fərqlənən bölünməz, dəyişilməz zərrəcik hesab edilirdi. XIX əsrin əvvəllərində inkilis alimi C.D Alton atom nəzəriyyəsinə aid müddəalar əsasında həndəsi nisbətlər qanununu tapdı.

Yalnız XX əsrdə radioaktiv maddələrin kəşf edilməsi ilə əlaqədar olaraq atom və molekulların quruluşu düzgün olaraq izah edildi.

Aparılan uzunmüddətli təcrübələr, radioaktivliyin, maddənin atomları daxilində gedən mürəkkəb proseslərin nəticəsi olduğunu təsdiq etdi. Beləliklə, elektromaqnit və radioaktivlik hadisələrinin aşkar edilməsi, atomun mürəkkəb hissəcik olduğunu və onun daxilində müxtəlif fiziki proseslərin getdiyini müəyyən etməyə imkan yaratdı.

Böyük rus alimi M.V.Lomonosov belə güman edirdi ki, atom və molekullar maddələrin ən axırını hissəciyi olmayıb, mürəkkəb quruluşa malikdir.

Onda belə bir sual meydana çıxdı, bəs atom nədən təşkil olunmuşdur?

Aparılan çoxlu təcrübələr atomların mənfi və müsbət yük daşıyan hissəciklərdən ibarət olduğunu təsdiq etmişdir. Yəni atom mənfi yük daşıyan elektronlardan və müsbət yük daşıyan protonlardan ibarətdir.

1903-cü ildə Con Tomson atomun ilk quruluş modelini verdi. Ona görə, atomun bünövrəsini neytral zərrəcik təşkil edir. Atom müsbət yüklü, həcmcə bərabər paylanmış kürədən ($R \sim 10^{-8} sm$) və daxilində üzən elektronlardan ibarət yüklər sistemidir. Lakin böyük enerji ilə α -zərrəciklərinin atomlardan səpilməsi bu modelin səhv olduğunu göstərdi. Atom nəzəriyyəsinin irəli sürülməsində Rezerfordun təcrübələrinin rolunu qeyd etmək lazımdır. Onun xüsusilə 1911-ci ildə atom fizikasında apardığı eksperimental tədqiqatları atomların quruluşuna və xassələrinə aid bir çox sirləri aşkara çıxarmağa imkan verdi.

Rezerford atom nüvəsi varlığını kəşf etmiş və atomun planetar modelini yaratmışdı.

Hər bir nüvənin ölçüsü atomun en kəsiyindən on min dəfə kiçikdir. Belə ki, atomun radiusu $10^{-8} sm$ olduğu halda, nüvənin en kəsiyi $10^{-12} - 10^{-13} sm$ -ə uyğundur.

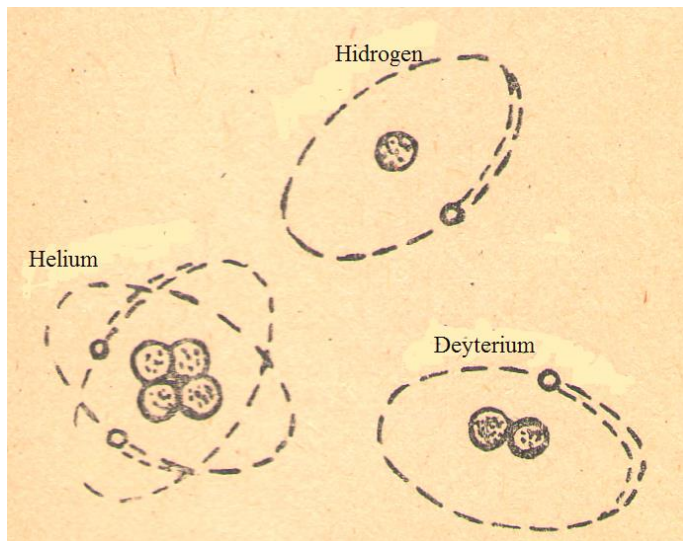
Elektronlar nüvə ətrafında ellips və dairəvi orbitlərdə sürətlə və külli miqdarda dövr edir.

Sübut olunmuşdur ki, elektronların hamısı nüvə ətrafında eyni məsafədə müxtəlif təbəqələrdə yerləşmişdir (şəkil 4).

Hər təbəqədə müəyyən miqdar elektron mövcud olur. Belə ki, nüvəyə yaxın 1-ci təbəqədə yalnız 2-yə qədər, 2-ci təbəqədə 8, 3-cü təbəqədə 18, 4-cü təbəqədə 32-yə qədər və s. elektron yerləşir. Böyük atom çəkisinə malik olan elementlərin elektron təbəqəsi 7-yə çatır. Bunlar belə işarə edilir: K, Z, M, N, O, P, Q.

Rezerford atomun aşağıdakı modelini təklif etdi. Bu modelə görə nüvə, atomun mərkəzində yerləşən müsbət yükədən və onu əhatə edən mənfi yüklü elektron təbəqəsindən ibarətdir. Rezerfordun modelinə görə atomun bütün müsbət yükü və əsas kütləsi (99,94%) nüvədə cəmlənmişdir. Nüvənin yükü, yəni protonların sayı mütləq qiymətə elektronların yükünün cəminə bərabərdir. Ona görə də nüvə protonlardan (p_1^+) və

neytronlardan (n_1^0) ibarətdir. Bunların cəmi elementin atom çəkisini təşkil edir. Protonlar müsbət yüklü zərrəciklərdir, neytronlar isə neytraldır.



Şəkil 4. Hidrogen, helium, deyterium atomunun modeli.

Nüvənin yükü, yəni protonların sayı mütləq qiymətcə elektronların yükünün cəminə bərabərdir. Ona görə də atom neytraldır. Hər bir elementin atom çəkisini və sıra nömrəsini bilməklə nüvədə olan neytronların sayını göstərilən düsturla tapmaq olar:

$$N=A-Z$$

burada: N-neytronların sayı, A-elementin atom çəkisi, Z- isə protonların sayıdır.

Əgər bu düstur, uran atomunda olan neytronların sayını tapmaq üçün tətbiq edilsə, onda $N=A-Z$; $A=238$, $Z=92$, $N=238-92=146$ neytron olar.

Rezerford təcrübə əsasında müəyyən etmişdir ki, α -zərrəciklər atomun nüvəsinə yaxın olduqca ona daha çox meyl edir. Buradan da atomun mərkəzində müsbət yüklü nüvənin yerləşməsi müəyyən edilmişdir.

Atomda elektronların sayı 2 ədəd ilə işarə edilir. Elektronlar nüvə ətrafında müəyyən elektron qatlarında hərəkət edir. Atoma xaricdən böyük qüvvə ilə təsir edildikdə elektronlar xarici təbəqədən daxili təbəqəyə doğru yerlərini dəyişir. Buna atomun oyanması deyilir. Əgər qüvvə güclüdirsə onda elektron bir atom təbəqəsini tərk edib digər atom təbəqəsinə birləşir. Bu isə iki neytral atomdan bir cüt ionun əmələ gəlməsinə səbəb olur. Atom bir və ya bir neçə elektron itirdikdə, o, müsbət iona, kənardan elektron qəbul etdikdə isə mənfi iona çevrilir. Buna *ionizasiya (ionlaşma) hadisəsi* deyilir.

Rezerfordun irəli sürdüyü atomun planetar modeli, atom haqqında olan əvvəlki mülahizələrə (məsələn, Tomson modelinə) nisbətən irəliyə doğru atılmış bir addım idi. Lakin bu model də klassik fizika çərçivəsində düzgün hesab olunmur, yəni onun özündə də aşağıdakı çatışmayan cəhətlər vardır. Ona görə də Rezerford elektronun nüvə ətrafında hərəkətini qəbul edir. Belə ki, əgər elektron hərəkətsiz olsaydı onda nüvə tərəfindən cəzb olunmalıydı.

Elektron nüvə ətrafında «Z» radiuslu orbitində «V» sürətlə hərəkət etdikdə kulon qarşılıqlı təsir qüvvəsi mərkəzə-qaçma qüvvəsi ilə tarazlaşır, yəni

$$\frac{Ze \cdot e^1}{E \cdot r^2} = \frac{mV^2}{r} \text{ olur}$$

burada, e-nüvənin yükü, e^1 -elektron yükü, elektronun kütləsidir. Bu düsturdan elektronun sürəti üçün $U=10^6$ m/sandır.

Elektronun «V» sürətini və orbitini, «q» radiusunu bilməklə elektronun mərkəzəqaçma təcilini hesablamaq olar:

$$e = \frac{V^2}{r} = \frac{10^{12} m \setminus san^2}{10^{-10} m} = 10^{22} m \setminus san$$

Belə yüksək təcillə hərəkət edən elektron çox qısa müddətdə ($t \sim 10^8 \text{ san}$) özünün enerjisini kəskin sürətdə azaldıb, nüvə üzərinə düşməli və atom dağılmalıdır. Deməli, Rezerfordun atomu dayanıqlı olmayıb, onun yaşama müddəti saniyədən də azdır.

Atomla nüvə ətrafında sonsuz sayda «q» və buna uyğun «V» sürəti vardır. Onda hər orbit özünəməxsus «E» enerjisində malik olmalıdır. Böyük təcillə hərəkət edən elektron, fasiləsiz olaraq elektromaqnit dalğaları şüalandıraraq spiral şəkildə nüvə üzərinə düşməli, nəticədə şüalanmanın spektri bütöv spektr olmalıdır.

Təcrübə isə atom spektrinin bütöv spektr deyil, xətti spektr olduğunu təsdiq edir. Deməli, klassik fizikaya Rezerfordun atom modeli dayanıqlı deyil, həm də bütöv spektr verməlidir ki, bunun hər ikisi təcrübəyə ziddir.

E.Rezerfordun verdiyi planetar modelin çatışmayan cəhətlərini nəzərə alaraq, Nils Bor aşağıdakı iki postulatı irəli sürdü:

1. Adi şəraitdə atom, enerjinin yalnız müəyyən (diskret) qiymətləri ilə xarakterizə olunan stasionar hallarda olur. Bu hallarda elektronlar ancaq şüalanmır nüvə ətrafında müəyyən orbitlər boyunca hərəkət edir (şüa udmur);

2. Atom, yalnız bir stasionar haldan digərinə keçdikdə müəyyən tezlikli şüa buraxır. Buraxılan şüanın (fotonun) E enerjisi, stasionar halların enerjiləri fərqi bərabər olar:

$$E = h\nu = E_t - E_p$$

burada, h -plank sabit, E_t , E_p stasionar halların enerjisidir. Sonralar atom spektrlərinin öyrənilməsi, alınan külli miqdarda təcrübə faktlarının tədqiqi, N.Bor postulatlarının doğruluğunu göstərdi.

Bununla yanaşı N.Bor nəzəriyyəsində çatışmayan cəhətlər də vardır. Bu nəzəriyyə də ardıcıl kvant nəzəriyyəsi deyildir. Çünki elektronun atomdakı hərəkəti klassik fiziki qanunlara əsasən kvantlaşma şərtlərinə görə müəyyənləşməlidir.

Bor nəzəriyyəsi nəinki mürəkkəb atomların spektrlərini, hətta hidrogen atomunun spektr xəttinin intensivliyini də izah edə bilmədi.

Bütün bu məsələlər yalnız kvant mexanikası əsasında qurulmuş atom nəzəriyyəsi ilə şərh oluna bilər.

Atom kütlə vahidi molekul, atom, nüvə və elementar zərrəciklərin kütləsini ölçmək üçün vahiddir.

1961-ci ilə qədər atom kütlə vahidi olaraq fiziki şkalada oksigenin $8^{16}O$ izotop kütləsinin, kimyəvi şkalada isə oksigen atomunun orta kütləsinin (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O izotoplarının orta kütləsi) $1/16$ -i qəbul edilmişdir (kimyəvi atom kütlə vahidi $1,66022 \cdot 10^{-24}$, fiziki atom kütlə vahidi isə $1,65976 \cdot 10^{-24}$ q-a bərabərdir). 1961-ci ildə Beynəlxalq kimyaçılar qurultayında $6^{12}C$ karbon izotopu kütləsinin $1/12$ -i yeni atom kütlə vahidi kimi təsdiq edilmişdir.

Əgər əvvəllər elementar zərrəciklərin kütləsi elektronun kütləsinə nisbəti ilə ölçülürdüsə, indi enerji vahidi milyon elektron voltlarla (MeV) ölçülür. Bir atom kütlə vahidi $931,1 MeV$ -ə uyğundur.

Atom kütləsi, atom kütləsinin atom kütlə vahidi ilə ifadə olunan qiyməti. Atomların kütləsi son dərəcə kiçik olduğundan onları qramla göstərmək əlverişli deyildir. Buna görə də atom kütləsini ölçmək üçün xüsusi ölçü vahidindən ($6^{12}C$ izotopu kütləsinin $1/12$ -i ilə təyin olunan vahid) istifadə edilir.

Atom kütləsi anlayışını elmə ilk dəfə 1803-cü ildə C.Dalton daxil etmişdir.

1869-cü ildə D.I.Mendeleyev elementlərin xassələrinin onların atom kütləsindən dövrü surətdə asılılığı qanununu kəşf etmiş, bu qanuna əsaslanaraq o zaman elmə məlum olan elementlərdən bir çoxunun (Be, U, La və s.) atom kütləsi dəqiqləşdirilmiş və hələ kəşf edilməmiş Ga, Ge, Se elementlərinin atom kütləsinin nə qədər olacağını qabaqcadan xəbər vermişdir.

İzotoplar

Elementlərin radioaktivliyinin aşkar edilməsinin atom daxilindəki nüvə təbiətinin aydınlaşdırılmasında böyük rolu oldu.

Radioaktiv parçalanmaların, bölünmələrin təhlili bir çox mürəkkəb prosesləri aydınlaşdırdı. Məlum oldu ki, elementləri təkcə kimyəvi xassələrinə görə qruplaşdırmaq, ayırmaq düzgün deyildir.

Hələ 1911-ci ildə Fridrix Soddi belə bir fərziyyə irəli sürərək qeyd etmişdir ki, bəzən kimyəvi xüsusiyyətləri ilə bir-birinə uyğun gələn elementlər radioaktivlik cəhətdən fərqlənir. Bu elementləri Mendeleeyevin dövrü sistemində eyni xanada yerləşdirmək olar. Ona görə də F.Soddi bu elementlərə izotoplar (dövrü cədvəldə eyni yer tutan) adını verdi.

F.Soddinin fikri bəzi alimləri bu barədə düşünməyə məcbur etdi. Belə ki, bir il sonra C.Tomson neon ionlarının kütləsini düzgün ölçməyə nail olur. O, bu məqsədə neon ionlarının elektrik və maqnit sahəsinə meyl etməsinə əsasən çatmışdır.

C.Tomson aşkar etdi ki, neon atomu iki növdən ibarətdir. Atomun böyük bir hissəsinin kütləsi 20-yə, digər hissəsinin kütləsi isə 22-yə bərabərdir. Bunların ikisinin qarışıq halda kütləsi 2.02-yə bərabər olur. Deməli, bəzi elementlərin atomları kimyəvi xüsusiyyətlərinə görə uyğun gəlmiş halda, kütlələrinə görə fərqlənir. Onlar atom kütləsinə görə bir-birindən ayrılmamağa baxmayaraq Mendeleeyev cədvəlində eyni sırada yerləşir. Deməli, elementlər təkcə radioaktivliyinə görə deyil, atom kütləsinə görə də bir-birindən fərqlənir. Axırncı xüsusiyyət əsas xüsusiyyət hesab edilir. Bəzi kimyəvi elementlərin nüvə yükünün və atomda yerləşən elektronların sayının eyni olmasına baxmayaraq onların kimyəvi xüsusiyyətləri eyni, nüvəsinin kütləsi isə müxtəlifdir.

Ola bilər ki, nüvə radioaktiv və stabil (dəyişməz) olsun. Radioaktivlik cəhətdən fərqlənən elementlərin nüvəsinin kütləsi müxtəlif olur.

Həm yüngül, həm də ağır atom çəkiyə malik olan kimyəvi elementlərin izotoplarına rast gəlinir. Məsələn, ağır atom çəkili uranın 238, 235, 233 və s. yüngül çəkili hidrogen atomunun isə 1,2,3 izotopları mövcuddur.

Hidrogen atomunun izotopları çəkiyə biri digərindən iki və ya üç dəfə ağır olur.

Atom çəkisi 2-yə uyğun hidrogen izotopu deuterium (^2H) adlanır. Deuterium oksigenlə birləşərək ağır su əmələ gətirir ki, bu da fiziki xüsusiyyətlərinə görə adi sudan kəskin sürətdə fərqlənir. Ağır su normal atmosfer təzyiqində $101,2^\circ\text{C}$ -də qaynayır, $3,8^\circ\text{C}$ -də isə donur.

Hidrogenin üçüncü izotopu tritium (^3H) adlanır. Bu izotop (β -radioaktivliyə malik olub, yarımbölmə dövrü 12 ilə bərabərdir.

Neytronların sayı hidrogen izotopunun növündən asılı olaraq müxtəlifdir. Məsələn, deuterium bir proton və bir neytrondan təşkil olunduğu halda, tritium bir proton və iki neytrondan ibarətdir.

Hazırda 105 elementin 274 stabil və 1000-ə yaxın radioaktiv izotopları vardır.

Neytronun kəşfi

1932-ci ildə nüvə fizikasında fəvqəladə bir hadisə baş verir. Bu hadisə neytronun kəşfi ilə əlaqədar idi.

Aparılan elmi təcrübələrdən aydın olur ki, α -zərrəciklərlə berilliumu mərmiləyən zaman yüksək keçiricilik qabiliyyətinə malik olan şüalar əmələ gəlir ki, bu şüalar da 10-20 *sm* qalınlığında qurğuşun lövhədən asanlıqla keçir.

Güman edildiyinə görə həmin şüalar γ - şüalardır. Jren Jolio Kuri (Mariya və Pyerin qızı) və onun əri Frederik Jolio Kuri sübut etmişlər ki, berilliumdan çıxan şüaların qarşısına parafin lövhəsi qoyulduqda, şüalanma intensivliyi güclənmiş olur. Bu onunla izah edildi ki, parafinin tərkibində olan çoxlu protonlar şüalanma nəticəsində parafindən ayrılır. Jolio Kuri

Vilson kamerası vasitəsilə müəyyənləşdirdi ki, parafindən ayrılan protonlar sürətlə hərəkət edərək, α -zərrəciklərilə toqquşduqda böyük enerjiyə səbəb olur. Bu enerji, hətta, 55 MeV -ə çata bilər.

1932-ci ildə Rezerfordun tələbəsi, ingilis fiziki D.Çedvik, Vilson kamerasında azot nüvəsinin berillium şüaları ilə toqquşmasından alınan enerjinin 90 MeV -ə çatmasını, arqon nüvə-sinə toqquşduqda 150 MeV həcmində böyük enerjinin olmasını aşkar etdi. Bununla sübut olundu ki, nüvənin α -zərrəciklərilə toqquşması onun sakitliyini, sükutunu pozur və onu hərəkətə gətirir.

Deməli, berilliumdan α -zərrəciklər təsirindən ayrılan ağır zərrəciklər, protonlar azotun və arqonun ağır nüvələrilə toqquşduqda böyük enerji mənbəyi əldə edilir. Bu zərrəciklər yüksək keçiricilik qabiliyyətinə malik olduğundan və qazları ionlaşdırmadığından, elektrik cəhətdən neytral hesab olunur. Tapılan bu yeni zərrəciklər *neytron* adını daşıyır. Neytronun mövcud olması barədə mülahizəni Cedvikin təcrübəsindən 10 il əvvəl Rezerford söyləmişdir.

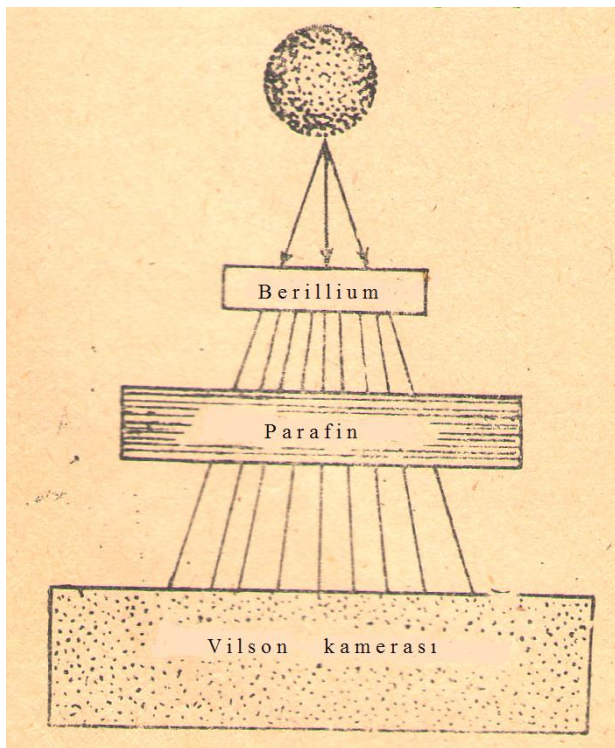
Berilliumu α -zərrəciklərlə mərmiləyərkən ondan neytronlar ayrılır. Zərrəciklərin qarşısına parafin lövhə qoyulduqda isə onların sayı artmış olur (şəkil 5).

Bu onunla izah olunur ki, parafinin tərkibində hər birinin kütləsi neytronun kütləsinə bərabər olan çoxlu hidrogen atomu vardır. Parafindən keçən neytronlar hidrogen atomu nüvəsi ilə (protonlarla) toqquşur və öz enerjisinin çox hissəsini atomun nüvəsinə verir. Nəticədə parafindən protonlar qoparılıb çıxarılır. Bu protonlar ionlaşdırıcı kameraya daxil olarkən orada qeyd edilir.

Yüklü hissəciklərdən fərqli olaraq (proton, elektron, α – zərrəciklər) neytronlar maddə daxilindən keçərkən, o maddənin atomlarını ionlaşdırmaq üçün öz enerjisini sərf etmir. Bu, neytronların yüksək keçmə qabiliyyətinə malik olması ilə izah olunur.

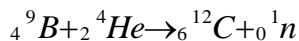
Dəqiq ölçü cihazları vasitəsilə müəyyənləşdirilmişdir ki, neytronun kütləsi protonun kütləsinə çox yaxındır. Deməli,

neytrona kütlə ədədi 1 və elektrik yükü sıfır olan bir hissəcik kimi baxmaq olar. Neytronun ${}_0n^1$ simvolu ilə göstərilməsi qəbul edilmişdir.

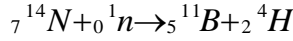


Şəkil 5. Neytronları aşkara çıxaran qurğunun sxemi.

a-zərrəciklər berillium nüvəsilə qarşılaşdıqda neytron əmələgətirmə reaksiyası belə olur.



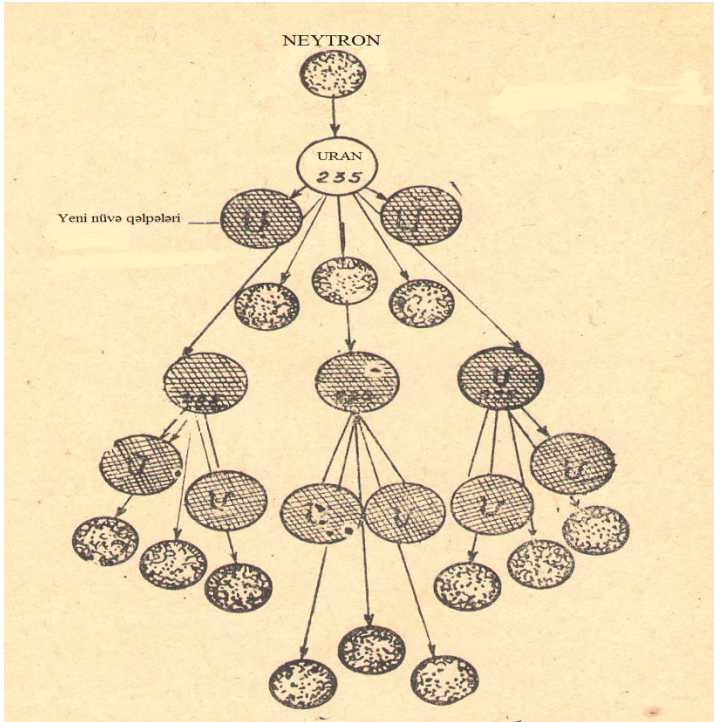
Alınan neytronlar öz növbəsində elementlərin çevrilməsi üçün istifadə edilə bilər. Neytronlar kəşf edildikdən sonra belə bir reaksiya müşahidə olunmuşdur:



Neytronun kəşfindən sonra atom nüvəsinə təsir etməklə müxtəlif maddələrin alınması mümkün oldu ki, bu da tədqiqatçıların əlində güclü bir silah oldu.

Nüvənin bölünməsi, zəncirvari nüvə reaksiyası.

Nüvənin bölünməsi **nüvə reaksiyası** adlanır. 1939-cu ildə sübut olunmuşdur ki, uran elementi neytronlarla şüalandırıldıqda davamsız yeni uran nüvəsi alınır və bu nüvə də təxminən, bərabər kütləli iki nüvəyə çevrilir (şəkil 6).



Şəkil 6. Uran nüvəsinin bölünməsi zamanı neytronların alınma sxemi.

Ağır nüvənin bu üsulla iki bərabər kütləli nüvəyə ayrılması reaksiyasına ***bölünmə nüvə reaksiyası deyilir.***

Ayrılan təcrübələr, uran nüvəsinin bölünərkən əmələ gələn yeni qəlpələrinin (nüvələr) sürətlə ətrafa sıçradığını göstərdi. Bu isə atom nüvəsinin özünəməxsus partlayışıdır. Bu partlayış intensiv γ -şüalanma ilə yanaşı davam edir. Deməli, uran nüvəsi bölündükdə, nüvə enerjisinin bir hissəsi güclü bioloji təsirə malik olan α -şüaların yaranmasına səbəb olur.

Bir uran nüvəsi bölündükdə ayrılan enerji, təxminən 200 *MeV*-ə bərabərdir.

Hesablamalar göstərir ki, 1 *kq* uran atomunun nüvəsi tam bölünərsə, ayrılan enerjinin miqdarı 2000 *t* kömür yananda alınan enerjiyə müvafiq gəlir.

Nüvənin bölünmə mexanizmi belədir. Ağır metal nüvəsinə, məsələn, uran izotopuna (^{235}U) neytron daxil olan zaman nüvə həyəcanlanır (^{236}U). Bu zaman nüvənin sferik forması pozulur, nüvə deformasiyaya uğrayır və uzunsov şəkil alır.

Nəticədə nüvə iki hissəyə ayrılır. Bu proses 10^{-12} saniyə ərzində olur. Hər dəfə bölünmə zamanı 200 *MeV enerji* hasil olur.

Uran nüvəsinin qəlpələri radioaktivdir. Onlar da, öz növbəsində bir sıra ardıcıl çevrilmələrə məruz qalır ki, bu halda da külli miqdarda enerji ayrılır. Uran nüvəsi parçalandıqda barium, kripton, rubidium, kadmium və s. elementlər əmələ gəlir.

Nüvə reaksiyasının ən əhəmiyyətli cəhətlərindən biri də bölünmə zamanı yeni neytronların spontan (özbaşına) olaraq əmələ gəlməsidir. Məlum olmuşdur ki, hər bir nüvə bölünərkən bir neçə (1-dən 3-ə qədər) neytron buraxır.

Bu fakt, nüvənin daxili enerjisindən istifadə etmək üçün həlledici rol oynayır.

Uran nüvəsi bölündükdə alınan təzə neytronlar yeni nüvə qəlpələrinə təsir edərək, onları yenidən iki hissəyə ayırır və

nəticədə bölünən qəlpələrin və neytronların sayı çoxalır. Belə reaksiyaya *zəncirvari reaksiya* deyilir.

Bu reaksiya sürətlə getdiyindən nəhəng partlayış verir.

Reaksiyanın aparılması üçün müəyyən şərait olmalıdır.

Təbiətdə mövcud olan uran iki izotopdan ibarətdir: 99,3% ^{238}U və 0,7% ^{235}U -izotopu, neytronları udduğu üçün zəncirvari nüvə reaksiyasının gedişinə maneçilik törədir.

Reaksiyanın gedişində əsas rol ^{235}U izotopu oynayır. Ona görə də zəncirvari nüvə reaksiyası aparmaq üçün təbiətdə olan uran filizini təmizləməklə ^{235}U izotopunu əldə edirlər. Bunu əldə etmək çox çətin hesab edilir.

Təcrübələr sübut edir ki, zəncirvari reaksiya tək-cə uran izotopunda deyil, metal plutonium elementində də gedə bilər. ^{239}Pu plutoniumu isə sərbəst halda rast gəlmir. Onu əldə etmək üçün uran qazanlarından istifadə edilir. ^{235}U izotopundan əlverişli ^{239}Pu hesab olunur. Çünki hissəciklərə ayırmaq çox asandır.

Qeyd etmək lazımdır ki, istər ^{235}U izotopu, istərsə də ^{239}Pu izotopunun zəncirvari reaksiyalarının gedişi üçün «böhran kütləsi» deyilən miqdar lazımdır.

Bu miqdardan az olan uran və plutonium izotopları zəncirvari reaksiya törədə bilmir. Əgər kütlələr azdırsa, onda neytronlar xaricə çıxır və nüvəni yenidən bölə bilmir. Deməli, istər uran və istərsə də plutonium izotopları böhran kütləsindən az olduqda onları təhlükəsiz olaraq saxlamaq mümkün olur.

Partlayış əldə etmək üçün göstərilən izotoplardan hazırlanmış iki hissəni (hər iki hissənin ayrılıqda kütləsi böhran kütləsindən az, birləşdikdə isə böhran kütləsinə bərabər olmalıdır) böyük sürətlə bir-birinə toxundurmaq lazımdır. Bu isə böyük gücə malik olan partlayıcı maddələr vasitəsilə həyata keçirilir. Atom və hidrogen bombalarının quruluşu bu prinsip əsasında qurulmuşdur.

Atom bombası

Atom nüvəsinin parçalanma reaksiyası nəticəsində nüvədaxili enerjinin (atom enerjisinin) bir hissəsinin ayrılması hesabına çox qüvvətli partlayış yaranır ki, buna da aviasiya bombası deyilir. İlk atom bombası ikinci Dünya müharibəsinin axırlarında ABŞ-da hazırlanmışdır.

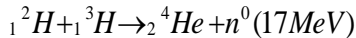
Atom bombası havada istənilən hündürlükdə, yer səthində və su altında, lazımi dərinlikdə partladıla bilər.

1945-ci ilin iyulunda ABŞ atom bombasını sınaqdan keçirir. Avqustun 6-da Yaponiyanın Xirosima və avqustun 9-da Naqasaki şəhərlərinin atomla dağıdılması gücü 20 min ton trotil partlayışına ekvivalent olan 2 bomba atılmışdır. Xirosimada 200 minə yaxın adam ölmüş, 160 minə yaxın adam yaralanmış və radioaktiv şüalanmaya məruz qalmışdır.

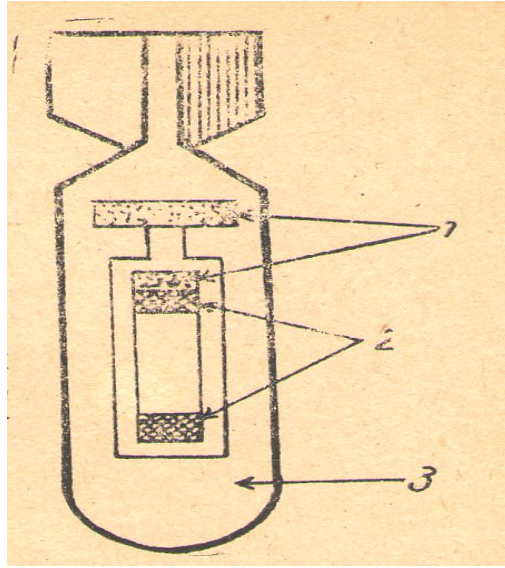
Naqasakidə 73 mindən artıq adam ölmüş və itkin düşmüş, sonralar isə 35 min adam şüalanmadan tələf olmuşdur. 1947-ci ildə akademik İ.V.Kurçatovun rəhbərliyi ilə işləyən bir qrup rus alimi atomun «sirrini» açdı (şəkil 7). 1949-cu ilin avqustunda atom silahı keçmiş SSRİ-də ilk dəfə müvəffəqiyyətlə sınaqdan keçirildi, bu isə atom hədə qorxusuna son qoydu.

Hidrogen bombası

Nüvə partlayışı ilə əlaqədar olan bombaların növlərindən biri də hidrogen bombasıdır. Bundan əmələ gələn enerji hidrogen izotoplarından deuterium və tritium heliumu sintez edən anda yaranır. Heliumun sintez reaksiyası aşağıdakı kimi gedir:



Lakin, bu reaksiyanın getməsi üçün yüksək dərəcədə (10000000°) temperatur tələb olunur. Bu temperaturun alınması yalnız uran və plutonium bombalarının partlaması yolu ilə əldə edilir.

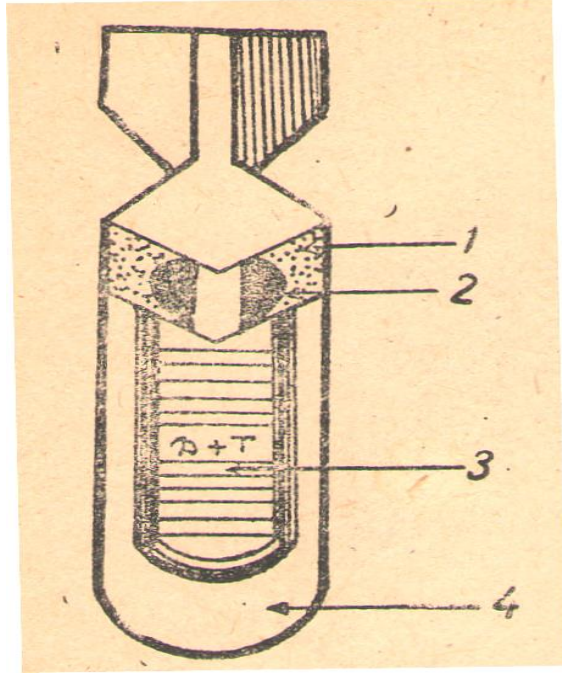


Şəkil 7. Atom bombasının sxemi: 1-yükü adi partlayıcı maddə olan məsafə, yaxud zərbə təsirli partlayış qurğusu; 2-nüvə (plutonium, yaxud uran); 3-örtük (qılaf).

Deməli, hidrogen bombası atom bombasını əvəz etmir, onu yalnız təkmilləşdirir və gücünü bir neçə dəfə artırmağa imkan verir.

Məlum olduğu kimi, sintez reaksiyası partlayıcı maddələrin kritik kütləsindən asılı deyildir. Deməli, hidrogen bombasının gücünü artırmaq üçün istənilən miqdarda hidrogen izotoplarından istifadə etmək olar (şəkil 8). Hidrogen bombasının ölçüsü atom bombasından dəfələrlə böyük olduğundan, radiasiya zonası zərbə zonasından az olur. Hidrogen bombası partladıqda γ -şüalanma dozası atom bombası partlayışına nisbətən az olur. Hidrogen izotoplarının nüvə reaksiyası zamanı külli miqdarda neytronlar əmələ gəlir. Lakin bunlar çox da təhlükə törətmir. Çünki neytronların bir hissəsi hidrogen bombası örtüyü tərəfindən neytrallaşdırılır, digər tərəfdən isə havada olan azotla reaksiyaya girərək γ -şüalar yaradır. α -şüaların intensivliyi o qədər yüksək olmur.

Hidrogen bombası 1,8 *kmməsafədə* öldürücü şüalanma təsi-rinə malikdirsə, onun dağıdıcı zonasının diametri 7 *km-ə* bərabər olur.



Şəkil 8. Hidrogen bombasının sxemi. 1-adi partlayıcı maddə olan məsafə, yaxud zərbə təsirli partlayış qurğusu; 2-nüvə (plutonium, yaxud uran); 3-hidrogen partlayıcı maddə (deyterium tritium); 4 örtük.

Atom partlayışı

Məlum olduğu kimi, ağır nüvəyə malik olan maddələrdə gedən zəncirvari reaksiya və yüngül nüvəyə malik maddələrdə gedən birləşmə reaksiyası hesabına əmələ gələn külli miqdarda enerji atom və hidrogen bombalarında tətbiq edilir.

Atom və hidrogen bombaları partlayışı nəticəsində bir an içərisində (10^{-6} *san*) külli miqdarda enerji hasil olur. Belə ki, 1

kq ^{235}U və ya ^{235}Pu parçalanması nəticəsində ayrılan enerji 20000 t trotil bombasının partlaması nəticəsində əmələ gələn enerjiyə müvafiq gəlir. Bu enerji $2.10^7 kvt-a$ və ya $2.10^{16} kal-yə$ bərabərdir.

Kiçik həcmli sahədə bir an içərisində əmələ gələn külli miqdarda enerji yüksək temperatur və təzyiğin yaranmasına səbəb olur. Partlayış zamanı temperatur bir neçə milyon dərəcəyə çatır, təzyiq isə bir neçə yüz min atmosferə qədər yüksəlir. Nəticədə parlaq işıq şöləsi və yüksək zərbəli dalğa yaranır.

^{239}Pu nüvəsinin parçalanması zamanı γ -şüalanma və neytron şüalanma alınır. Parçalanma nəticəsində 200-ə qədər yeni radioaktiv izotoplar əmələ gəlir və onlar da öz növbəsində β -zərrəciklər və λ ,-şüalar xaric edir. Alınan radioizotoplardan bəziləri qısa müddətdə parçalanıb qurtarır və öz aktivliyini itirir, bəziləri isə uzun müddət radioaktivliyini saxlayır.

Zəncirvari nüvə reaksiyası nəticəsində temperatur yüksələrək on milyonlarla dərəcəyə çatır. Partlayış nəticəsində gözləri kor edəcək dərəcədə parlaq alov şarı əmələ gəlir. Alov şarında həddindən artıq yüksək temperatur yarandığından atmosfer təzyiqi də bir neçə yüz minə qədər artır.

Alov şarının istiliyi ilk anlarda günəşin mərkəzində olan temperatura uyğun gəlir. O, özündən infraqırmızı, ultra-bənövşəyi və görünən şüalar da buraxır.

Alov şarı ətrafa yayıldıqca onun temperaturu tədricən aşağı düşür. Alovun şöləsinin davamı, bombanın diametrindən asılıdır. Orta diametrdə olan bombalar 3 saniyə şölə saçır.

İlk partlayış zamanı alov şöləsinin diametri (d), bombanın diametrinə uyğun olur. 10^{-4} saniyədən sonra $d=25 m$, temperatur isə $t=3000000^\circ\text{C}$ -dir. Bu zaman işığın gücü $9 km$ məsafədə 100 dəfə günəş şüasından artıq parlaqlıqda nəzərə çarpır.

$1,5.10^{-2}$ saniyədən sonra $d=200 m$ və $t=5000^\circ\text{C}$, 1 saniyədən sonra isə $d=300 m$ və $t=2000-3000^\circ\text{C}$ qədər aşağı düşür.

Bir neçə saniyədən sonra alov şarı itir və onun yerində «qaz qabarcıqları» əmələ gəlir. Bu qabarcıqlar havadan yüngül olduğundan tez yüksəyə qalxır. Onlar 10 saniyə ərzində 450 m-ə və 10-12 dəqiqədə isə 12-18 km-ə qədər yüksəlmiş olur.

Qaz qabarcıqları və hava buxarı tədricən soyuduğundan həmin zonada köbələkvari şəkildə, azotla zəngin bulud görünür. Bunun tərkibi 100 tona qədər NO_2 -dən ibarət olur (şəkil 9).

Su altında atom bombasının partlayışı zamanı alov şarı yaranır. Atom şöləsi suyun üzərinə doğru çıxaraq su silindri, «sultanı» əmələ gətirir. Həmin silindrdən havaya külli miqdarda qaz çıxaraq göbələkvari atom buludu yaranır. Qatı duman şəkilli zonada 5 dəqiqədən sonra böyük bir sahəni əhatə edən bulud yaranmış olur (şəkil 10).

Sualtı atom partlayışı zamanı dəniz həddindən artıq çirklənmiş olur.

Sualtı atom bombası partlayışında şüasaçma, demək olar ki, olmur, güclü dalğa zərbəsi müşahidə edilmir, çünki yaranan enerjinin əksər hissəsi suyun buxarlanmasına səbəb olur.



Şəkil 9. Atom bombasının havada partlayışı. Göbələkvari buludun əmələ gəlməsi.



Şəkil 10. Atom bombasının su altında partlayışı

Torpaqaltı partlayışda isə havaya və torpaq üzərindəki partlayışlara nisbətən silindr şəklində toz və atom buludu az olur. Atom buludundan iri dispersiyalı radioaktiv toz hissəcikləri ətraf mühitə yayılaraq oranı çirkləndirir.

Hazırda nüvə silahının hazırlanmasında iki növ reaksiyadan: a) ağır atom çəkiyə malik olan kimyəvi elementlərin nüvələrinin bölünməsi (uran-235, plutonium-239); b) yüngül atom çəkiyə malik olan elementlərin nüvələrinin birləşərək ağır elementi əmələ gətirməsində istifadə edilməsi.

Qeyd edilən hər iki reaksiyadan, həm birlikdə və həm də ayrılıqda (atom və hidrogen nüvə bombasından) istifadə edilir.

Nüvə silahı partlayarkən aşağıdakı təsiredici amillər meydana çıxır: zərbə dalğası, işıq şüalanması, nüfuzedic radiasiya, elektromaqnit impulsları və külli miqdarda radioaktiv maddələr.

Bu amillərin gücü və təsir dərəcəsi nüvə bombalarının böyüklüyündən və partlayış məsafəsindən asılı olaraq dəyişə bilər.

Atom, hidrogen və digər nüvə bombaları müxtəlif şəraitlərdə partladıla bilər.

Belə ki, partlayış havada yer səthindən bir neçə yüz metr yüksəkdə, torpaqda yerüstündə, yeraltında, suda su üstündə və sualtında ola bilər. Beləliklə, atom partlayışı nəticəsində aşağıdakı xüsusiyyətlər meydana çıxır:

1. Böyük dağıdıcı qüvvəyə malik enerjinin ayrılması, 1000 dəfə ən güclü trotil bombası partlayışı nəticəsində ayrılan enerjiden yüksək olur.

2. Canlı orqanizmə güclü bioloji təsir edən α , β , γ -şüaların və neytron selinin əmələ gəlməsi.

3. Partlayış nəticəsində radioaktiv maddələrin yaranması.

Atom partlayışı zamanı enerji təxminən 50% zərbə dalğasına, 35% işıq şüalanmasına, 10% radioaktiv zəhərlənməyə və 5% isə nüfuzedic radiasiyaya sərf olunur.

Zərbə dalğası

Zərbə dalğası atom bombası partlayışında əsas və başlıca amillərdən hesab edilir.

Partlayış zamanı atmosfer təzyiqi yüksəlib bir neçə yüz min atmosferə çatdığından, bu zərbə dağıdıcı xarakter daşıyır.

İlk anlar zərbə dalğasının sürəti çox olur, sonra tədricən azalaraq, səs dalğası sürəti ilə bərabərləşir.

Məsələn, 0,5 *san* zərbə dalğası 300-400 *m*, 1 *san*-150 *m*, 2 *san*- 1,2 *km*, 5 *san*-2 *km*, 10 *san*-4 *km*, 36 *san*-dən sonra isə 13 *km*-ə qədər məsafəni qət edir.

Atom bombası partlayışı nəticəsində zərbə dalğasının gücü ətrafa doğru tədricən azalır. Belə ki, 800 *m* radiusunda olan zona tam dağılmış olur. Bu zaman dəmir beton karkasdan tikilmiş binalar dağılır. Diametri 1,6 *km* olan zonada da güclü dağıntı əmələ gəlir. Kərpicdən, daşdan tikilmiş binalar tam, lakin dəmir betondan tikilmiş binalar isə qismən dağılmış olur.

Partlayışdan 2,5 *km* kənarında olan daş və kərpic binalar tam, 3,2 *km* olan binalar isə qismən zədələnir.

Episentrdən 1.3 *km* aralı pəncərə şüşələri sınırlı, evin suvağı tökülür.

Zərbə dalğasının gücü izafi təzyiqlə təyin olunur. Hər kvadrat santimetr sahəyə düşən təzyiqlə *izafi təzyiqlə* (1 kq/sm^2) deyilir.

Partlayış zamanı əmələ gələn zərbə dalğası 3 növ olur:

1.Yüngül növ zədələnmədə izafi təzyiqlə $0,1-0,25 \text{ kq/sm}^2$ -ə müvafiq gəlir. Bu zaman canlı orqanizmdə qanaxmalar, əziklər, çıxıqlar və az hallarda sınıqlar müşahidə edilir.

2.Orta növ zədələnmədə bir qədər yüksək, yəni $0,25-0,5 \text{ kq/sm}$ izafi təzyiqlə olur. Bu növ zədələnmədə insanın eşitmə qabiliyyəti pozulur, huşu itir, şiddətli başağrısı, ətraflarda zədələnmələr, qanaxmalar və s. olur.

3.Ağır, növ zədələnmədə izafi təzyiqlə $0,5-0,7 \text{ kq/sm}^2$, bəzən isə $0,7-0,9 \text{ kq/sm}^2$ -ə çatır. Bu zaman orqanizmdə ciddi zədələnmə, ağır kontuziya, çoxlu sınıqlar, çıxıqlar, daxili orqanlarda qanaxma və s. aşkar olunur.

İşıqlə şüalanması

Atom bombası partlayan zaman gözləri kor edən, parlaqlıqla saçan şüa seli əmələ gəlir. Bu şüalar qısa müddətli (8-12 *san*) təsirə malikdir.

1958-ci ildə Conston adasında amerikalılar tərəfindən partladılmış 5 meqatonluq bombanın alov şöbəsi 145 km yüksəkliyə ucalmış və 1160 km məsafədən aydın görünmüşdür.

İşıqlə şüalanmasından əmələ gələn zədələnmənin dərəcəsi *ışıqlə impulsu* ilə hesablanır.

İşıqlə impulsu vahidi kal/sm^2 qəbul edilmişdir. Orqanizmdə baş verən yanıqlar, korluqlar, canlı toxumanın tam yanmış kömürləşməsi, işıqlə impulsunun miqdarından asılıdır.

Belə ki, $2-4 \text{ kal/sm}^2$ birinci, $4-10 \text{ kal/sm}^2$ ikinci, $10-15 \text{ kal/sm}^2$ yüksək işıqlə impulsunun təsirindən canlı toxuma, xüsusilə dəri yanaraq kömürə çevrilir.

Partlayış zamanı enerjinin 33%-i işıqlə saçmaya gedir. İlk anlarda qızarmış alov şarının istiliyi bir neçə milyon dərəcə olduğu halda, tez bir anda, $0,001 \text{ san-də}$ 100000°C -yə qədər soyumuş olur. $0,01$ saniyədən sonra qızarmış alov şarının tem-

peraturu 2000°C -yə çatır. Lakin sonradan bu temperatur 7000°C -yə qalxır və yenidən bir neçə min dərəcə də aşağı düşür.

Partlayış zamanı işıq şöləsini bir neçə yüz kilometrədən görmək olur. Ətraf zonalar yüksək temperaturda yanıb külə çevrilir. Hətta $1,5\text{ km}$ aralı məsafədə təhlükəli yanğınlar baş verir. Bu zonada olan insanlar kor olur və şiddətli yanıqlara məruz qalırlar.

Xirosimada partladılan atom bombası təsirindən əhalinin ölümünə səbəb 20-30% halda yanıq olmuşdur.

Nüfuzedici radiasiya

Bu, qısamüddətli təsir göstərən və nüvə partlayışı zamanı əmələ gəlib ətrafa yayılan γ -şüalar və neytron selindən ibarətdir. Bu zaman 70-80% γ -şüalar və 20-30% isə neytronlar əmələ gəlir.

Güclü radiasiya təsirindən canlı orqanizmi təşkil edən hüceyrələrdə ionlaşma reaksiyası gedir və onun bioloji qabiliyyəti pozulur. Bu isə orqanizmdə şüa xəstəliyini əmələ gətirir.

Nüfuzedici radiasiya müxtəlif əşyalardan çox asanlıqla keçdiyindən, onun ziyanverici təsirini aşağı salmaq üçün yüksək atom çəkisinə malik olan sıx və qalın materiallardan hazırlanmış sığınacaq və daldalanacaqlardan istifadə edilir.

Aparılan təcrübələr atom bombası partladığı zaman havanın ionlaşması və yüksək sürətli elektronların yayılması nəticəsində elektromaqnit sahəsinin yarandığını sübut etmişdir. Bu isə elektrik yükünün və cərəyanın əmələ gəlməsinə səbəb olur. Yüksək gərginlik altında yaranan cərəyan şiddəti ildırım kimi elektrik xətlərinə, antennalara, radio, elektrik aparatlarına düşərək onların cərəyanını artırır, sıradan çıxarır.

Atom və hidrogen bombalarının partlayışı nəticəsində külli miqdarda radioaktiv maddələr əmələ gəlir. Radioaktiv maddələrin hissəcikləri müxtəlif kütləyə malik olduğundan kiçik

hissələr buludun tərkibində uzaq sahələrə yayılır, böyük hissəciklər isə yaxın məsafədə torpağa enir.

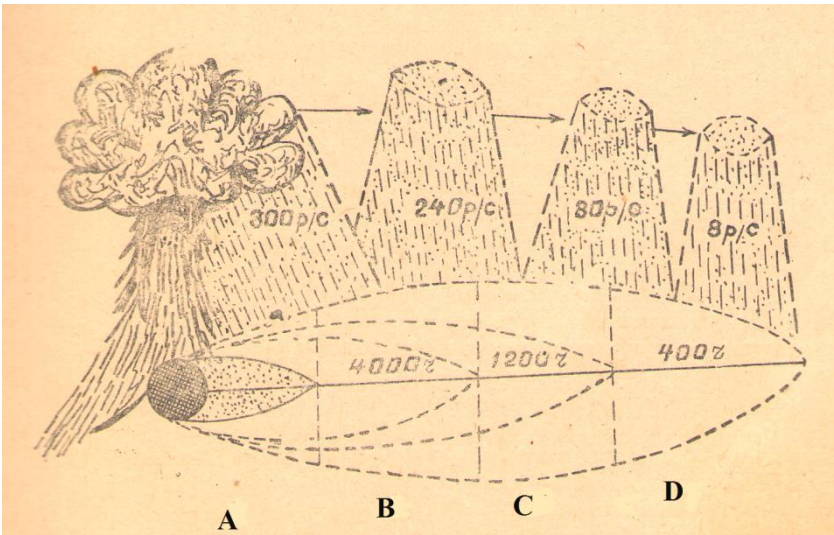
Radioaktiv maddələrin yayılmasında və ərazinin zəhərlənməsində nüvə silahı növünün, partlayış məsafəsinin, meteoroloji şəraitin və yerin relyefinin böyük təsiri vardır (şəkil 11).

Radioaktiv maddələrin ölçüsü mikronlarla hesablanır və 3 növ hissəciklərə ayrılır. Birinci növ hissəciklərin diametri 5μ - dan (mikron) böyük olub havada yalnız 10-20 saat qalır. Bu hissəciklər onlarla kilometr məsafəyə yayılır.

İkinci növ hissəciklərin diametri $1-5 \mu$ olub 2-3 həftə ərzində dünyanın bir çox ölkələrinə yayılır.

Üçüncü növ hissəciklər ən kiçik ($0,3-1 \mu$) olub havada uzun müddət (hətta bir neçə il) qalır, yağış və qar vasitəsilə tədricən Yer kürəsinin hər tərəfinə çökərək, onu çirkləndirir.

Ona görə də nüvə partlayışı zamanı yaranan təhlükə illərlə davam edir. Radioaktiv maddələr hava, qida maddələri, su və s. ilə orqanizmə daxil olaraq onu zəhərləyir.



Şəkil 11. Radioaktiv buludun yayılma zonaları: A-öldürücü; B-təhlükəli; C-güclü; D-zəif.

İlkin nüvə şüalanması bir neçə növ olur:

a) partlayış zamanı ani olaraq (10^{-6} san) y-kvant zərrəciklərinin əmələ gəlməsi;

b) neytronların yaranması;

v) az davam edən a-şüalanma.

Atom partlayışı zamanı azdavamlı şüalanmaya qalığ şüalanması və ya ikinci şüalanma deyilir.

Atom partlayışı zamanı ilkin nüvə şüalanmasının faizi yüksək olmur, çünki ilk anda yaranan γ -şüa atom bombasını təşkil edən və ağır metaldan hazırlanmış örtük tərəfindən tutulub saxlanılır. Lakin ikincili şüalanma güclü bioloji təsirə malik olduğundan ən təhlükəli sayılır. Yaranan γ -şüaların intensivliyi vaxtdan asılı olaraq azalır: 0,1 san-də 20%, 0,5 san-də 35%, 1 san-də 50%, 10 san-də 80%, 20 san-də 90% və 1 dəqiqədə 99%.

γ -şüalanma məsafə ilə tərs mütənəsib olaraq dəyişir. Məsələn, 100-150 m qalınlığında hava təbəqəsində γ -şüaların intensivliyi 2 dəfə azalmış olur.

Cədvəl 1. Şüalanma intensivliyinin məsafədən asılılığı

Məsafə - m (radius)	650	1000	1250	1400	1600	1800	2250	2700
Doza R	2000	10000	800	250	85	35	7	2

Məhvətmə zonası radiusu 1,3 km hesab edilir. Atom partlayışında 1,8 km aralı məsafədə isə γ -şüalanma orqanizmdə mühüm və həyat üçün təhlükəli dəyişiklik əmələ gətirmir.

Atom partlayışı nəticəsində yaranan γ -şüalar ətrafa yayıldığı zaman müxtəlif növlü əşyalara, maneələrə rast gəlir və onlar tərəfindən udulub saxlanılır.

γ -şüalar qalınlığı 10 sm olan betondan, 2 sm qurğuşun lövhədən, 25 sm taxtadan, 100-150 m hava təbəqəsindən, 20 sm sudan, 50 sm qardan keçən zaman onların intensivliyi 2 dəfə zəifləyir.

Yaşayış evləri yalnız 10% γ -şüaların qarşısını ala bilir. Lakin xüsusi sığınacaq (qorunma) yerlərində γ -şüaların intensivliyini 100-1000 dəfə aşağı salmaq olur.

Atom enerjisinin dinc məqsədlərlə işlədilməsi

XX əsrdə ən böyük kəşflərdən biri nüvə enerjisinin aşkar edilməsidir.

Bir neçə il bundan əvvəl məşhur fransız alimi Pal Lanjnevən söyləmişdir ki, nüvə enerjisi kəşfini insan cəmiyyətində odun kəşfi ilə bərabər qiymətləndirmək olar. Bu kəşfin bəşəriyyət tarixində, nə dərəcədə əhəmiyyətli olmasını əvvəlcədən demək çox çətindir.

Nüvə enerjisinin kəşfi texniki elmlərin inkişafına güclü təkan verdi. Bununla, insanlar azalmaqda olan yeraltı enerji mənbələrinin (daş kömür, neft, torf) əvəzində yeni enerji mənbələri əldə etmiş oldular.

Nüvə enerjisi kütləsi vahid hesab edilərsə, yeraltı yanacaq materiallarına nisbətən daha çox və ucuz istilik enerjisi verir. Lakin, təəssüflə qeyd etmək lazımdır ki, bu qiymətli kəşf ilk dəfə insanların məhvinə, kütləvi qırğınlara səbəb olmuşdur. Dünyada ilk dəfə olaraq 1942-ci ildə ABŞ-da uran nüvəsinin bölünməsi, zəncirvari reaksiyanın alınması mümkün olmuşdur. Bu reaksiyanın aparılmasına Enriko Fermi rəhbərlik etmişdir.

Sovet ittifaqında ilk nüvə katlanı reaktoru 1946-cı il 25 dekabrda görkəmli sovet alimi İ.V.Kurçatovun rəhbərliyi ilə həyata keçirilmişdir.

Atom enerjisindən əldə edilən külli miqdarda, milyonlarla kilovat saat enerji, quruculuq işlərində, sənaye və kənd təsərrüfatında istifadə edilə bilər.

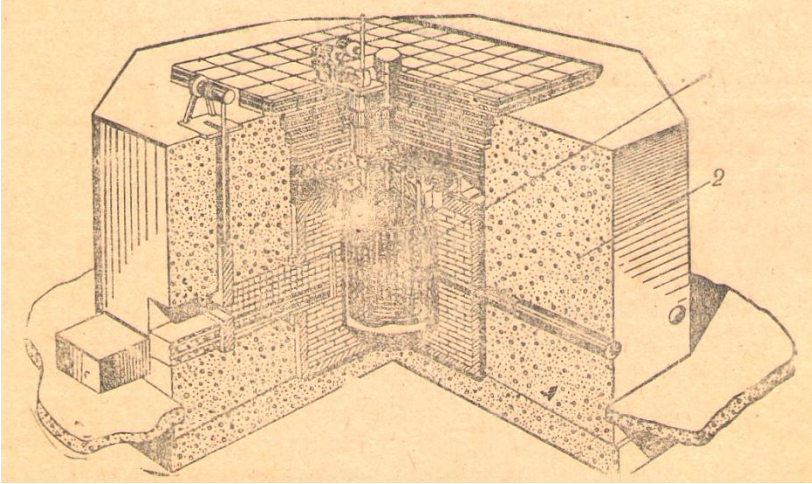
Atom elektrik stansiyalarının verdiyi enerji, bərk və maye halındakı yanacaqlarla işləyən elektrik stansiyalarının verdiyi elektrik enerjisindən ucuz başa gəlir (şəkil 12).

Bir sıra ölkələrdə 5000 MVt-dan yüksək enerji verən atom elektrik stansiyaları fəaliyyət göstərməkdədir.

Dünyada sənaye əhəmiyyətli ilk sınaq atom elektrik stansiyası (5 MVt gücündə) 1954-cü ildə SSRİ-də (Obninski şəhərində) istifadəyə verilmişdir.

1958-ci ildə Sibir atom elektrik stansiyasının (tam layihə gücü 600 MVt) 100 MVt gücündə birinci növbəsi işə salındı. İ.V.Kurçatov adına Beloyarsk atom elektrik stansiyasının birinci bloku 1964-cü ildən ikinci bloku isə 1967-ci ildən işləməyə başlayır.

Sonradan bu tipli elektrik stansiyaları Novovoronejsk, Ulyanov vilayətinin Dmitrovqrad şəhərində, Leninqrad, Şevçenko və s. şəhərlərdə tikilib istifadəyə verilmişdir.



Şəkil 12. Atom elektrik stansiyasının quruluş sxemi: 1- aktiv zona, 2-2,6 m qalınlığında olan qoruyucu beton divar.

Nüvənin daxili enerjisini digər enerjiyə çevirən, yavaş gedən zəncirvari reaksiyaların böyük keyfiyyətə malik olduğuna və gələcəkdə geniş inkişaf tapacağına heç bir şübhə qalmır.

Belə reaksiyalar uran qazanlarında sürəti azaldılmış neytronların köməyi ilə aparılır.

Atom elektrik stansiyalarında zəncirvari nüvə reaksiyası nəticəsində bəzi ağır element (məsələn, ^{235}U , ^{239}Pu) nüvələrinin bölünməsi prosesindən ayrılan istilik enerjisi adi istilik elektrik stansiyalarında (buxar, qaz turbini, elektrik generatorlarının vasitəsilə və s.) olduğu kimidir.

Bir qram uran və ya plutonium izotopu bölündükdə saatda $22,5 \text{ MVt}$ enerji alınır. Bu isə $2,8 \text{ t}$ təbii yanacaqın yanmasından alınan enerjiyə ekvivalentdir.

II FƏSİL

İONLAŞDIRIÇI ŞÜALARIN DOZİMETRİYASI VƏ RADIOMETRİYASI

Dozimetriya - nüvə fizikasının və ölçü texnikasının bir sahəsi olub, ionlaşdırıcı şüalanmanın ölçülməsi, qeyd olunması vasitələri və prinsiplərini öyrənir, dozimetriya vasitəsi ilə radioaktiv elementlərin buraxdıqları ionlaşdırıcı şüaların miqdarca və keyfiyyətcə qiymətləndirilməsi, canlı orqanizmlərin məruz qaldıqları şüalanma dozasının təyini və radio izotoplarla işləyən şəxslərin şüalanmasının nəzarət altında saxlanması tədbirləri həyata keçirilir.

Radiometriya radioaktiv maddələrin miqdarının ölçülməsi və onların müxtəlif sahələrdə qatılığının təyin olunmasını öyrədir.

Şüalanmanın canlı orqanizmə təsiri şüalanma dozası ilə qiymətləndirilir. Şüalanmaya məruz qalan obyekt tərəfindən udulan ionlaşdırıcı şüalanmanın enerjisi şüalanma dozası adlanır, başqa sözlə, doza mühit tərəfindən udulan şüalanma enerjisinin miqdarını göstərir. Rentgenin və qamma şüasının havada əmələ gətirdiyi ionlaşmanın miqdarı şüalanmanın fiziki və ya ekspozisiya dozası adlandırılır.

Rentgen (R) - normal şəraitdə 0°C , 760 mm civə sütünü təzyiqdə 1 sm^3 və ya $0,001293\text{ q}$ havada $2.08 \cdot 10^9$ cüt ion yaradan rentgen γ - şüalanmanın dozasıdır.

Rentgenlə bərabər onun aşağıdakı törəmə vahidləri vardır. $1\text{ kilorentgen (kP)} = 10^3\text{P}$, $1\text{ millirentgen (mP)} = 10^{-3}\text{R}$, $1\text{ mikrorentgen (MkR)} = 10^{-6}\text{ R}$.

Şüalanmaya məruz qalan maddə tərəfindən udulan enerjini xarakterizə etmək üçün doza D_{ud} anlayışından istifadə olunur. Maddənin vahid kütləsi tərəfindən udulan istənilən ionlaşdırıcı şüalanmanın enerji miqdarı şüalanmanın **udulan dozası adlanır**. Şüalanmanın udulan dozası vahidi olaraq *coul/kg* qəbul olunmuşdur. Bu vahiddən əlavə, «rad» adlanan xüsusi bir

vahiddən də geniş istifadə olunur. «Rad» ingiliscə «şüalanmanın udulan dozası» mənasını verən sözlərin baş hərflərindən düzəldilmişdir. 1 rad qiymətcə 100 *erq/qa* bərabərdir. Adətən radın aşağıdakı törəmə vahidlərindən istifadə olunur. 1 kilorad (krad)=10³ rad, 1 millirad (mrad)=10⁻³ rad, 1 mikrorad=10⁻⁶ rad.

Müxtəlif ionlaşdırıcı şüalanmanın canlı orqanizmə təsiri yalnız udulan enerjinin ümumi miqdarından yox, şüalanmanın növündən, ionlaşmanın sıxlığından asılıdır. Buna görə də müxtəlif şüalanmanın orqanizmə bioloji təsirini müqayisə etmək üçün dozimetriyada nisbi bioloji effektivlik və şüalanmanın bioloji ekvivalenti anlayışından istifadə olunur. Şüalanmanın nisbi bioloji effektivliyi verilmiş şüalanmanın bioloji təsirinin rentgen şüalarına nisbətən nə dərəcədə çox və az olmasını xarakterizə edir. Nisbi bioloji effektivliyi «NBE» kimi işarə edirlər. Buna kəmiyyət əmsalı da deyirlər. «NBE»- rusca nisbi bioloji effektivlik mənasını verən sözlərin baş hərflərindən düzəldilmişdir.

Məlum olan hər hansı şüalanmanın kəmiyyət əmsalını (OBE) tapmaq üçün bu şüalanmanın yaratdığı bioloji effekt qədər effekt törədən rentgen şüalanmasının udulan dozasını verilmiş şüalanmanın udulan dozasına bölmək lazımdır. Əgər udulan dozası 500 rad olan rentgen şüalanmanın yaratdığı effekt, udulan dozası 100 rad olan neytronların yaratdığı effektə bərabədirsə, onda neytronların nisbi bioloji effektivliyi;

$$OBE = \frac{500}{100} = 5 \text{ olacaq}$$

Şüalanmanın bioloji təsirini nəzərə almaqla şüalanmanın dozasını xarakterizə etmək üçün bioloji doza vahidi kimi rentgenin bioloji ekvivalentindən istifadə edirlər. Rentgenin bioloji ekvivalentini «BER» kimi işarə edirlər. «BER»-rusca rentgenin bioloji effekti mənasını verən sözlərin baş hərflərini göstərir. «BER» verilmiş şüalanmanın elə dozasıdır ki, onun

yaratdığı bioloji təsir dozası 1 R olan rentgen şüalarının yaratdığı dozaya bərabər olsun.

Hal-hazırda başqa bir bioloji doza vahidindən istifadə edilir, o «BER» kimi işarə olunur. «BER» radın bioloji ekvivalent mənasını verir və bu şüalanmanın elə dozasıdır ki, onun yaratdığı effekt, udulan dozası 1 rad olan - γ və β - şüalarının yaratdığı effektə bərabər olsun. Bu bərabərlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$\text{BER} = D_{\text{rad}} \text{OBE}$$

İonlaşdırıcı şüaları qeydə alan üsullar

Adi kimyəvi üsullarla radioaktiv maddələrin olmasını qeyd etmək mümkün deyil, ona görə ki, onların miqdarını müxtəlif bioloji sahələrdə çəkmək mümkün deyil. İonlaşdırıcı şüalanmanın aşkar olunması və miqdarca qiymətləndirilməsi onun maddə ilə qarşılıqlı təsiri zamanı baş verən fiziki və kimyəvi dəyişikliklərə əsaslanan metodlar vasitəsi ilə həyata keçirilir. İonlaşdırıcı şüalanmanın mühitin maddəsinə təsir effektini iki yerə bölürlər: ilk və sonrakı effekt. İlk effekt dedikdə şüalanmanın təsiri ilə maddədə baş verən ionlaşma və lüminisensiya hadisələri, sonrakı effekt dedikdə isə maddədə baş verən fotokimyəvi reaksiyalar, maddənin kimyəvi və fiziki xassələrinin dəyişməsi başa düşülür.

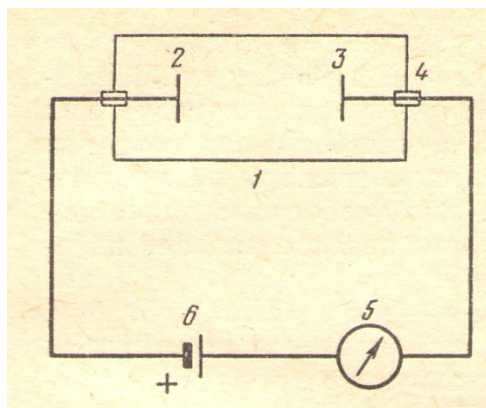
İlk və sonrakı effektləri aşkar etmək üçün müxtəlif aşkaredici detektorlardan və yaxud ötürücülərdən istifadə olunur. İşləmə prinsipinə görə dörd cür detektor ayırd olunur: elektrik, ssintilyasiya, kimyəvi və kalorimetrik detektorlar. Kalorimetrik detektorlar sonrakı effektləri qeyd etmək üçün istifadə olunur və radiobiologiya laboratoriyalarında adətən təcrübə məqsədi üçün istifadə olunmur. Ona görə də əsas elektrik və ssintilyasiya detektorlarını izah edirik.

Elektrik detektorları şüalanmanın təsiri ilə mühidə baş verən ionlaşma zamanı atom və molekulların ionlaşma enerjilərinin elektrik enerjisinə çevrilməsi prinsipinə əsaslanır.

Ssintilyasiya detektorları ionlaşdırıcı şüalanmanın bəzi maddələrə (sink, sulfat, natrium yodid, naftalin və s.) təsiri zamanı enerji udaraq həyəcanlanmış hala keçən atom və molekullar özlərindən işıq fotonları (ssintilyasiya parıltıları) buraxaraq normal vəziyyətə qaydır. Əmələ gəlmiş enerji elektrik signalı yaradır. Bu da düzgün qeydiyyat aparılmasına imkan verir. Ssintilyasiya detektorlarında həmin ssintilyasiya parıltıları ölçülmək üçün əlverişli olan elektrik cərəyanına çevrilir.

İonlaşma üsulları ilə şüalanma dozasının təyini

Məlumdur ki, adi halda qazın təzyiqi və temperaturu dielektrik daşıyır, yəni elektrik yükü olmayan molekullardan təşkil olunur. Nüvə hissəcikləri ilə qazı şüalandıran zaman, qazın sərbəst atom və molekulları (hamısı və yaxud bir hissəsi) mənfi və müsbət ionlara çevrilir, onlarda xaotik şəkildə hərəkətdə olur. Kosmik şüaların təsiri ilə havada olan çox cüzi ionlaşmanı nəzərə almasaq, adi halda hava elektroneytral molekullardan təşkil olunmuşdur. Detektorun kamerasına düşmüş (α , β) şüaların təsiri ilə həmin elektroneytral molekullardan müsbət və mənfi yüklü ionlar əmələ gəlir. Əgər sabit elektrik cərəyanı mənbəyi (V) ilə birləşdirilmiş lövhələr (A, B) arasındakı hava ionlaşdırılırsa (şəkil 13), onda müsbət yüklü ionların mənfi yüklə yüklənmiş lövhəyə (katoda), elektronların isə müsbət yüklü lövhəyə (anoda) tərəf hərəkəti baş verir və nəticədə elektrik dövrəsində cərəyan yaranır. Bu cərəyanı ionlaşdırma cərəyanı deyirlər. İonlaşdırma cərəyanının qiyməti lövhələr (elektrodlar) arasındakı potensiallar fərqiindən asılı olaraq dəyişir. Bu asılılıq şəkil 14-də göstərilən qaz-boşalmanın voltamper xarakteristikası adlanan əyri ilə göstərilmişdir.



Şəkil.13 İonlaşdırıcı kameranın işləmə sxemi. 1- hava və qazla dolu kamera; 2 – anod; 3 – katod; 4 – izolyator; kameranən nüfuzedic cərəyanını ölçmək üçün cihaz; qidalanma mənbəyi.

Potensiallar fərqinin sıfırdan 100 V -a qədər dəyişməsi zamanı (I sahə) ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan elektronların hamısı gəlib elektroda çatmır, onların bir hissəsi müsbət yüklü hissəciklərlə birləşib yeni neytral molekul əmələ gətirir. Potensiallar fərqinin sonrakı artması zamanı (II sahə) elektronların anoda tərəf uçuş sürətləri artır və nəticədə demək olar ki, ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan elektronların hamısı gəlib anoda çatır. İkinci sahə doymuş cərəyan sahəsi adlandırılır və bu sahəyə uyğun gələn cərəyanın qiyməti şüalanma dozasının gücünü xarakterizə edir.

Potensiallar fərqinin III sahəyə uyğun gələn sonrakı artması zamanı ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə yaranan ilk ionların uçuş sürətləri (enerjiləri) o dərəcədə artır ki, həmin ionlar başqa neytral atom və molekulları da ionlaşdırır. Bu proses zərbə mexanizmi adlanır.

İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan ilk ionların sayı (n_0) ilə sonra yaranan ionların ümumi miqdarı (n) arasında aşağıdakı kimi mütənasiblik mövcuddur:

$$n=kn_0$$

burada: k —verilmiş gərginlik üçün sabit kəmiyyət olub, qazgücləndirmə əmsalı adlanır və ümumi ionların miqdarının ilk ionların miqdarından neçə dəfə çox olduğunu göstərir.

Bununla potensiallar fərqlinin artması ilə elektronlara gəlib çatan ionların miqdarı və buna müvafiq olaraq da cərəyanın qiyməti artır. Əlavə yaranan ionların sayı ilk yaranan ionların miqdarına mütənasib olaraq artdığı üçün qazboşalma volt-ampere xarakteristika əyrisinin III sahəsi mütənasiblik sahəsi adlandırılır. Potensiallar fərqlinin daha sonrakı artması zamanı (IV sahə) üçüncü və dördüncü dərəcəli şüalanma əmələ gəlir ki, bu da mürəkkəb qazboşalma mexanizmini yaradır, buna görə də bu sahədən geniş istifadə olunmur.

Lazımi qədər böyük potensiallar fərqlinə (1000-12006) uyğun gələn sahədə (V sahə) cərəyanın qiyməti ilk ionların sayından asılı olmur. Bu sahədə qaz boşalmasının baş verməsi üçün elektrodlar arasında bir dənə ionun əmələ gəlməsi kifayətdir. V sahəyə uyğun gələn rejimdə hər bir ayrıca ionlaşdırıcı hissəciyi qeydə almaq olar. Ölçmə üçün seçilən sahədən asılı olaraq müxtəlif detektorlardan istifadə olunur. Məsələn, II sahəyə uyğun gələn rejimdə ölçmə aparmaq üçün ionlaşdırma kamerasından, III sahə üçün mütənasiblik sayğacından, V sahə üçün hektar sayğacından istifadə olunur.

İonlaşdırıcı kamera rentgen və qamma şüalarını qeyd etmək üçün istifadə olunan hava və ya qaz kondensatorundan ibarətdir. O, əksər hallarda silindr formasında olur. Kameranın divarı izolyator vəzifəsini yerinə yetirən materiallardan hazırlanır.

Radioaktiv şüalanma I kameradakı hava və ya qaz izolyator rolunu oynayır. İonlaşdırıcı hissəciklərin təsiri ilə kondensator lövhələri arasındakı neytral atom və molekullar müsbət və mənfi yüklü ionlara çevrilir. Müsbət yüklü ionlar mənfi qütbə, elektronlar isə müsbət qütbə hərəkət edir və nəticədə kameranın elektrik dövrəsindən cərəyan keçir. Bu cərəyanın qiyməti çox kiçik olduğu üçün onu əvvəlcə

gücləndirici vasitəsi ilə gücləndirirlər və sonra milliampermetrlə ölçürlər. İonlaşdırma cərəyanının qiyməti şüalanma enerjisinin qiyməti ilə düz mütənasib olduğu üçün ionlaşdırma kamerası vasitəsi ilə şüalanmanın dozasını və gücünü müəyyən etmək olar. İonlaşdırma kamerasının köməyi ilə α , β , γ və rentgen şüaları aşkar edib ölçmək olur.

Qazboşaltma sayğacları quruluşca ionlaşdırma kamerasının şəkli dəyişmiş başqa bir formasıdır. Qaz boşaltma sayğacları içərisi təsirsiz qazla (arqon, neon) dolu olan kip silindrik formalı kameradan ibarətdir. Silindrin içərisində onun oxu boyunca və silindrdən izolə edilmiş nazik metal (volfram, polad) tel keçir və bu tel batareyanın müsbət qutbünə birləşdirilir. Silindrin köynəyi isə batareyanın mənfi qutbünə birləşdirilir.

Qazboşaltma sayğaclarının köməyi ilə ionlaşdırma kamerasına nisbətən daha kiçik intensivlikli şüalanmanı ölçmək olur. β -hissəciklərini qeyd etmək üçün divarı ən nazik alüminium materialdan hazırlanmış sayğaclardan (V) (B), α - və yumşaq betta şüalarını qeyd etmək üçün divarına nazik slyuda təbəqəsi çəkilmiş sayğaclardan istifadə olunur (V).

Qazboşaltma sayğacları iki növdə olur: proporsional və Qeyqerov sayğacları. Alfa şüaları və neytronları qeyd etmək üçün adətən proporsional sayğaclardan istifadə edirlər. Betta və qamma kvantları qeyd etməkdən ötrü Qeyqer sahəində işləyən sayğaclardan istifadə olunur.

Ssintilyasiya metodu ionlaşdırıcı şüalanmanın aşkar edilib ölçülməsi üçün istifadə olunan metodlardan biri olub, işıq parıltısının verilməsinə əsaslanmışdır. Ssintilyasiya metodu ilə şüalanmanı ölçmək üçün istifadə olunan sayğaclar iki əsas elementdən: radioaktiv şüalanmanın təsiri ilə işıq parıltıları əmələ gətirən ssintilyatorlardan və əmələ gəlmiş zəif işıq parıltılarını elektrik cərəyanına çevirən və onu milyon dəfələrlə böyüdən fotogücləndiricilərdən təşkil olunmuşdur. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə ssintilyatorda yaranan işıq parıltıları foto gücləndiriciyə verilir və burada ölçülə biləcək elektrik cərəyanına çevrilir.

Şüalanmanın miqdarı, və xassəsi.

Şüalanmanı şüalanma enerjisi seli (F), şüalanma intensivliyi (J) kimi energetik anlayışlarla xarakterizə edirlər.

Hər hansı Δt zaman müddətində maddənin səthindən keçən hissəciklərin və ya kvantların ΔE enerjisinin həmin zamana bölünməsindən alınan kəmiyyət şüalanma enerjisi (F) adlanır:

$$F = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Şüalanma enerjisi selinin Beynəlxalq sistemdə vahidi Coul/san, (C/san) və ya Vatt ilə ifadə olunur. Maddənin vahid səthindən vahid zamanda keçən hissəciklərin və ya kvantların enerjisi şüalanma intensivliyi (J) adlanır:

$$J = \frac{\Delta E}{\Delta S \cdot \Delta t}$$

Beynəlxalq vahidlər sistemində intensivliyin vahidi Vt/m^2 -dir.

İonlaşdırıcı şüalar maddədən keçərkən onların enerjilərinin bir hissəsi mühit tərəfindən udulur, bu zaman şüalanmanın intensivliyi azalır. Şüalanmanın intensivliyinin maddədə azalması belə bir riyazi qanuna tabedir:

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

burada J-şüalanmanın maddə səthindən X məsafədəki dərinlikdə olan intensivliyi, J_0 -şüalanmanın maddəyə daxil olana qədər malik olduğu intensivliyi, μ - xətti zəifləmə (udma) sabiti adlanır və şüalanmanın keçdiyi mühitin xassəsindən və kvantın enerjisindən asılıdır. Xətti zəifləmə sabiti (μ) 1 sm qalınlığında maddədən şüanın keçməsi zaman intensivliyin nisbi azalmasını göstərir:

$$\mu = \frac{\Delta J}{J_0 \cdot \Delta x}$$

Hər hansı maddənin atomlarının ionlaşdırıcı şüalanmanın enerjisini nə dərəcədə udmağa qabil olduğunu xarakterizə etmək üçün çox vaxt zəifləmənin atom sabitindən (μ_a) istifadə edilir. Zəifləmənin atom sabiti xətti zəifləmə sabitinin maddənin vahid həcmində olan atomların sayına (N_0) bölün-məsindən alınan kəmiyyətə bərabərdir:

$$\mu_a = \frac{\mu}{N_0}$$

İonlaşdırıcı şüalanmanın intensivliyinin azalması maddənin sıxlığından (ρ) asılı olduğu üçün əksər hallarda zəifləmənin kütlə sabitindən (μ_k) istifadə olunur. Zəifləmənin kütlə sabiti ədədi qiymətə xətti zəifləmə sabitinin maddənin sıxlığına bölünməsindən alınan kəmiyyətə bərabərdir:

$$\mu_k = \frac{\mu}{\rho}$$

Şüalanmanın yarısını udan maddə qatının qalınlığı yarım zəifləmə qatı anlayışından da geniş istifadə olunur.

Maddənin yarımzəifləmə qatını tapmaq üçün,

$$J = J_0 e^{-\mu x} \quad \text{tənliyində } J = \frac{1}{2} J_0 \quad \text{şərtini nəzərə alsaq:}$$

$$e^{-\mu x} = \frac{1}{2} \quad \text{alırıq.}$$

Bərabərliyin hər iki tərəfini e-əsasına görə loqarifmləsək:

$$-\mu x l_{ne} = l_n 1 = l_n 2$$

$$l_n e = 1 \vee l_n 1 = 0 \quad \text{olduğundan}$$

$$\mu x = l_n 2$$

$$x = \frac{l_n 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu} \quad \text{olur.}$$

Beləliklə, xətti zəifləmə sabitini (μ) bilməklə şüalanmanın yarısını udan maddə qatının qalınlığını (X) tapmaq olar.

Şüalanmanın dozası ilə aktivliyi arasında əlaqə

Verilmiş obyektin şüalanma dozasının qiyməti bir çox faktorlardan: obyektlə radioaktiv mənbə arasındakı məsafədən, radioaktiv preparatın aktivliyindən və obyektin şüalanma müddətindən asılıdır. Şüalanma dozasının qiyməti radioaktiv maddənin intensivliyi (C) və obyektin şüalanma müddəti (t) ilə düz, obyektlə radioaktiv mənbə arasındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsb olaraq dəyişir. a və β hissəciklərdən müvafiq qoruyucularla asanlıqla mühafizə olunmaq mümkün olduğu üçün şüalanma dozasının hesablanması adətən γ -şüalanması üçün aparılır və aşağıdakı düstur üzrə hesablanır:

$$D = \frac{K_t \cdot C \cdot t}{R^2}$$

Burada D -şüalanma dozasının qiymətini, K_t -verilmiş radioaktiv izotopun ionlaşdırma sabiti adlanır və aktivliyi 1 milliküri (${}^m\text{Ku}$) olan preparatın γ -şüalanması zamanı 1 saat ərzində 1 sm məsafədə yaratdığı dozanın gücünü göstərir.

Çox vaxt radioaktiv izotopun miqdarı qamma ekvivalent adlanan kəmiyyətlə ifadə olunur. Qamma ekvivalent vahidi olaraq radiumun milliqram ekvivalent (mq-ekv) miqdarı qəbul olunmuşdur. Əgər eyni ölçmə şəraitində radioaktiv preparatın (γ)-şüalanmasının yaratdığı ionlaşma 0,5 mm qalınlıqda platin filtrlərdə yerləşən 1 mq radiumun γ -şüalanmasının yaratdığı ionlaşmaya bərabər olarsa, onda radioaktiv preparatın qamma ekvivalenti (mq-ekv) radiuma bərabərdir deyirlər. Əgər radioaktiv preparatın qamma ekvivalenti 10 mq-ekv radiuma bərabədirsə, bu o deməkdir ki, bu preparatın verilmiş şəraitdə yaratdığı şüalanma divarının qalınlığı 0,5 mm olan platin

ampulada yerləşən 1mq radiumun yaratdığı ionlaşmaya bərabərdir. Divarının qalınlığı 0,5 mm olan platin ampulada yerləşən 1mq radiumun 1 sm məsafədə yaratdığı şüalanma dozasının gücü 8,4 R/saat-a bərabərdir, buna radiumun qamma sabiti və ya ionlaşdırma sabiti deyilir.

Əgər radioaktiv preparatın miqdarını radiumun mq-ekivalentlə ifadə etsək, onda həmin preparatın t-zaman müddətində R-məsafəsində yaratdığı şüalanmanın dozası aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$D = \frac{8.4 \cdot m \cdot t}{R^2}$$

burada 8,4-radiumun ionlaşdırma sabiti, m-isə preparatın γ -ekvivalentidir.

İonlaşdırıcı şüalanmanın aşkar edilməsi və ölçülməsi qaydaları.

İonlaşdırıcı şüalar rəngə, iyə malik olmadıqları üçün bizim hiss üzvlərimiz onları aşkar edə bilmir. İonlaşdırıcı şüalanmanın aşkar olunması və miqdarca qiymətləndirilməsi onun maddə ilə qarşılıqlı təsiri zamanı baş verən fiziki və kimyəvi dəyişikliklərə əsaslanan metodlar vasitəsi ilə həyata keçirilir.

İonlaşdırıcı şüalanmanın mühitin maddəsinə təsir effektini iki yerə bölürlər: ilk və sonrakı effekt. İlk effekt dedikdə şüalanmanın təsiri ilə maddədə baş verən ionlaşma və lüminissensiya hadisələri, sonrakı effekt dedikdə isə maddədə baş verən fotokimyəvi reaksiyalar, maddənin kimyəvi və fiziki xassələrinin dəyişilməsi başa düşülür.

İlk və sonrakı effektləri aşkar etmək üçün müxtəlif aşkaredicilərdən (detektorlardan) istifadə olunur. İşləmə prinsipinə görə dörd cür detektor ayırd olunur: elektrik, ssintilyasiya, kimyəvi və kalorimetrik detektorlar.

Elektrik detektorları şüalanmanın təsiri ilə mühitdə baş verən ionlaşma zamanı atom və molekulların ionlaşma enerjilərinin elektrik enerjisinə çevrilməsi prinsipinə əsaslanır.

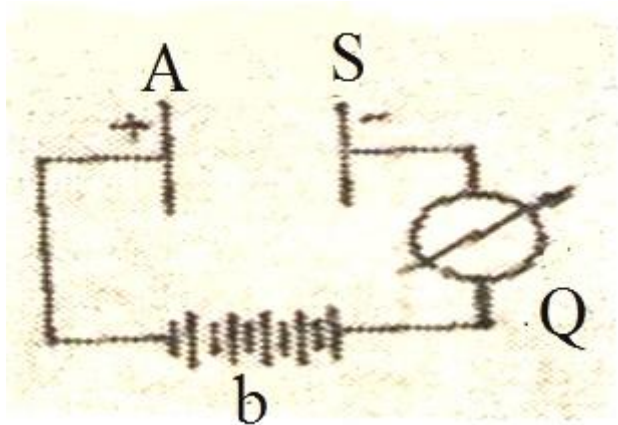
İonlaşdırıcı şüalanmanın bəzi maddələrə (sink sulfid; natrium yodid, antrasen, naftalin və s.) təsiri zamanı enerji udaraq həyəcanlanmış hala keçən atom və molekullar özlərindən işıq fotonları (ssintilyasiya parıltıları) buraxaraq normal vəziyyətə qayıdirlar. Ssintilyasiya detektorlarında həmin ssintilyasiya parıltıları ölçmək üçün əlverişli olan elektrik cərəyanına çevrilir.

Kimyəvi detektorların işləməsi ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə maddədə kimyəvi reaksiyaların baş verməsinə əsaslanır. Bu zaman şüalanmanın udulan enerjisi maddənin elektrik potensialının və rənginin dəyişməsinə səbəb olur və kimyəvi dəyişikliyə müvafiq olaraq şüalanmanın dozası təyin edilir.

Kalorimetrik detektorun işləməsi isə şüalanmaya məruz qalan maddənin ayırdığı istiliyin kalorimetr vasitəsi ilə ölçülməsinə əsaslanır.

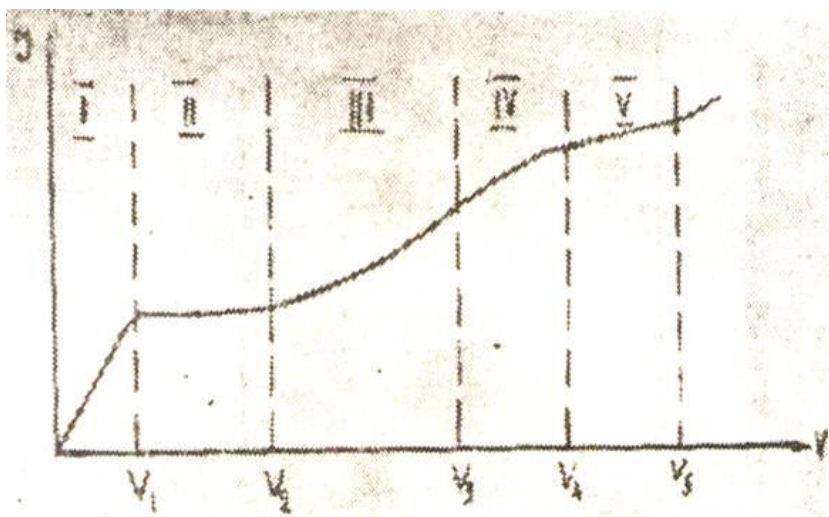
Bioloji obyektlərdə şüalanmanı aşkar etmək və ölçmək üçün ən geniş istifadə olunan metodlardan biri ionlaşdırma metodudur. Bu metodun əsasını şüalanmanın təsiri ilə neytral atom və molekullardan əmələ gələn ionların yüklərinin ölçülməsi təşkil edir.

Kosmik şüaların təsiri ilə havada olan çox cüzi ionlaşmanı nəzərə almasaq, adi halda hava elektroneytral molekullardan təşkil olunmuşdur. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə həmin elektroneytral molekullardan müsbət və mənfi yüklü ionlar əmələ gəlir. Əgər sabit elektrik cərəyanı mənbəyi (b) ilə birləşdirilmiş lövhələr (A, S) arasındakı hava ionlaşdırılırsa, onda müsbət yüklü ionların mənfi yüklə yüklənmiş lövhəyə (katoda), elektronların isə müsbət yüklü lövhəyə (anoda) tərəf hərəkəti baş verir və nəticədə elektrik dövrəsində cərəyan yaranır (şəkil 14).



Şəkil 14. İonlaşdırma cərəyanının ölçülməsi sxemi

Bu cərəyana ionlaşdırma cərəyanı deyirlər. İonlaşdırma cərəyanının qiyməti lövhələr (elektrodlar) arasındakı potensiallar fərqiindən asılı olaraq dəyişir. Bu asılılıq şəkil 15-də göstərilən qazboşaltmanın voltamper xarakteristikası adlanan əyri ilə göstərilmişdir.



Şəkil 15. Qazboşaltmanın volt-ampere xarakteristikası.

Potensiallar fərqinin sıfırdan 100 v-a qədər dəyişməsi zamanı (I sahə) ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan elektronların hamısı gəlib elektroda çatmır, onların bir hissəsi müsbət yüklü hissəciklərlə birləşib yeni neytral molekul əmələ gətirir. Potensiallar fərqinin sonrakı artması zamanı (II sahə) elektronların anoda tərəf uçuş sürətləri artır və nəticədə demək olar ki, ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan elektronların hamısı gəlib anoda çatır. İkinci sahə doymuş cərəyan sahəni adlandırılır və bu sahəyə uyğun gələn cərəyanın qiyməti şüalanma dozasının gücünü xarakterizə edir.

Potensiallar fərqinin III sahəyə uyğun gələn sonrakı artması zamanı ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə yaranan ilk ionların uçuş sürətləri (enerjiləri) o dərəcədə artır ki, həmin ionlar başqa neytral atom və molekulları da ionlaşdırırlar. Bu proses zərbə mexanizmi adlanır.

İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan ilk ionların sayı (n_0) ilə sonra yaranan ionların ümumi miqdarı (n) arasında aşağıdakı kimi mütənasiblik mövcuddur.

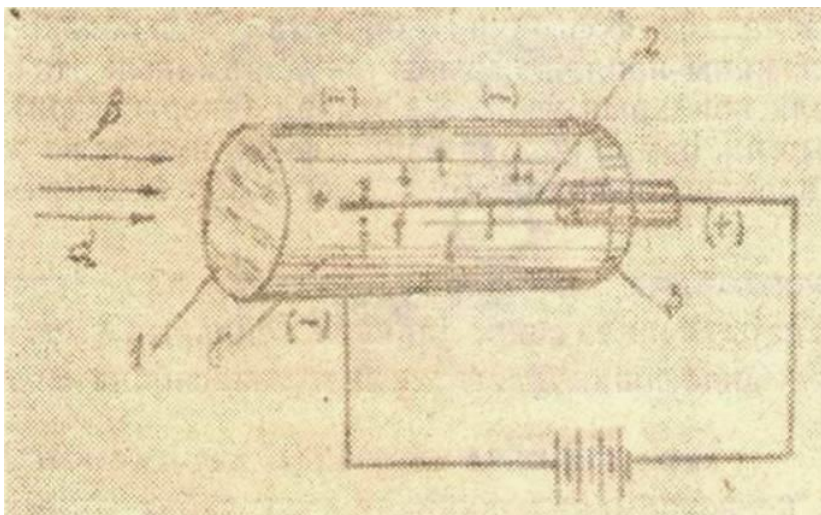
$$N=kn_0$$

Burada, k -verilmiş gərginlik üçün sabit kəmiyyət olub, qaz gücləndirmə əmsalı adlanır və ümumi ionların miqdarının ilk ionların miqdarından neçə dəfə çox olduğunu göstərir.

Beləliklə, potensiallar fərqinin artması ilə elektronlara gəlib çatan ionların miqdarı və buna müvafiq olaraq da cərəyanın qiyməti artır. Əlavə yaranan ionların miqdarının ilk ionların sayına mütənasib olaraq artdığı üçün qazboşaltma voltamper xarakteristikası əyrisinin III sahəni mütənasiblik sahəni adlandırılır. Potensiallar fərqinin daha sonrakı artması zamanı (IV sahədə) üçüncü isə dördüncü dərəcəli şüalanma əmələ gəlir ki, bu da mürəkkəb qazboşaltma mexanizmini yaradır, buna görə də bu sahədən sistemlərdə istifadə olunmur.

Kifayət qədər böyük potensiallar fərqinə (1000-1200 V) uyğun gələn sahədə (V sahə) cərəyanın qiyməti ilk ionların sayından asılı olmur. Bu sahədə qazboşaltmasının baş verməsi

üçün elektrodlar arasında bir dənə ionun əmələ gəlməsi kifayətdir. V sahəyə uyğun gələn rejimdə hər biri ayrıca ionlaşdırıcı hissəciyi qeydə almaq olar. Ölçmə üçün seçilən sahədən asılı olaraq müxtəlif detektorlardan istifadə olunur. Məsələn, II sahəyə uyğun gələn rejimdə ölçmə aparmaq üçün ionlaşdırma kamerasından, III sahə üçün mütənasiblik sayğacından, V sahə üçün Heyker sayğacından istifadə olunur.



Şəkil 16. İonlaşdırma kamerasının quruluş sxemi

İonlaşdırma kamerası lövhələrinə batareyadan müəyyən qədər gərginlik verilən adətən silindrik formada olan hava və ya qaz kondensatorundan ibarətdir (şəkil16). Radioaktiv şüalanma olmadıqda kameradakı hava və ya qaz izolyator rolunu oynayır. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə kondensator lövhələri arasındakı neytral atom və molekullar müsbət və mənfi yüklü ionlara çevrilirlər. Müsbət yüklü ionlar mənfi qütbə, elektronlar isə müsbət qütbə hərəkət edir və nəticədə kameranın elektrik dövrəsindən cərəyan (ionlaşdırma cərəyanı) keçir. Bu cərəyanın qiyməti çox kiçik olduğu üçün onu əvvəlcə gücləndirici vasitəsi ilə gücləndirirlər və sonra milliampermetrlə ölçürlər. İonlaşdırma cərəyanının qiyməti şüalanma enerjisinin qiyməti ilə

düz mütənasib olduğu üçün ionlaşdırma kamerası vasitəsilə şüalanmanın dozasını və gücünü müəyyən etmək olur. İonlaşdırma kamerasının köməkliyi ilə α , β , γ və rentgen şüaları aşkar edib ölçmək olur.

Volt-ampere xarakteristikası əyrisinin III və V sahələrinə uyğun gələn rejimdə işləyən cihazlarda qazboşaltma sayğaclarından (mütənasib və Heykel sayğacları) istifadə edilir. Qazboşaltma sayğacları quruluşca ionlaşdırma kamerasının şəkli dəyişmiş başqa bir formasıdır. Qazboşaltma sayğacları, içərisi təsirsiz qazla (arqon, neon) dolu olan kəp silindrik formalı kameradan ibarətdir. Silindrin içərisində onun oxu boyunca və silindirdən izolə edilmiş nazik metal (volfram, polad) tel keçir və bu tel batareyanın müsbət qütbündə birləşdirilir. Silindrin köynəyi isə batareyanın mənfi qütbünə birləşdirilir.

Qazboşaltma sayğaclarının köməyi ilə ionlaşdırma kamerasına nisbətən daha kiçik intensivlikli şüalanmanı ölçmək olur.

İonlaşdırıcı şüalanmanın aşkar edilib ölçülməsi üçün istifadə olunan metodlardan biri də ssintilyasiya metodudur. Ssintilyasiya metodu ilə şüalanmanı ölçmək üçün istifadə olunan sayğaclar iki əsas elementdən: radioaktiv şüalanmanın təsiri ilə işıq parıltıları (ssintilyasiyalar) əmələ gətirən ssintilyatordan və əmələ gəlmiş zəif işıq parıltılarını elektrik cərəyanına çevirən və onu milyon dəfələrlə böyüdən fotogücləndiricidən təşkil olunmuşdur. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə ssintilyasiyatorada yaranan işıq parıltıları fotogücləndiriciyə verilir və bu ölçülə biləcək elektrik cərəyanına çevrilir.

Fotoqrafik metodun əsasını gümüş xlorid və gümüş bromidin sərbəst gümüş metalına kimi parçalanması prosesi təşkil edir. Tərkibində AgCl və ya AgBr olan fotoemulsiyadan ionlaşdırıcı şüalar keçərkən, onların keçdiyi yolda gümüş dənələrindən ibarət iz qalır. Fotoemulsiya qatındakı izlərin sayına görə hissəciklərin sayını, izlərin uzunluğuna görə hissəciklərin enerjilərini tapmaq olur.

Kimyəvi metodla ionlaşdırıcı şüaların aşkar edilib ölçülməsi şüalanmanın udulan enerjisinin bir hissəsinin kimyəvi reaksiyaya sərf olunmasına əsaslanır. Məsələn, Mor duzu $((NH)_2SO_4-FeSO_4-6H_2O)$ məhlulu şüalandırılarkən müsbət iki yüklü dəmir ionları (Fe^{2+}) müsbət üç yüklü ionlara (Fe^{3+}) çevrilir. Bu zaman məhlulun elektrik potensialı və rəngi dəyişir. Bu dəyişikliklərə əsasən şüalanmanın dozasını təyin etmək olur.

Dozimetrik cihazların təsnif edilməsi və işləmə qaydası

Bütün dozimetrik cihazlar əsas üç hissədən ibarətdirlər: 1- elektrik qida mənbəli detektordan; 2-detektordan alınan məlumatı çevirən mexanizmdən, 3-göstərici və ya qeyd edici mexanizmdən.

Dozimetrik cihazların təsnifatı aşağıdakı əlamətlərə görə aparılır: 1-şüalanmanın ölçülməsi metoduna görə (ionlaşma, ssintilyasiya və s.); 2-detektorun növünə görə; 3-ölçmələrin dəqiqliyinə görə, 4-qida mənbələrinə görə, 5-ölçülən şüalanmanın növünə görə, 6-cihazın vəzifəsinə görə.

Vəzifələrinə görə dozimetrik cihazlar üç növə bölünür: 1 - dozimetrlər, 2-rentgenometrlər, 3-radiometrlər.

Dozimetrlər vasitəsi ilə şüalanmanın dozası ölçülür. Dozimetrlərdə detektor kimi ionlaşdırma kamerasından istifadə edilir. Dozimetrik aparatlardan ən geniş yayılanı şəxsi dozimetrik nəzarət cihazlarıdır.

Uzunluqları 12-13 sm və çəkisi 20-25 q olan şəxsi zonasında işləyən şəxslərin ala biləcəkləri dozanın ölçülməsi üçündür.

Rentgenometrlər vasitəsi ilə rentgen və γ -şüalanmanın dozasının gücü ölçülür. Rentgenometrlərdə detektor kimi ionlaşdırıcı kamerasından əlavə qazboşaldıcı və ssintilyasiya sayğaclarından da istifadə olunur.

Şüalanma selinin intensivliyini ölçməyə imkan yaradan cihazlar radiometrlər adlanır. Radiometrin köməyi ilə detektora

düşən ayrı-ayrı kvantları və hissəcikləri hesablamaq, radioaktiv mənbəyin aktivliyini müəyyən etmək mümkündür.

III FƏSİL

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN MƏNBƏYİ VƏ ƏTRAF MÜHİTİN RADİOAKTİV ÇİRKLƏNMƏSİ

Yer səthində yaşayan bütün canlılar daima təbii və süni şüalanmaya məruz qalırlar. Bu şüalar atmosferdən fasiləsiz olaraq yer səthinə düşərək yer üzərində olan havanın atomları ilə qarşılaşaraq əmələ gələn şüalardır. Tibbdə, sənayedə, kənd təsərrüfatında, atom sənayesində yaranan izotopların hesabına ətraf mühitdə çirklənmə halları müşahidə edilir. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, atmosfer havası həmişə zəif ionlaşmış halda olur, ionlaşmanın sıxlığı yer səthindən 20 km hündürlüyə qalxdıqca artır, sonra isə sabit qalır. Ona görə də belə nəticəyə gəlmək olur ki, atmosferdə atom və molekulların ionlaşmasına səbəb kosmik fəzadan gələn radioaktiv şüalardır. Həmin şüalara kosmik şüalar adı verilmişdir. Bu şüalar öz növbəsində iki yerə bölünür. İlk və əlavə kosmik şüalar, ilk kosmik şüalar kosmik fəzadan gələn radioaktiv şüalardan və ya zərrəciklərdən ibarətdir.

Onlar əsasən yüngül element atomu nüvələrindən, 79%-i, sudan , 20% protonlardan , alfa hissəciklərdən, bitiumdan, berilliumdan, bordan, karbondan, azotdan, oksigendən və başqalarından, ibarətdir. Bunların əksəriyyəti çox yüksək enerjiyə malikdir, bu enerji $3 \cdot 10^9$ — $15 \cdot 10^9$ elektron volta bərabərdir. Bu enerjinin səviyyəsi bəzi hallarda 10^{17} - 10^{18} MEV-a çatır. İlk kosmik şüaların belə yüksək enerjiyə malik olması, ulduzlar ətrafı elektromaqnit sahələrin dəyişikliyi nəticəsində yaranır, ulduzlar ətrafı boşluqda maqnit sahəsinin dəfələrlə tezləşməsi və yüksək təzyiqa malik olan ulduz qatlarının genişlənməsi nəticəsində əmələ gəlir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, yer səthinə bir o qədər də çox hissəciklər daxil ola bilmir, belə ki, onlar atmosferin havası ilə qarşılıqlı birləşməyə ikinci kosmik və yaxud əlavə kosmik şüa yaranır. Ona görə də

yer səthinə çatan kosmik şüaların kütləsini, ikinci kosmik şüalar təşkil edir.

İkinci kosmik şüalar öz tərkibinə görə çox mürəkkəb olub əsasən elementar hissəciklərdən və şüalardan təşkil olunmuşdur. Dəniz səviyyəsində onların əsasən kütlələri + -mezonlardan (70%), 26% elektron və pozitronlardan 0,05% protondan (0,05%), γ -qamma şüalanmadan və sürətli neytronlardan ibarətdir.

İkinci kosmik şüanın bioloji təsirini izah etmək üçün onları enerjilərinə görə dörd qrupa bölmək olar.

1.Yumşaq və ya zəif keçiciliyi olan şüalar, bunlara daxildir: elektron, pozitron, γ -kvantı və az miqdarda yüksək sürətli enerjisi 100 MeV olan protonlar;

2.Güclü keçicilik qabiliyyətli şüalar: əsasən M^{+} - mezonlar, 600 MeV olan az miqdarda yüksək sürətli protonlardan, enerjisi 400 MeV olan α hissəciklərdən və az miqdarda π^{+} - mezonlardan;

3.Güclü ionlaşdırıcı şüalar. Nüvə parçalanması məhsullarından, protonlardan, neytronlardan, alfa hissəciklərdən, deytronlardan, tritonlardan və enerjisi 10-15 MeV olan nüvə qəlpələrindən ibarətdi;

4. Müxtəlif qarşılıqlı enerjili neytronlardan ibarətdir.

Dəniz səviyyəsində kosmik şüalar əsasən yumşaq və sərt qarışıqlardan ibarətdir. Yumşaq qarışıqlar 8-10 sm qalınlıqda qurğuşundan, 15-20 sm dəmirdən keçə bilər. Sərt qarışıqlar isə bir metr və bundan artıq qurğuşundan keçə bilər, onu suyun, torpağın alt hissələrindən bir neçə min metr dərinliklərində müəyyən etmək olur.

Yumşaq və sərt komponentlərin hissəcikləri maddədə çox yüksək enerji yaratma və yüksək uçuşa malik olduqları üçün ən zəif ionlaşdırıcıdır. Ona görə də onların nisbi bioloji ekvivalenti birə bərabərdir.

Güclü ionlaşdırma xassəsinə malik olan qarışıqlar çox böyük ionlaşma sıxlığı yaradırlar. Onların ümumi bioloji

effektliyi, protonun, neytronun və alfa hissəciklərinin ümumi bioloji effektivliyi 10-15 MEV -ə bərabərdir.

Dəniz səviyyəsində güclü ionlaşdırıcı şüalar 0,5%, zəif ionlaşdırıcı şüalar isə 99,5% təşkil edir.

Aparılan tədqiqatlar zamanı müəyyən olunmuşdur ki, dəniz səviyyəsində kosmik şüaların hesabına 1 sm³ havada 1 saniyə müddətində 2,74 cüt ion yaranır. Bu da $1,15 \cdot 10^{-9}$ rad/s-gücünə bərabərdir.

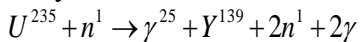
Kosmik şüaların toxuma dozası 11% havadakına nisbətən çoxdur, belə ki, yüksək sürətli neytronlar, bioloji toxumada olan C, N və O nüvələri ilə qarışdırılaraq onları aktivləşdirməklə yüksək sürətli neytronları yaradır ki, hansı ki, bu da toxumada əlavə ionlaşma əmələ gətirir.

Müəyyən olunmuşdur ki, sütka ərzində dozanın səviyyəsi toxumada 0,11 mrad, bu da bir il müddətində 40m rad və yaxud bir ildə bunun səviyyəsi 80 mberada bərabərdir ($D=0,11 \cdot 2=0,22$ m\berad, sutkada isə 365x80 mberod .Təbii radioaktiv elementləri üç qrupa bölmək olar. Birinci qrupa U $4,5 \times 10^{28}$, Th- $1,39 \times 10^{10}$, K⁴⁰ və Rb, ikinci qrupa az yayılmış və yüksək parçalanma xassəsinə malik olan izotoplar ⁴⁸Ca, ⁹⁶Zr, ¹¹³Zn, ¹²⁴Sn, ¹²⁴Te, ¹³⁸La, ¹⁵⁰Nb, ¹⁵²Sm, ¹⁷⁶Lu, ¹⁸⁰N, ¹⁸⁷Re, ²⁰⁹Bi daxildir. Üçüncü qrupa daxil olan izotoplar fasiləsiz olaraq kosmik şüaların təsiri nəticəsində yaranan ¹⁴C, ³H, ⁷Be elementləridir.

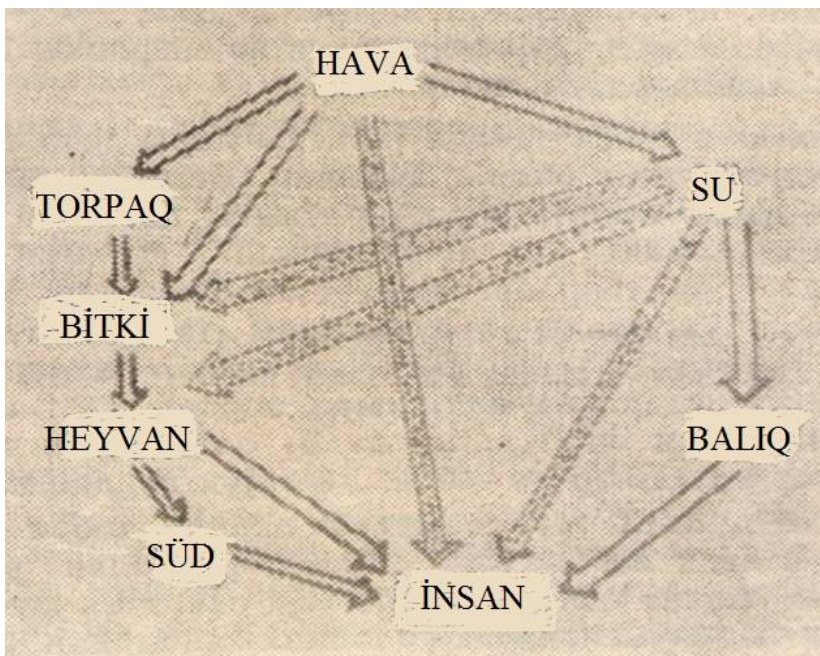
Yer kürəsində ən çox yayılan radioaktiv izotop ⁸⁷Rb hansı ki, urandan və xüsusilə ⁴⁶Rn-dan çox təsadüf olunur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, ⁴⁰K yer kürəsində yayılan digər təbii radioaktiv izotoplardan çoxdur. ⁸⁷Rb yumşaq beta şüası (β) verir və həmçinin çox yüksək parçalanma xassəsinə malikdir, ⁴⁰K parçalanması zamanı sərt beta və qamma şüasını yaradır. Kalium-40 ən çox torpaqda yayılmışdır. Sovrulma zamanı ən çox gilli torpaqların tərkibində saxlanılır.

Ağır radioaktiv elementlərdən (uran, torium, radium) dağ və qranit torpaqlarının tərkibində çox yayılmışdır.

İonlaşdırıcı şüaların süni mənbəyi atom və nüvə partlayışları zamanı ağır elementlərin (U^{235} , Pu^{239} , U^{238}) nüvələrinə neytronların təsiri nəticəsində bölünmə aktı baş verir və yeni radioaktiv izotoplar əmələ gəlir. Parçalanma zamanı 2-3 neytron və qamma kvant yaranır.



Qeyd olunan bu reaksiya nüvə silahları partlayışı zamanı əmələ gəlir, bu elementlər alfa və qamma aktivliyə malik olurlar və ətraf mühitin radioaktiv çirklənməsini yaradırlar.



Şəkil 17. Biosferdə radioaktiv izotopların miqrasiyasının əsas mümkün olan yollarını göstərən sxem.

Nüvə reaksiyaları zamanı ayrılan neytronların bir hissəsi atmosfer və torpaqda olan elementlər tərəfindən tutulur, bu

zaman həmin elementlər radioaktiv elementlərə çevrilir ki, bu da ətraf mühitin süni çirklənməsinə səbəb olur.

Nüvə partlayışının növündən, gücündən, partlayışın baş verdiyi məsafədən, meteoroloji şəraitdən və yerin relyefindən asılı olaraq ərazinin radioaktiv maddələrlə çirklənməsi müxtəlif olur.

Amerika alimləri Lenqxema və E.Andersonun (1959) verdiyi məlumata görə yüksək gücə malik olan bombaların partlayışı zamanı əmələ gələn məhsullar aşağıdakı qaydada paylanır (yüksək hündürlükdə partlayış zamanı əmələ gələn məhsullar bu qrupa daxildirlər). Radioaktiv tozun 99%-i strosferdə saxlanılır, lokal çirklənmə olmur, yerüstü partlayış zamanı radioaktiv tozun 20%-i stratosferdə yayılır, 80%-i isə partlayış rayonuna enir. Dəniz üzərində partlayış aparılan zaman 30%-i stratosferdə qalır - 70%-i isə lokal şəkildə çökür.

Radioaktiv izotopların çökmə sürəti ilin fəsilələrindən asılıdır, çöküntü keçmiş SSRİ yarımkürəsində cənub yarımkürəsinə nisbətən çox olur.

Belə fikir irəli sürülür ki, radioaktiv sınaqlar zamanı ^{90}Sr və ^{137}Se (4 və 7 MKu) 40% həmin rayona çökür, bu miqdarda da qlobal çöküntü yaranır. Yerdə qalan izotopların 20%-i stratosfer anbarında qalır.

Radioaktiv izotopların təbiətdə paylanma qanunauyğunluğu radioaktiv parçalanma məhsulları ya öz-özünə, ya da ki, atmosferdən yer səthinə düşən çöküntülər ilə birlikdə, radioaktiv tullantılar, həmçinin biosferanın abiotik (torpaq, su) və biotik sistemə qoşularaq bioloji dövriyədə iştirak edir.

Nüvə bölünməsinin radioaktiv məhsulları yer səthinin ya özü-özlüyündə quru, ya da atmosfer havası ilə qarışaraq nəm formada yerə çökür, həmçinin radioaktiv tullantılar, biosfer qarışıqlarına, yəni suya, bitkilərə daxil olaraq bioloji dövriyyə əmələ gətirir.

Radioaktiv izotopların insan orqanizminə daxil olması əsasən heyvan və bitki məhsulları ilə baş verir.

Radioaktiv parçalanma məhsullarından ilk əvvəl ən yüksək toksiki xassəyə malik olan və təhlükə yaradan ^{131}U izotopu sayılır, onun ən çox hissəsi bioloji aktiv mübadiləyə daxil olur, bu izotopdan sonra ^{90}Sr və ^{137}Se sayılır, bu izotoplar yüksək enerji vermə xassəsinə malikdir. Bununla bərabər bu izotoplar uzun müddət parçalanma xassəsinə malik olmaqla (torpaq → bitki → heyvan və insan) orqanizmində dövriyyəyə girərək öz təsirini göstərir.

Heyvan orqanizmində kalium və kalsium mikroelement sayılır, bunun da əsas hissəsi südlə xaric olaraq körpələrin orqanizminə daxil olur. ^{90}Sr və ^{137}Se -nin orqanizmdə bir orqandan digər sahəyə dövr etməsi müşahidə edilən zaman müəyyən olunmuşdur ki, stronsium özünü kalsium, seziyum isə kalium kimi aparır. Bu vəziyyət radiokimyəvi analizin aparılmasına imkan yaradır. Müəyyən olunmuşdur ki, təbiət eyni qatılıqda radioaktiv maddə ilə çirklənən zaman izotop stronsium ən çox kalsiumla zəngin (sümük, yumurtanın ağı) olan məhsulda qeyd olunur. Seziyum -137 isə kaliumla (əzələ) zəngin olan sahələrdə ən çox qeyd olunur.

Stronsium -90 izotopunun kalsiuma görə torpaqda, bitkidə, süddə və heyvan toxumasında saxlanılması stronsium vahidi ilə ifadə olunur (SV). $1\text{SV}=1 \text{ nKu-Sr}^{90}$ -nın miqdarı əvvəlki sahəyə olan nisbətində diskriminasiya əmsalı deyilir.

$$D_{\text{ə}} = \frac{\text{bitkidə Kür}\backslash\text{kq}}{\text{torpaqda Kür}\backslash\text{kq}}$$

Seziyum-137 -nin hər hansı bir sahədə olma nisbəti eyni ilə kalsiuma görə hesablanır. Müəyyən olunmuşdur ki, bəzi hallarda seziyum kaliuma görə dövriyyəyə girməsi dəyişə bilər. Buna görə də bir sıra hallarda bunun dövriyyəyə girməsindən deyil, stronsiumun kaliuma görə dövriyyəsinə istifadə olunur.

Bir sıra ümumi xassəsinə görə kalium və seziyum eyni xüsusiyyətdədirlər. Radioseziyumun bitki orqanizminə daxil

olaraq toplanması, əsasən bitki orqanizminə kaliumun çoxluq təşkil etməsi ilə əlaqədardır.

Nüvə partlayışı zamanı ayrılan neytronların bir hissəsi torpaqda və suda olan elementlər tərəfindən tutulur. Bu zaman həmin elementlər radioaktiv izotoplara çevrilirlər ki, bu da ətraf mühitin çirklənməsinin bir yolu hesab olunur.

Nüvə partlayışının növündən, gücündən, partlayışın baş verdiyi məsafədən, meteoroloji şəraitdən və yerin relyefindən asılı olaraq ərazinin radioaktiv maddələrlə çirklənməsi müxtəlif formada özünü biruzə verir.

İlk radioaktiv çöküntülər toz və yağışla birlikdə bir neçə saat ərzində partlayışın baş verdiyi ərazidə yerə düşən iri hissəciklərdən ibarətdir.

İkinci radioaktiv çöküntülər atmosferin orta qatlarında saxlanılan kiçik toz şəkilli hissəciklərdir. Bu hissəciklər hava axını ilə yüz min kilometrə məsafəyə aparılaraq 1-2 sutka ərzində yerə tökülür.

Atom sənayesinin tullantılarından ətraf mühitin radioaktiv çirklənməsi baş verdiyinə görə, radioaktivliyi yüksək olan tullantılar nəzarət altında saxlanılır.

IV FƏSİL

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN BİOLOJİ TƏSİRİ.

İonlaşdırıcı şüalar çox yüksək bioloji təsir etmə xassəsinə malikdirlər, bu şüalarla canlı orqanizmin atom və molekulları arasındakı qarşılıqlı təsir, yəni bu şüaların təsirindən insan və heyvan orqanizmi hüceyrələrində, orqanlarında baş verən mürəkkəb biokimyəvi, fiziki kimyəvi və s. proseslər nəzərdə tutulur. Bu məsələ son illərə qədər rentgenoloq və radioloqları bir o qədər də maraqlandırmırdı. Lakin son 20-30 il ərzində bəzi ölkələrdə atom sənayesinin sürətlə inkişafı ilə əlaqədar olaraq, tibb, kənd təsərrüfatı və baytarlıq elmlərinin böyük bir qrup alimləri şüaların bioloji təsir mexanizmini öyrənməyə başlamışdır.

Şüa zədələnmələrinin əsas profilaktik və müalicə məsələlərini düzgün həll etmək üçün bu şüaların bioloji təsir mexanizmini öyrənmək dərin bilik tələb edir.

Şüa zədələnmələrinin biokimyəvi mexanizmini bilmək bu prosesin və patogenizmin və maddələr mübadiləsi pozğunluğu ilə baş verən bəzi xəstəliklərdə yaranan biokimyəvi dəyişikliklərin öyrənilməsinə çox kömək göstərir. Bu məsələnin əsaslı həlli toxumalarda baş verən morfoloji dəyişikliklər düzgün öyrənildikdən sonra mümkün ola bilər.

Heyvan orqanizmi çox mürəkkəbdir və demək olar ki, o hələ axıra qədər öyrənilməmişdir. Uzun müddət aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, müxtəlif növ şüaların, bu şüaları əmələ gətirən izotopların toplanması və enerjisinin əmələ gətirməsi əsasən ilk əvvəl heyvanın biokimyəvi xüsusiyyətlərdən çox asılıdır.

Radioaktiv şüaların bioloji təsir xüsusiyyəti ilk əvvəl heyvanda şüalanmanı qəbul edən analizatorun olmaması, ikincisi isə toxumanın enerji ötürmə forması ilə əlaqədardır. Məsələn. bütün növ xırda heyvanlar üçün 1000 R ölüm

dozasıdır. lakin buna baxmayaraq toxumaya çox az miqdarda (2 kkalori) enerji toplanır.

İonlaşdırıcı şüaların bioloji təsir mexanizmini təxmini olaraq iki əsas mərhələyə bölmək olar, ilk olaraq şüalanmanın bioloji təsiri ilə təyin olunur, yəni orqan və toxumaların biokimyəvi proseslərinə təsir etmək. İkinci mərhələ orqanizmə şüalanmanın təsiri zamanı neyrogen və humoroloji dəyişkənlik vasitəsilə əmələ gələn prosesdir.

İonlaşdırıcı şüaların bioloji təsiri bir çox amillərdən asılı olaraq özlərini müxtəlif cür bürüzə verə bilər. Bu amillərdən şüaların növünü, enerjisini, təsir etmə müddətini, cisimlərdən keçmə qabiliyyətini, ionlaşdırma xassələrini və s. göstərmək olar. İonlaşdırıcı şüalar o şüalardır ki, onların enerjisinin təsirindən udulduqları mühitdə, eləcə də canlı orqanizmdə ionlar əmələ gəlir. Bu şüalara α şüaları, mənfi yüklü β - zərəciklər (elektronlar), müsbət yüklənmiş e^+ -hissəciklər və xassələrinə görə Rentgen şüalarına oxşar kvantlar və ya elektro-maqnit şüalanma fotonları aiddir.

1905-ci ildə Berqon və Trobondo belə bir nəzəriyyə irəli sürdülər ki, şüa xəstəliyinin əmələ gəlməsində maddələr mübadiləsinin pozulması əsas amillərdən biridir. Bir qədər keçdikdən sonra şüalanmanın birbaşa və dolayı yolla təsir üsulları müəyyənləşdirildi.

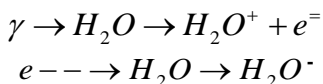
Şüalanmanın birbaşa və dolayı yolla təsiri.

Şüalanmanın birbaşa təsiri molekulların radioaktiv kimyəvi çevrilmələri, həyat əhəmiyyətli hüceyrə nüvələrinin radiasiya enerjisinin təsirindən dağılması kimi qeyd etmək olar. Li və Pak bu nəzəriyyəyə hədəf nəzəriyyəsi adını vermişlər.

İonlaşdırıcı şüaların dolayı yolla təsiri dedikdə molekulların və toxumaların radiokimyəvi dəyişilməsi suyun radiolizinin əmələ gəlməsinə şərait yaratmaq kimi başa düşülür.

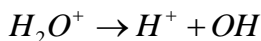
Bir misal kimi şüalanmanın su molekuluna təsirinə nəzər yetirək. Qamma şüası və yaxud yüklənmiş hüceyrələr su

molekulları ilə qarşılıqlı təsirə girərək onu ionlaşdırır və nəticədə iki ion əmələ gəlir:



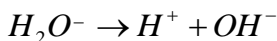
Bu zaman ionlaşmış su molekullarının fiziki kimyəvi tərkibi elektroneytral su molekullarından fərqlənəcəkdir.

Su molekullarının yaşama müddəti və orada əmələ gələn molekulların yaşama müddəti çox qısamdır. 10^{-10} saniyə müddətində onlar müxtəlif çevrilmələrə məruz qalaraq ən nəhayət sərbəst radikallar yaranır.



Müsbət yüklü su ionu dissosasiya edərək, hidrogen ionuna və sərbəst ion radikallarına çevrilir.

Mənfi yüklü su ionu isə dissosasiya edərək hidrogen atomuna və mənfi yüklü hidroksil ionuna (OH^-) çevrilir.

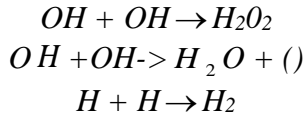


OH^- radikalı qüvvətli oksidləşdirici xassəyə malikdir, atomşəkilli hidrogen isə çox qüvvətli reduksiyaedici.

H^+ və OH^- ionları, eləcə də sərbəst H və OH radikalları dərhal qarşılıqlı təsir nəticəsində H_2O – ya çevrilir:



Qeyd etmək lazımdır ki, bəzən başqa zəhərləyici birləşmələr də meydana çıxır, bunlar öz növbəsində orqanizmə zəhərləyici təsir göstərir. Bu zəhərləyici maddələrdən hidrogen peroksidi, oksigen atomlarını göstərmək olar:



Beləliklə, radikalların yenidən birləşməsi nəticəsində və hidrogen-peroksidin əmələ gəlməsi ilə orqanizmin su mühitində çox yüksək oksidləşmə - reduksiya qabiliyyətinə malik olan birləşmələr yaranmış olur.

Deməli, ionlaşdırıcı şüaların təsirindən orqanizmin su mühitində oksidləşmə - reduksiya reaksiyaları üçün əlverişli şərait yaranmış olur. Əgər orqanizmin su mühitində həll olunmuş şəkildə sərbəst oksigen varsa, onda şüalanmanın təsirindən ayrılmış elektron O_2 molekulu ilə birləşərək $O_2-O_2^-$ ionlarını əmələ gətirir.

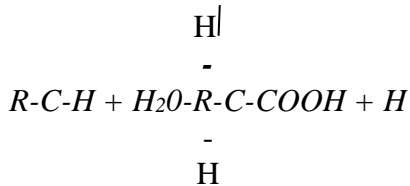
Bu oksigen ionları öz növbəsində protonla (H^+) birləşərək sərbəst hidooksid ($-HO_2$) və hidrogen peroksid (H_2O_2) kimi radikallar əmələ gətirə bilər.

HO_2 radikalı bir-birinə təsir edərək yüksək peroksid radikalı əmələ gətirir.

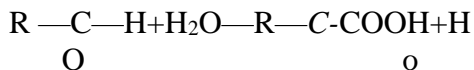


Beləliklə, sərbəst oksigenin iştirakı ilə yeni aerob mühitdə ionlaşdırıcı şüaların təsirindən oksidləşmə prosesi üçün daha əlverişli şərait yaranır.

İonlaşdırıcı şüaların təsirindən orqanizmdə üzvi proseslər də əmələ gələ bilər. Bu reaksiya aşağıdakı qaydada gedir:



və ya



İonlaşdırıcı şüaların təsirindən orqanizmin toxumalarının çox hissəsini təşkil edən su mühitində əmələ gələn dəyişiklikləri hərtərəfli nəzərdən keçirdikdən sonra belə nəticəyə gəlmək olar ki, hidroperoksid və hidrogen peroksid kimi güclü zəhərli birləşmələrin təsirindən, hüceyrənin tərkibinə daxil olan digər üzvi və qeyri üzvi birləşmələrdə (z

ülallar, yağlar, karbohidratlar, fermentlər və s.) müxtəlif cür fiziki kimyəvi dəyişikliklər gedə bilər.

Deməli, peroksid maddələri toxuma və hüceyrələrdə oksidləşmə törətdiyindən orqanizmə toksiki təsir göstərir. Bununla yanaşı, bəzən sərbəst hidrogenperoksid HO₂ radikalları da əmələ gəlir. Düzdür bu birləşmələr davamsızdır, bir an içərisində parçalanır, lakin çox güclü oksidləşmə törətdiyindən toxumaları zəiflədir və məhv edir.

Qeyd edilən amillərlə yanaşı digər zərərli amilləri də göstərmək olar.

Rentgen və qamma şüalanmalar zamanı cismin məlekulları onların bir qismini özündə tutub saxlayır və nəticədə həmin əşyalar «həyəcanlı» vəziyyətə düşür. Bu isə böyük enerji ehtiyatının alınmasına səbəb olur. Beləliklə, şüalanan zonalarda kimyəvi reaksiyaların getməsi üçün şərait yaranır, lakin normal halda hüceyrələrdə bu növ reaksiyalar getmir, əgər gedərsə çox zəif davam edir. Buradan belə anlaşılır ki, şüalanan sahədə gedən güclü kimyəvi reaksiyalar nəticəsində hüceyrə daxilində mühüm dəyişikliklər əmələ gəlir.

İonlaşdırıcı şüaların toxumaya təsiri.

Orqanizmdə olan kletkalar radiasiyanın təsirinə müxtəlif formada həssasdırlar, bu da onların inkişafından, yaşından və funksional vəziyyətdən asılıdır.

Toxumanın tərkibində olan qarışıqlar müxtəlif hissiyata malikdir. Ən həssas hissiyata malik olan nüvədir. Amöblər üzərində aparılan təcrübələr nəticəsində məlum olmuşdur ki, (150 KA dozada) şüalanmış hüceyrəni şüalanmamış hüceyrəyə köçürən zaman ölüm baş verir, şüalanmamış nüvəni şüalanmışa köçürən zaman ölüm baş vermir.

İonlaşdırıcı şüaların təsirindən toxumada hansı dəyişikliklər baş verir? 100 R-tgenlə ionlaşdırıcı şua ilə şüalandırıldıqdan sonra qısa müddətdə dəyişiklik qeydə alınmır. Dozanın səviyyəsindən asılı olaraq bu dəyişiklik 2-3 gündən sonra özünü büruzə verir. Şüalandırıldıqdan sonra sitoplazmada aşağıdakı dəyişikliklər baş verir:

a) yumşaqlığın dəyişməsi: aşağı dozada o aşağıya düşür, yüksək dozada isə artır; sitoplazmanın vakuolizasiyası qırmızı sümük iliyində qan hüceyrələri aydın görünür.

b) membranın su və enerji keçirməsinin yüksəlməsi xüsusi ilə bu proses kalium və natrium üçün daha aydın görünür. Belə ki, kalium toxumadan xaric olur, onun yerinə natrium toplanır;

v) şüalandırmanın artması zülalın plazmasının dağılmaya məruz qalması ilə izah olunur.

Şüalanmış toxumada nüvənin həcmcə böyüməsi və şişməsi qeydə alınır. Bunun ardınca nüvənin formasının dəyişməsi, hüceyrənin məhfi, nekrozlaşmanın baş verməsi, nüvənin lizisə uğraması qeydə alınır. İnkişafda olan hüceyrə şüalanmadan sonra adətən dairəvi forma alır. B.L.Astanrobun apardığı tədqiqatlara görə nüvənin ən yüksək həssaslığı şüalanmış erkəyin, şüalanmamış dişini mayalandıran zaman baş verməsidir. Dişiləri 50 K\R-a şüalandıran zaman yumurtalığın nüvəsinin bölünməsinin dayandırılmasına səbəb olur.

İonlaşdırıcı şüaların təsirindən çoxalmanın dəyişməsi və toxumanın böyüməsi düzgün getmir. Hüceyrənin həcmində böyüməsi, artması, az dəyişilir nəinki, çoxalması, qabiliyyətinə görə. Bu onunla izah olunur ki, toxumada fasiləsiz olaraq hüceyrələr əmələ gəlir ki, hansı ki, bu da radioaktiv şüalanmaya çox həssasdırlar.

Hüceyrə bölünməsinə şüalanmanın təsiri mürəkkəb bir prosesdir, onun təsir dərəcəsi mitoz dövrü ilə təyin olunur. Hüceyrə mitozunda əsas iki faza ayrılır: interfaza və xüsusi mitoz.

İnterfaza toxuma bölünməsində ən uzun fazadır. Bu müddətdə hüceyrənin böyüməsi, sintezin yaranması və nüklein turşularının, zülal və digər üzvi birləşmələrin əmələ gəlməsidir.

Fransa alimləri Bergens və Tribon hüceyrənin hissiyyatının müxtəlif radiohəssaslığına görə yaratmışlar, bu da toxumanın radiohəssaslığı, şüalanmaya qarşı düzgün münasibət səviyyəsinin yaranmasıdır. Qan doyuran orqanların toxuması (qırmızı sümük iliği, dalaq limfa vəziləri), cinsiyyət vəziləri, mədənin və bağırsağın epiteliləri bir qədər yüksək mənimsəmə xassəsinə malikdirlər.

Radioaktiv izotop ^{32}P , ^3H , ^{14}C və digərləri ilə işləyən zaman hüceyrə nüvəsinin və onun inkişaf etməsi sübut olunmuşdu və bu inkişaf hüceyrə nüvəsinin bölünmə aktı zamanı da özünü göstərir. Subletal dozada (25-100 Rad) təsir edən zaman hüceyrənin bölünmə müddəti 1/2-2 dəfə uzanır.

İonlaşdırıcı şüaların hiss üzvlərinə təsiri

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının dadbilmə, eşitmə, iybilmə və.s. analizatorların reaksiyası eyni qanun əsasında özünü büruzə verir və başlanğıc forması, ilk reaksiya müddətindən asılıdır.

Aşağı dozada bunlar yüksəlir, yüksək dozada isə aşağı düşür. Bundan əlavə aşağı dozada yalnız funksional dəyişiklik, yüksək dozada isə reseptor aparatın fizioloji dəyişiklikliyi qeydə alınır.

İonlaşdırıcı şüaların gözə təsiri

Rentgen şüasının ixtirasından bir il sonra şüalanmaya qarşı göz toxumasının həssas olduğu müəyyən olunmuşdu. Bundan bir qədər sonra müəyyən olunmuşdur ki, iti şüa xəstəliyi zamanı ola bilsin ki, patoloji proseslər əmələ gəlsin. Məsələn,

göz almasının hər hansı bir damarında baş verən zədələnmələr orqanizmdə ümumi dəyişikliyin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Yerli şüalanma zamanı damarlarda reaksiyanın əmələ gəlməsi, konyuktivit və digər çatışmamazlıqların baş verməsi müşahidə olunur. Bu halda gözün işığa qarşı görmə qabiliyyəti refleksinin zəyifləməsi, görmənin aşağı düşməsi və ya daima itməsi müşahidə edilir. Şüalanmadan sonra gözün buynuz təbəqəsində epitel hüceyrəsinin bölünmə aktının zəifləməsi özünü bürüzə verir. 2-20 R-lə şüalandıran zaman gözün buynuz qatında müvəqqəti dəyişiklik, 250 R-n və bundan yüksək doza ilə şüalandırılan zaman bir qədər qeydə alınmayan morfoloji dəyişiklik, zəifləmə və hissiyatın itməsi qeydə olunur.

Gözün şüalanması zamanı ən ağır hallardan biri gözün büllur hissəsinin zədələnməsidir, hansı ki, şüa kataraktı ilə qurtarır. Belə bir proses gözün, qamma şüası, neytronla, alfa və betta şüası ilə şüalanan zaman, həmçinin radioaktiv izotopların daxilə düşməsi nəticəsində əmələ gəlir.

Şüalanmanın təsiri zamanı göz toxumasında və xüsusi ilə büllurun bərpa olunma prosesi çox da aydın özünü bürüzə vermir. Heyvanın yaşının çox olması və şüalanma dozasının yüksəlməsi nəticəsində zədələnmiş sahənin bərpası ola bilsin ki, zəyifləsin.

Heyvanların radiohəssaslığı

Heyvanların keçmə qabiliyyətinə malik olan şüalara qarşı cavab reaksiyası müxtəlif formadadır, bu da şüalanmanın səviyyəsindən və orqanizmin xüsusiyyətindən asılı olaraq dəyişilə bilər. Buna görə də müxtəlif növ heyvanların, hətta eyni qrupa və cinsə malik olanların radiasiyaya qarşı həssaslığı müxtəlif olur. Bu da heyvanın yaşından, cinsindən, köklüyündən və digər faktorlarla əlaqədar olması ilə izah olunur.

Heyvanların radiasiyaya qarşı həssaslığını müəyyənləşdirmək üçün latent anlayışından istifadə olunub: LTD 50/30 və LTD 100/30. Yəni bir ay müddətində şüalanmış heyvanların 50 və yaxud 100%-i ölür. Heyvanın növündən asılı

olaraq radiohəssaslıq nöqsanının hələ də geniş formada izahı verilməmişdir. Hətta bu sahədə hər hansı fərziyyə də yoxdur ki, bunu çox və az formada izah etsin. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, xırda heyvanlar və insanlar, quşlara, balıqlara, sualtında yaşayanlara nisbətən bir qədər yüksək olmayan şüalanmaya qarşı daha həssasdı.

Orqanizmi bütövlükdə əhatə edən hər hansı bir orqanın radiohəssaslıq fərqi vardır. Bir orqanın toxumaları şüalanmanın təsirinə eyni dərəcədə həssas deyil və şüalanma zədələnməsindən sonra eyni inkişaf fazasına malik deyillər.

Toxumanın radiohəssaslıq dərəcəsi biokimyəvi və morfoloji əlamətinə görə müəyyənləşdirilir.

Şüalanmadan sonra orqanlarda baş verən morfoloji dəyişiklik əlamətlərinə görə orqanları aşağıdakı qruplara bölmək olar:

1. Radiasiyaya həssas orqanlar: limfa düyünləri. mədə-bağırsağın follikulaları, qırmızı sümük iliyi, dalaq, cinsiyyət vəziləri, bu orqanları 25 R-lə şüalandırıdıqdan sonra morfoloji dəyişikliklər qeydə alınır.

2. Şüalanmaya bir qədər az həssas olanlar: dəri, gözlər və s.

3. Şüalanmaya qarşı bir qədər yüksək həssas olan orqanlar: qaraciyər, ağciyər, böyrəklər, beyin, ürək, sümük, əzələlər, sinir sistemi və digərləri: ilk morfoloji dəyişikliklər bu orqanlarda 100 R-nin təsirindən əmələ gəlir.

Orqanların həssaslığının müxtəlifliyi orqanizm üçün heç də əhəmiyyətsiz deyil, orqanizma bütövlükdə şüalanarkən ola bilsin ki, onun bir hissəsi və yaxud orqanizm bütövlükdə, şüalanma alsın. Eyni bərabərliyində şüalananan zaman radiobioloji effekt demək olar ki, eynidir.

Şüalanma zamanı bədənin bir qədər böyük olmayan nahiyəsi örtülən zaman, dozanın yüksək olmasına baxmayaraq heyvanın orqan və toxumalarında davamlılıq öz səviyyəsində qalır. Əgər çəkisi 200-250 qram olan siçanın, 20-25 mq olan böyrəyini örtərək onu ölüm dozası ilə şüalandırırsaq yaşayır: lakin nəzarətdə olanlar isə ölür. Qeyd olunan əlamətlər qırmızı

sümük iliyinin üstünü örtüb digər sümükləri şüalandıran zaman qeydə alınır.

İonlaşdırıcı şüanın mərkəzi sinir sisteminə təsiri.

İ.R.Tarakanov(1896), E.S.London (1903,1904), M.O.Jukovski (1903) və başqaları müəyyən etmişlər ki, mərkəzi sinir sistemi ionlaşdırıcı şüanın təsirinə həssasdır. İ.R.Tarakanov rentgen şüasının qurbağanın hərəkət üzvünə təsiri zamanı müvəqqəti refleksin uzanmasını müəyyənləşdirmişdir. Heyvanın bədən səthini örtərək qurbağanın bir ayağını şüalandırılmış, lakin müvəqqəti refleksin uzanması qeyd olunmamışdı. Buna əsasən, o belə nəticəyə gəlmişdir ki, hərəkət refleksinin müvəqqəti uzanması, Rentgen şüasının mərkəzi sinir sisteminə təsir etməsi nəticəsində yaranır.

E.S.London siçanlarda apardığı tədqiqatlardan müəyyən etmişdir ki, baş nahiyəsini radium elementi ilə şüalandıran zaman beyin boyun yarım kürəsinin funksional və morfoloji dəyişiklikləri yaranır.

Bədənin müxtəlif nahiyələrini ekranlaşdıran zaman şüalanmanın siçanların yaşamasına təsiri 2 saylı cədvəldə verilmişdir.

M.O.Jukovski müəyyən etmişdir ki, radium şüası mərkəzi beyində ilk əvvəl reaksiyanı artırır, sonra isə zəiflədir.

Yüksək doza (5000 R və yüksək) ümumi şüalandırıldıqda və yaxud yerli təsir etdikdə heyvanlarda mərkəzi beyin pozğunluqları əmələ gəlir. Bəzi hallarda onu beyin sindromu da adlandırırlar. Bununla sinir zədələnməsi nəticəsində meningit ensefalit, beyin pozğunluğu qeydə alınır və heyvan şüalanmanın ilk saatlarında və ya 2-3 gündən sonra ölür.

Cədvəl.2 Bədənin müxtəlif nahiyyələrini ekranlaşdıran zaman şüalanmanın siçanların yaşamasına təsiri.

Ekranlaşdırılmış sahələr	Şüalanma sahəsi,R	30 gün müddətində yaşayanlar, % -lə
Dalaq	1025	77,7
Qaraciyər	1025	33,0
Baş	1025	27,7
Bağırsaq		
Arxa hissə	1025	26,6
Kontrol	800	33,4
Dalaq	1025	0
Arxa hissə	800	0
Kontrol	700	30,4
Arxa nahiyyə	700	0
Hər iki tərəf	600	88,2
Biri	600	70,6
Nəzarət	60	17,6

Ətrafların sinirlərinə ionlaşdırıcı şüaların təsiri.

Morfoloji əlamətlərinə görə ətrafların sinirləri çox yüksək radiodavamlılıq xassəsinə malikdir. Dovşanların ön və arxa hissəsini 600-900 R-lə xarici şüalandırma zamanı bir, bir həftə yarımında damarlarda, enodotel və epenekeroz əlamətləri qeydə alınır.

Şüalanmanın uzun müddət birbaşa təsiri zamanı ayrı-ayrı hissələrində parabiolitik əlamətlər qeydə alınır. İlk dəfə olaraq P.O.Makarov (1934) qurbağaların parabiöz fazasının oturaq sinirə təsirini müəyyən etmişdir. Şüalanmadan sonra ilk əvvəl oyanmanın və keçiriciliyin yüksəlməsi refleks dövrünün azalması, oyanmanın və keçiriciliyin zəifləməsi, sonra isə sinirin oyanmasının tamamilə itməsi qeydə alınır. Qurbağanı 300 KR-lə şüalandıran zaman sinirin keçiriciliyi tamamilə dayanır.

M.H.Livanov müəyyən etmişdir ki, iti şüa xəstəliyi əmələ gətirən doza ilə kənd təsərrüfat heyvanlarını şüalandıran zaman ətraf sinirlərdə enerjinin təsirindən pozulmalar qeydə alınır. Şüalanmadan sonra müxtəlif sinir kanallarında dəyişikliyin

xüsusiyyəti orqanizmin reseptor sistemində dəyişikliklə demək olar ki, eynidir.

Heyvanları şüalandırdıqdan sonra impuların uzun müddətli güclənməsi qeyd olunur, sonra isə yenidən zəifləməsi baş verir. Şüalanma dozası bir neçə min dəfə artırılarsa, impulsun güclənməsi zəifləyir. Bunun ardınca reseptorda dərin dəyişiklik qeyd olunur. Bu da şüa xəstəliyinin əmələ gəlməsinə şərait yaradan faktorlardan biri sayılır.

Cədvəl 3. Şüalanmadan sonra orqanizmdə gedən dəyişikliklər.

Şüalanma dozası. R	Dəyişiklik	Birinci faza	İkinci faza
1000	Dovşanlarda ağ qan hissəsinin dəyişməsi	Şüalanmadan sonra leykositoz	24saatdan sonra leykopeniya
1000	Dovşanın qanında və gözün iç kəmərinin adrenalinin saxlanması	Artması	24saatdan sonra enməsi
800	Siçanların mədə-bağırsağında perstaltikanın dəyişməsi	Bir saat müddətində çoxalması	3 gün müddətində zəifləməsi
1000	Siçovulların qalxanvari vəzisinə yodun birləşməsi	Yüksəlməsi	24saatdan sonra azalması

İonlaşdırıcı şüaların vegetativ sinir sistemə təsiri.

Elektrofizioloji müşahidələrin aparılması nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüalar vegetativ sinir sistemində qan dövranının zəifləməsi nəticəsində bu sistemdə dəyişikliklərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Şüalanmanın təsirindən birinci faza əmələ gəlir və buna prosesin ilk fazası

deyilir, sonra isə ikinci faza başlayır və prosesin yavaş-yavaş bərpa olunması qeydə alınır. Baş verən dəyişikliyin dərəcəsi, şüa xəstəliyinin səviyyəsindən asılıdır (cədvəl 3).

Maddələr mübadiləsi

Orqanizmdə baş verən bütün patoloji dəyişikliklərin mənbəyini maddələr mübadiləsi ilə əlaqələndirmək olar. Ona görə də şüalanma zamanı maddələr mübadiləsində nə kimi dəyişikliyin getməsi barədə aparılan elmi axtarışların böyük əhəmiyyəti vardır.

Lakin, hələ bu vaxta qədər bu dəyişikliyin nə formada və nə şəkildə getdiyi barədə tam təsəvvür yaranmamışdır.

Bu problemi aydınlaşdırmaq üçün külli miqdarda eksperimentlər aparılmışdır. Təcrübə göstərir ki, zülal maddəsini şüalandırıdığında onun yapışqanlılığı dəyişir, çökməsi sürətlənir, amin turşular parçalanır və hətta geriyyə qayıtmayan zülal denaturasiyası müşahidə edilir.

Şüalanmanın təsirindən nukleoproteidlər ammoniyaka qədər parçalanır, sitoxrom məhlulunda isə oksidləşmə gedir.

İonlaşdırıcı şüaların təsirindən fermentlərin fəaliyyəti zəifləyir, (aminturşulu oksidaza) və ya tam fəaliyyətdən düşür.

Bütün qeyd edilən amillər, maddələr mübadiləsinin gedişində əsas rol oynayır. Orqanizmdə fermentlərin fəaliyyətinin zəyifləməsi və onların tərkibinin normadan kənara çıxması üçün yüksək doza ilə təsir etmək lazımdır.

Zülal mübadiləsi

Əksər alimlərin fikrincə şüalanmanın təsirindən orqanlarda və toxumalarda zülalların parçalanması güclənir. Bu mülahizələr siçanlar üzərində aparılan təcrübələrdə bir daha təsdiq olunur.

Siçanlar şüalandırıldıqdan sonra azot balansı pozulur və sidiklə azotun xaric olması yüksəlir.

500-600 R dozasında şüalanma aparıldıqda sidikdə amoniumun miqdarı yüksəlir, amin turşular artır, sidik cövhəri isə azalmış olur.

Qanda zülalın müayinəsi göstərir ki, plazmada zülalın ümumi miqdarı aşağı düşür və zülal fraksiyaları münasibəti dəyişir. Müəyyən edilmişdir ki, albumin azaldığı halda, qlobulin əksinə olaraq artır və nəticədə albumin qlobulin əmsalı aşağı düşür.

Yüksək öldürücü doza ilə şüalanmadan sonra elektroforez müayinə metodu ilə zülal fraksiyasının öyrənilməsi, itin qanında albuminin azalması, α - və β -qlobulinin yüksəlməsi, γ -qlobulinin isə dəyişməyərək sabit qalması müəyyənləşdirilmişdir.

Aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 4) qanın plazma hissəsində zülal fraksiyasında əmələ gələn dəyişikliklər göstərilmişdir.

Zülal fraksiyasının dəyişməsində daxili orqanlardan böyrək və ya qara ciyərin rolunu göstərmək çox çətindir. Lakin bir çox alimlər qaraciyər fəaliyyətinin pozulması nəticəsində zülalda gedən dəyişiklikləri irəli sürürlər.

Cədvəl 4. Total şüalanma (600 R doza) zamanı itin qanında zülal fraksiyalarının dəyişməsi.

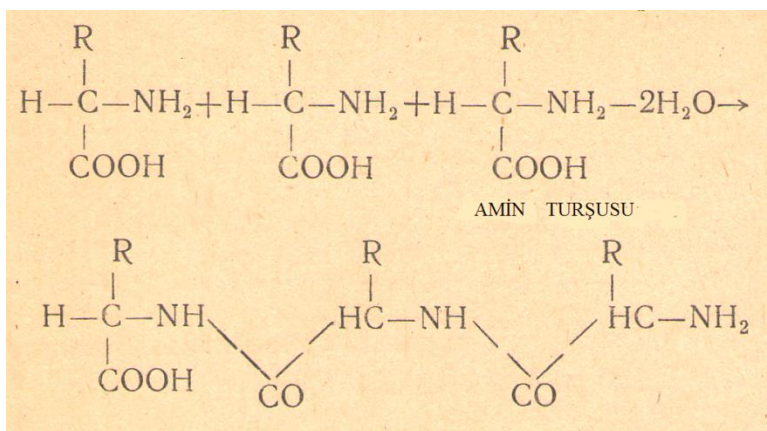
Zülal Fraksiyası	Norma	Şüalanmadan sonrakı günlər			Qeyd
		6-cı	10-cu	14-cü	
Albuminlər	49,0	47,1	33,8	19,8	16-cı gün it ölmüşdür
Qlobulinlər					
A	18,8	18,9	24,4	36,9	
β	21,2	22,8	30,6	33,0	
γ	11,0	11,2	11,2	10,3	

Turşuların parçalanmasında iştirak edən zülalın miqdarının azalması, mübadilənin normal getməsinə pozur və müxtəlif toksiki birləşmələrin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

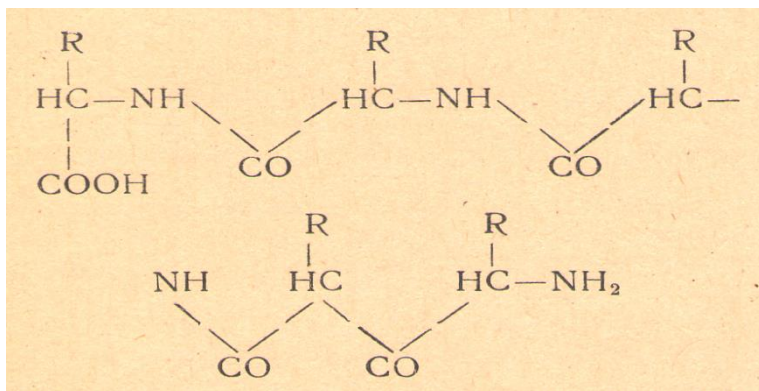
Yuxarıda qeyd edilən oksidləşdirici radikallar və hidrogen-peroksidin bioloji sistemlərə, ilk növbədə, zülallara göstərdikləri təsir mexanizmini nəzərdən keçirək.

Məlumdur ki, zülal molekullarının əsas quruluş elementini, öz aralarında peptid əlaqələrilə birləşən ayrı-ayrı amin turşuları qalığı təşkil edir.

Amin turşularından belə peptid quruluşunun əmələ gəlməsini sxematik olaraq aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

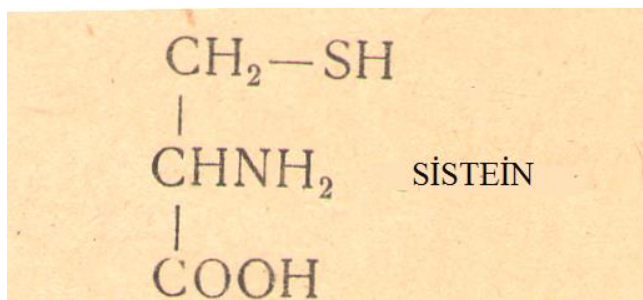


Beləliklə, tripeptidlər, tetrapeptidlər və eləcə də polipeptidlər quraşdırmaq olar:

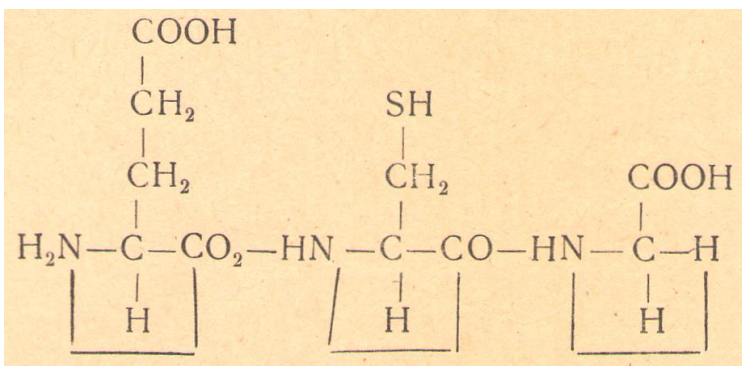


Burada R-radikalı müxtəlif kimyəvi quruluşa malik ola bilər. Oksidləşdirici OH, O₂H, O radikalları və hidrogen peroksid, eləcə də ionlaşdırıcı şüaların təsirindən canlı orqanizmin toxumalarında əmələ gələn üzvi peroksidlər zülal molekullarının, xüsusən ferment molekullarının hansı funksional qruplarına təsir göstərməsinin öyrənilməsinin böyük əhəmiyyəti vardır.

Məlum olduğu kimi, zülalın mürəkkəb makromolekullarında müxtəlif amin turşularının tərkibinə daxil olan qruplaşmalara rast gəlinir. Burada sərbəst amin qruplarını, karboksid, hidrokسيد və s. qrupları göstərmək olar. Bu qruplar, adətən, oksidləşdiricilərin təsirinə çox davamlıdır və şüalanmanın su mühitində əmələ gələn sərbəst radikalların təsirindən dəyişikliyə uğramır. Bununla yanaşı, molekullarının tərkibinə kükürd qarşılıqlı amin turşuları daxil olan bir çox zülal qruplaşmalarına rast gəlinir ki, onlar da çox zəif oksidləşdiricilərin təsirindən asanlıqla dəyişikliyə uğrayır. Məsələn, sulfohidril, yaxud SH qrupu, Sistein və ya α-amino, β-tiopropion turşusu aşağıdakı quruluşa malikdir:



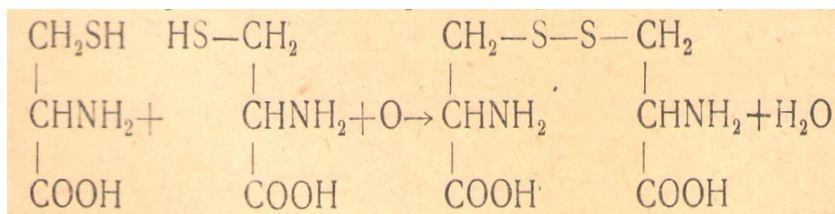
Sistein müxtəlif zülal polipeptidlərin tərkibinə daxil olub, SH qrupu zülal molekulunun polipeptid zəncirlərində sərbəst halda qalır. Tərkibində sistein qalığı olan tripeptidlərdən qlütationun quruluşu belədir:



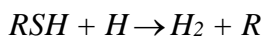
Bu tripeptidin tərkibində SH-qrupu saxlanmışdır, deməli, bu birləşmə oksidləşmə-reduksiya çevrilmələri reaksiyasına, qədər olan tiol birləşməsidir. Tiol birləşmələr ilə ionlaşdırıcı şüaların təsirindən, su mühitində əmələ gələn oksidləşdirici radikallar arasındakı qarşılıqlı təsir mexanizmini göstərən reaksiyaları aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

- 1) $2\text{RSH} + 2\text{OH} \rightarrow \text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $2\text{RSH} + \text{O}_2\text{H} \rightarrow \text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R} + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}$
- 3) $2\text{RSH} + \text{O} \rightarrow \text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R} + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $2\text{RSH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R} + 2\text{H}_2\text{O}$

Oksidləşdiricilərin təsirindən sisteinin sistin amin turşusuna çevrilməsini göstərmək olar:



Lakin, qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən bərabərliklər ionlaşdırıcı şüaların təsirindən tiol birləşmələrinin kimyəvi çevrilmələrinin izahına təqribən yaxınlaşa bilər. Əslində isə şüalanma, zülal maddələrinin SH-qrupuna daha güclü və geri qayıtmaz oksidləşdirici təsir edir. Tiol birləşmələrinin sulfidril qruplarının (SH-qrup) geri qayıtmaz parçalanmasına səbəb olan amillərdən biri də, onların atomşəkilli hidrogenlə bərpa olmalarıdır. Belə halda reaksiya aşağıdakı şəkildə gedə bilər:

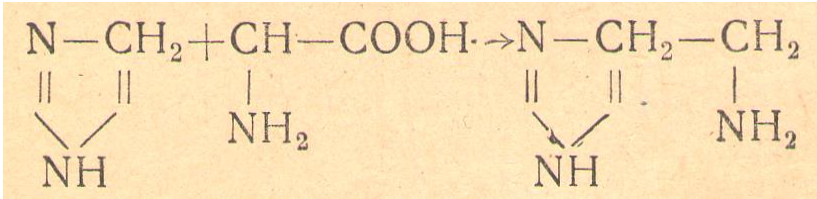


Bütün yuxarıda qeyd olunanlardan məlum olur ki, ionlaşdırıcı şüaların təsirindən su mühitində əmələ gələn bütün oksidləşdirici maddələr tiol birləşmələrilə, xüsusən zülalların SH-qrupu ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində onları parçalayır və aktivsizləşdirir.

Tərkibində SH-qrupu olan fermentlərdən: β -amilaza, karboksilaza, ureaza, bəzi dehidrazalar və s. göstərmək olar. Bütün bu tiol (SH) fermentlərinin SH-qrupunu birləşdirdikdə öz katolitik aktivliyini itirir.

Məlumdur ki, fermentlərin SH-qrupu hüceyrə mitozunun həyata keçməsi prosesində yaxından iştirak edir. Beləliklə, fermentlərin SH-qrupunun passivləşməsi bölünmə fazasında olan hüceyrənin məhv olmasına səbəb olur. Lakin, son zamanlar aparılan tədqiqatlara əsasən ionlaşdırıcı şüaların təsirindən orqanizmdə baş verən mürəkkəb biokimyəvi proseslərin hamısını təkcə zülal molekullarının sulfhidril qrupunun oksidləşməsi nəticəsində ferment aktivliyinin itməsilə izah etmək olmaz. Bu hal, şüalanmanın təsirindən hüceyrə quruluşunun pozulmasında bir çox digər amillərin mövcud olduğunu göstərir. İonlaşdırıcı şüaların təsirindən tərkibində SH-qrupu olmayan üzvi birləşmələr də dəyişikliyə uğraya bilər. Belə ki, tərkibində kükürd olmayan histidin amin turşusu yüksək doza rentgen və γ -şüaların təsirindən in vitro farmakoloji cəhətcə çox aktiv maddə olan histaminə çevrilir. Bu proses, şüaların

orqanizmdəki üzvi birləşmələrin molekullarına bilavasitə təsirdən, eləcə də su mühitinin şüalanmasından baş verə bilər:



Məlumdur ki, bu zəhərli maddələr, yəni histamin və histaminəbənzər maddələr normal şəraitdə orqanizmdə olmur. Əgər müxtəlif üzvi birləşmələrin molekullarına ionlaşdırıcı şüaların təsirdən orqanizmdə belə zəhərli maddələr əmələ gəlsə, demək şüalanma nəticəsində canlı orqanizmdə baş verən mürəkkəb biokimyəvi dəyişikliklərin hamısının olmasa da, bir çoxunun yaranma mexanizmini aydınlaşdırmaq olar. Hələ 1920-ci illərin ikinci yarısında radioloqların diqqətini şüa zədələnmələrinin əmələ gəlməsində histamin hipotezi cəlb etməyə başladı. Buna səbəb, rentgen şüaların və histaminin təsirdən orqanizmdə baş verən dəyişikliklərin oxşarlığı olmuşdur. Lakin sonralar eksperimental və kliniki tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ionlaşdırıcı şüaların təsirdən orqanizmdə baş verən mürəkkəb biokimyəvi, fiziki-kimyəvi və s. dəyişikliklərin hamısını histamin və histaminəbənzər maddələrin təsiri ilə izah etmək olmaz. Məsələn, qəti surətdə müəyyən edilmişdir ki, ionlaşdırıcı şüaların təsirdən orqanizmdə baş verən vacib proseslərdən birini, yəni hüceyrənin mitotik aktivliyinin itməsini izah etməkdə histamin nəzəriyyəsi acizdir. Ancaq rentgen şüaların və histaminin təsirdən dəridə eyni tipli prosesin əmələ gəlməsi, yəni dəridə qızartının yaranması, qan təzyiqinin aşağı düşməsi və digər simptomların baş verməsi, eləcə də histamin əleyhinə işlənən dərman maddələrindən şüa xəstəliyində müsbət təsirin əldə edilməsi bizə əsas verir ki, ionlaşdırıcı şüaların təsirdən orqanizmdə baş verən histaminəbənzər maddələr kimi zəhərli

birləşmələrin şüaların bioloji təsir mexanizmində müəyyən dərəcədə rol oynamasını qeyd edək.

Biz yuxarıda ionlaşdırıcı şüaların təsirindən hüceyrənin əsas tərkib hissəsini təşkil edən maddələrdən ikisinin suyun və zülalların necə dəyişməsinə, hansı aralıq məhsulların və onun son zəhərli maddələrə çevrilməsini, həmin zəhərli maddələrin təsirindən orqanizmdə baş verən dəyişikliklərlə qısa da olsa tanış olduq. Lakin, qeyd etmək lazımdır ki, hüceyrənin tərkibinə daxil olan digər birləşmələr də, yəni yağlar və karbohidratlar ionlaşdırıcı şüaların təsirindən müxtəlif dəyişikliyə uğrayır. Onlar da parçalanaraq aralıq məhsullara və son zəhərli maddələrə çevrilir.

Fermentlər

Fermentlərin aktivliyinin dəyişməsi barədə gedən mülahizələrdə azot mübadiləsinin iştirak etməsi haqda hələ qəti fikir söylənilməmişdir. Bir çox alimlər şüalanmadan sonra qaraciyərdə proteolitik fermentlərin yüksəlməsini, digər alimlər isə şüalanmanın təsirindən nukleoproteidlərin kəskin surətdə dəyişməsinə qeyd edirlər.

Bu vəziyyəti ionlaşdırıcı şüalanmadan sonra orqanizmdə nukleoproteidlərin parçalanması, müxtəlif orqan və toxumalarda (beyin, dalaq, bağırsaq, selikli qişə, sümük ilişi, şiş toxuması) nuklein turşuları miqdarının aşağı enməsi ilə əlaqələndirmək olar.

Bundan başqa, ribonuklein turşusu ilə dezoksiribonuklein turşusu arasında olan normal əlaqə də pozulur. Bununla əlaqədar olaraq, müxtəlif toxumalarda mövcud olan nuklein turşularının parçalanmasında iştirak edən ribonukleaza fermentinin miqdarı azalır. Bu isə, zülalların sintezində ən mühüm bir amil kimi qiymətləndirilir.

Orqanizmdə mövcud olan çoxlu ferment sistemi eyni dərəcədə dəyişikliyə uğramır. Ferment sisteminin dəyişikliyi maddələr mübadiləsinə də pozur.

Hüceyrədə gedən birincili fiziki-kimyəvi pozğunluqları mühüm bir amil kimi qiymətləndirilir.

Sübut olunmuşdur ki, orta dərəcədə ionlaşdırıcı şüalanmanın (xüsusilə in vitro) təsiri zamanı, bir qrup ferment aktivliyinə təsir edərək onu zəiflədir. Xüsusilə bu təsir sərbəst sulfhidril qrupu olan fermentlərə daha güclü təsir edir. Bu qrupa adozintrifosfat və suksinoksidaza sistemini daxil etmək olar.

Aktivliyi sulfhidril qrupu ilə bağlı olmayan fermentlər, məsələn, tripsin, katalaza, dehidraza, ribonukleaza və s. verilən dozanın miqdarı yüksək olduqda zədələnir.

Şüalanmadan sonra xolinesterazanın aktivliyi qanda və müxtəlif orqanlarda aşağı düşür. İonlaşdırıcı şüalar müxtəlif toxumaların oksigen mənimsəmə qabiliyyətinə təsir edərək onu zəiflədir. Məsələn, dalaqda, qaraciyərdə, böyrəklərdə, böyrəküstü vəzidə şüalanma nəticəsində oksigenin mənimsənilməsi, D-amin turşusu və Z-qlütaminin oksidləşməsi hesabına zəifləyir. Bu zaman müxtəlif toxumalar arasında fərqlənmə olur.

Bunların əksinə olaraq, aşağı dozada şüalanma zamanı maddələr mübadiləsi sürətlənir. Eyni zamanda, bir neçə fermentlərin aktivliyi yüksəlir.

İonlaşdırıcı radiasiya protoplazmaya təsir etdiyi zaman hüceyrənin tərkibində olan mitoxondritdə mühüm dəyişiklik əmələ gəlir.

Bütün bu hadisələr nəticədə fermentativ çevrilmələrin yaranmasına səbəb olur.

Şüalanmanın təsirindən lipid birləşmələr də dəyişikliyə uğrayır. Bu zaman radikallar və yağ turşuları peroksidi yaranır. Bütün bu proseslərə qaraciyər və dalaq toxumasında spesifik sitohemolizin yaranması səbəb olur. Sitohemoliz qana keçərək onu zəhərləyir və nəticədə toksiki əlamətlərin yaranmasına səbəb olur.

Şüalanma bütün hüceyrələri məhv edə bilər. Lakin, hüceyrələrin şüaya olan müqaviməti müxtəlif olduğundan, eyni doza şüalanmaya müxtəlif hüceyrələr müxtəlif reaksiya verir. Şüaya çox həssas olan hüceyrələrdən limfoid toxuma, xayalar,

toxumyaradıcı hüceyrələr, selikli qişalar, tükün soğanağı, gözün büllur epitelisini və digər toxumaları göstərmək olar.

Zədələnmə əlaməti nüvədə və hüceyrənin sitoplazmasında müşahidə edilir. Lakin aparılan elmi tədqiqat işləri nüvənin neçə yüz dəfə sitoplazmaya nisbətən şüaya həssas olduğunu aşkar etmişdir.

Ən həssas hissəciklərdən biri nüvənin tərkibində olan xromosomdur. İonlaşmanın təsiri nəticəsində xromosomun partlaması halları müşahidə olunmuşdur.

Xromosomun partlaması ilə əlaqədar olaraq hüceyrənin bölünməsi ləngiyir, bu isə onun inkişafının zəifləməsinə səbəb olur. Şüalanma nəticəsində əsas ağırlaşmalardan biri hüceyrədə regenerasiya prosesinin pozulmasını göstərmək lazımdır. Nəticədə qanyaradıcı orqanlarda, selikli qişalarda və s. sistemlərdə zədələnmələr aşkar edilir.

Şüalanmadan sonra qeyd olunan patoloji dəyişikliklər tez əmələ gəlmir. Bu dəyişikliklər müəyyən latent dövründən sonra aşkara çıxır.

Əgər verilən doza çox güclü, məhvedici, dağıdıcı xarakter daşıdırsa, onda əmələ gələn müxtəlif patoloji dəyişikliklər tədricən bərpa olunur.

Fizioloji funksiyaların bərpa olunması hüceyrənin xüsusiyyətindən asılı olaraq müxtəlif vaxtlarda başa çatır. Məsələn, total şüalanmadan sonra zədələnmiş qan yaradıcı orqanlar və limfoid toxuması başqa toxumalara nisbətən daha tez bərpa olunur.

Məhəlli şüalanmada, yəni bir neçə min rentgen doza şüa verildikdə, müəyyən müddətdən sonra dəridə epiteləşmənin getməsinə baxmayaraq, sümük toxumasında destruktiv dəyişikliklər davam edir.

Karbohidratlar mübadiləsi

Sübut olunmuşdur ki, in vitro şüalanma nəticəsində karbohidrat mübadiləsində iştirak edən bir çox fermentlər şüaya məruz qalır. Bu fermentlərdən adenozintrifosfatı, adenozintrifosfatı,

dehidrazanı, fosforqliserin aldehidi, suksinoksidazanı göstərmək olar.

Lakin, bu fermentlərin aktivliyi cüzi miqdarda dəyişir.

Qlikogenin sintezinə və onun parçalanmasına şüanın təsiri barədə hələ qəti bir fikir yoxdur. Lakin bir çox alimlər şüalanmadan sonra qaraciyərin qlikogen hazırlama qabiliyyətində dəyişikliyin olmaması fikrinə tərəfdardırlar. Hətta qlikogenin qaraciyərdə sintezi bir qədər artır. Bununla belə, şüalanan heyvanlarda qlikolizinin sürətlə artması müşahidə edilir.

Yağ mübadiləsi

Yağ mübadiləsi, karbohidrat mübadiləsi ilə əlaqədar olduğu üçün şüalanmanın təsirindən burada da dəyişikliyin olması mövcuddur. Təəssüflə qeyd etmək lazımdır ki, yağ mübadiləsi bu vaxta qədər kifayət dərəcədə öyrənilməmişdir.

Şüalanan heyvanların qaraciyərində lipidlərin miqdarının yüksəlməsini müşahidə etmək olur.

Şüalanmaya məruz qalmış siçan və siçovulların qaraciyərində piyin artmasını görmək olar. Piylərin sorulmasında dəyişiklik olması aşkar edilmişdir. Sümük iliyinin müayinəsində isə yağ turşularının şüalanmadan sonra artması təsdiq olunmuşdur.

Oksidləşmə reaksiyası

Hipofiz nahiyəsi və tənəsül vəziləri rentgen şüaları ilə şüalandırıldıqda əsas mübadilə dəyişir. Bəzi hallarda yüksəlir, bəzi hallarda isə aşağı düşür.

Dovşan, göyərçin və dəniz donuzları kimi heyvanları şüalandırıldıqda qaz mübadiləsinin pozulması aşkar edilmişdir.

Şüalanma nəticəsində orqanizmdə tələb olunan və toxumalar tərəfindən udulan oksigen dəyişir. Bu məqsədlə sidikdə vakant oksigenin təyin edilməsi lazım gəlir. Vakant prosesin orqanizmdə tam getməsi üçün lazım olan oksigenin

miqdarına vakat oksidləşmə deyilir. Bu üsulla oksidləşməyən maddələrin orqanizmdən xaricolma miqdarını da təyin etmək olur.

Bu məqsədlə aparılan ilk elmi tədqiqat işi göstərdi ki, dovşan rentgen şüaları ilə şüalandırıldıqda sidiyində oksidləşməyən maddələrin sayı artır. Bu isə azotun artması ilə əlaqədar olaraq vakant oksigenin azalmasına səbəb olur. Beləliklə, şüalanma nəticəsində maddələr mübadiləsinin pozulması çoxcəhətli və mürəkkəb olub, müxtəlif istiqamətlərdə davam edir. Ola bilsin ki, həlledici rol patoloji pozğunluğun ağır və dərin dəyişiklik törətməsi ilə deyil, müxtəlif mübadilə proseslərinin diskoordinasiyası ilə əlaqədardır.

Demək ionlaşdırıcı şüaların təsirindən hüceyrənin əsas tər-kib hissələri: su, zülallar, yağlar, karbohidratlar, fermentlər və s. öz tərkib hissələrinə parçalanaraq, nəticədə orqanizmdə müxtəlif zəhərli maddələrin yaranmasına səbəb olur. Bununla da şüa xəstəliyi zamanı orqanizmin bütün orqan və toxumalarında baş verən müxtəlif patoloji dəyişikliklərin əmələ gəlməsi, kliniki simptomların artması, xəstəliyin ağırlaşması, müalicənin çətinləşməsi və xəstələrin əksəriyyətinin tələf olması kimi hallar müşahidə edilir.

Orqanizmi təşkil edən toxumaların rentgen, qamma və radium şüalarına həssaslığı müxtəlifdir. Müxtəsər olaraq toxumalar ionlaşdırıcı şüalara həssaslığına görə 3 qrupa bölünür: 1) yüksək həssaslığa malik orqan və toxuma; 2) zəif həssaslığa malik orqan və toxuma; 3) həssas olmayan radiorezistent toxumalar.

Birinci qrupa sümük ilişi, qan hüceyrələri, cinsi hüceyrələr və gözün büllur maddəsi aiddir. Qeyd edilən hüceyrələrdə dəyişiklik 25-100 R ilə şüalandırmada baş verir və onların ağır zədələnməsi üçün 300-600 R kifayət edir.

İkinci qrupa həzm traktı, epitellilər, daxili endokrin vəziləri, ağciyər, əzələ toxuması və dəri daxildir.

Şüalanmaya dözümlü hesab edilən 3-cü qrup toxumalardan birləşdirici və sümük toxumasını göstərmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, toxumaların həssaslığını nəzərə alaraq onların 3 qrupa bölünməsi nisbi hesab edilir.

Çünki sümük toxumasını təşkil edən hüceyrələrin özünün də həssaslığı müxtəlifdir. Məsələn, sümük toxumasında olan osteositlər şüalara az həssas olduğu halda (3000-6000 R verildikdə zədələnir), toxumada mövcud olan ostesahələr isə həssas hesab edilir. Bunların ağır zədələnməsi üçün 800-1000 R kifayət edir.

Bundan başqa, orqanizmdə mövcud olan toxumaların şüaya məruz qalması onun yerləşdiyi nahiyə ilə də əlaqədardır. Məsələn, şüalanma zamanı dəri, dərialtı təbəqələr çox şüalandığına görə onlarda zədələnmə daha yüksək olur. Orqanizmi örtən dəri toxumasının şüaya olan həssaslığı nahiyələrdən asılı olaraq dəyişir.

Məsələn, qoltuqaltı sahə, qasıq бүküşü nahiyəsi, boyunun dərisi, qarın, bud və kürək, üzün dərisi nisbətən daha həssas olur.

Şüalanma zamanı toxumada əmələ gələn zədələnmələrin bərpa olunub olunmaması barədə hələ qəti fikir söylənilməmişdir. Lakin aparılan külli miqdarda təcrübələr, elmi tədqiqat işləri, şüa müalicəsində baş verən ağır zədələnmələrin bərpa olunmamasını təsdiq edir.

Praktiki olaraq şüalanmanın təsirindən əmələ gələn dəyişikliklər geriye qayıtmayan proses hesab edilir.

Şüa zədələnmələri üç cür olur:

Birinci dərəcəli şüa zədələnmələri zamanı, toxuma cüzi zədələnir və az dozada şüalanır ki, bu geriye qayıdan proses adlanır. Belə hallarda şüalanan toxumaların funksiyası tez bərpa olunur və toxumanın tərkibində patoloji dəyişiklik aşkar edilmir.

İkinci dərəcəli toxuma zədələnmələrində şüanın dozası birinciyə nisbətən yüksək olduğundan müayinədə ölü toxumalara və hüceyrələrə rast gəlinir. Bu toxumalar bərpa olunmur, onları digər toxuma, yəni birləşdirici toxuma əvəz edir. Ona görə də şüalanan nahiyədə çapıq toxumasına rast gəlinir.

Üçüncü dərəcəli zədələnmələr ağır olub, sahəsi geniş olur. Hüceyrə və toxumalar tam məhv olur, hətta birləşdirici toxuma

da əmələ gəlmir. Əksər hallarda şüalanma nahiyələrində yaralar əmələ gəlir.

Hüceyrəni müxtəlif şüalanma mənbələrindən eyni dozada şüalandırıqda toxumanın zədələnmə dərəcəsi də müxtəlif olur.

Buradan belə nəticəyə gəlmək olur ki, şüanın bioloji təsiri nəinki udulan enerjinin miqdarından asılıdır, eyni zamanda, toxuma və hüceyrələri şüalandırma sahəsinin həcmi ilə də sıx əlaqədardır.

Əksər şüalar toxuma və hüceyrələrdən keçən zaman çoxlu ionlar əmələ gətirərsə, onda bioloji təsir də güclü olar və əksinə. Bundan başqa, şüalanma zamanı hüceyrələrə olan bioloji təsir və onların məhv olması verilən şüa dozasının vaxtından da asılıdır. Belə ki, hüceyrə eyni dozada birdəfəlik və vaxtaşırı olaraq şüalanırsa, toxumada müxtəlif patoloji dəyişikliklər meydana çıxır. Əgər hüceyrə az vaxt içərisində birdəfəlik şüalanırsa, onda ağır patoloji dəyişiklik aşkar edilir və əksər hallarda geri qayıtmayan proseslə nəticələnir.

Əksinə eyni doza müxtəlif vaxtlarda fasilələrlə verilsə hüceyrədə mühüm patoloji dəyişiklik nəzərə çarpmır.

Buna əsaslanaraq orqanizmdə baş verən patoloji proseslərin şüa müalicəsi ikinci yolla, yəni fasilələrlə aparılır.

Eksperimental və kliniki müşahidələr sübut etmişdir ki, verilən dozanın vaxtından asılı olaraq, müalicəvi effektin və hüceyrədə alınan patoloji dəyişikliklərin dərəcəsi də müxtəlif olur. Məsələn, itin şüa ilə öldürülməsi üçün verilən birdəfəlik doza 600 R kifayət edir. Əgər bu dozanı itə fasilələrlə, hər dəfədə 10 R versək, onda o ölməyəcəkdir. Bu zaman itə öldürücü təsir göstərmək üçün yüksək doza, yəni 5000 R verilməsi, başqa sözlə, 10 dəfə artıq şüalanma tələb olunur.

Deməli, verilən şüa dozasının vaxtından asılı olaraq orqanizmdə bioloji kumulyasiya əmələ gəlir.

İonlaşdırıcı şüaların dəriyə və birləşdirici toxumaya təsiri

Daxili şüalanma zamanı heyvanlarda şüalanmanın ilk əlamətləri dəridə baş verən zədələnmələrdir. Şüalanma zamanı

ilk əvvəl dərinin həssaslığının dəyişməsi ilə gedir. Yerli şüalanma zamanı dəridə baş verən dəyişiklik onun ilk andakı vəziyyətindən də asılıdır. Həyəcanlanmanın yüksəlməsi zamanı onun zədələnməsi, zəifləmə zamanı yüksəlməsi qeyd olunur. Dəri reseptorlarının reaksiyasının dəyişməsi yerli 2 R-lə təsir etmə nəticəsində yaranır. Təsir etmə dozasının yüksəlməsi nəticəsində dərinin reseptor oyanması, morfoloji dəyişikliklərin baş verməsi qeydə alınır.

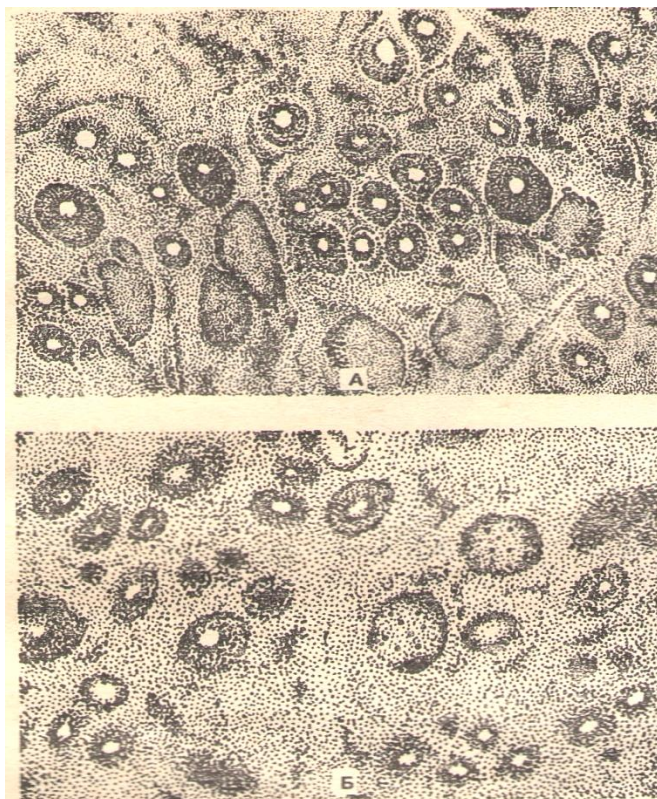
Kəskin şüa xəstəliyi əmələ gətirən doza ilə heyvanı ümumi şüalandıran zaman dərinin hissiyatında pozğunluğun yaranması özünü kəskin büruzə verir. Bu hallarda onun dalğavari dəyişikliklərinin yaranması qeyd olunur: şüalanmadan 1-2 gün sonra hissiyatın yüksəlməsi, sonra isə normalaşmanın yaranması və bunun ardınca yenidən həyəcanlanmanın artması qeydə alınır. Həyəcanlanma dalğasının ikinci dəfə artması əsasən xəstəliyin kəskin yüksəlməsinin baş verməsi ilə eyni vaxta təsadüf olunur.

İonlaşdırıcı şüalanmaya bir qədər həssas, dərinin alt hissəsindəki toxumalar, tük soğanağı, tər və dərialtı vəzilər daxildir. Radiasiyanın zədələyici təsirinin yaranması trofik pozulmanın əmələ gəlməsi və fizioloji yaranmanın pozulması ilə özünü büruzə verir. Bunun nəticəsində bölünmənin dayanması və pozulmanın baş verməsi, çox nüvəli toxumaların əmələ gəlməsi, bunların susmuş vəziyyətdə olması, artrofiyalaşması və yaxud tük follikulasının itməsi, tük vəzisinin ya tamam ya da bir hissəsinin artrofiyalaşması, epidermis qatının zədələnməsi, bəzi hallarda hiperkeratoza uğraması müşahidə olunur. Letal doza ilə şüalanması zamanı dərinin bakteriosid tərkibinin aşağı düşməsi və mikrobla yoluxma səviyyəsinin artması qeyd olunur.

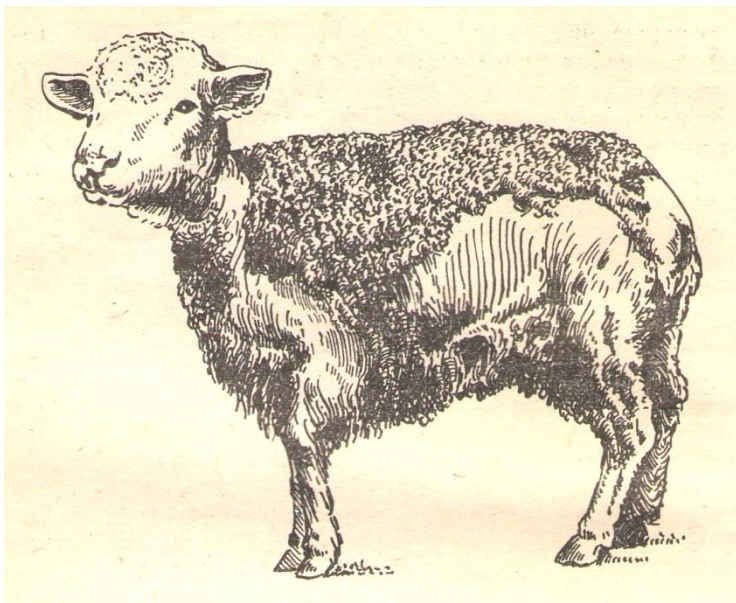
Müxtəlif növ heyvanlarda şüalanma zamanı dəridə əmələ gələn dəyişikliklər müxtəlif formada olur. Məsələn, qoyunlarda tükün tökülməsi, bəzi hallarda tam keçəlləşmənin baş verməsi donuzlarda qızartılar və qan sızma əlamətlərinin müşahidə olunması ilə nəticələnir. İnsanlarda dərinin qızarması dəri eriteması adlandırılmışdır.

Qoyunlarda dərinin şüalanması zamanı yaranan reaksiyanın xüsusiyyəti epilyasiya ilə izah olunur, bu əlamət digər heyvanlardan fərqli olaraq ən çox bu növ heyvanda baş verir. Bunun səbəbi şüalanmadan sonra baş verən zədələnmə və tük follikulunun atrofiyaya uğramasıdır (şəkil 18 və 19).

Şüalanmadan bir həftə sonra bu əlamətlər qeydə alınır və subletal doza zamanı müvəqqəti xarakter daşıyır. Letal doza ilə şüalanmadan sonra sağ qalan qoyunlarda tükün əmələ gəlməsi çox zəif bərpa olunur və bu bir neçə il davam edir.



Şəkil.18. Qoyun dərisinin histoloji kəsiyi. A-şüalanmayan, B-300 R-n qamma şüası ilə şüalandıqdan 6 ay sonra (sıxlığın azalması və tük follikulalarının inkişafdan qalması).



Şəkil 19. 300 R-lə şüalanandan 24 gün sonra qoyun dərisində tükün tökülməsi.

Heyvanlarda şüalanmadan sonra dəri səthində əmələ gələn dəyişikliklər təcrübə yolu ilə müşahidə edilmişdir. Dəridə dəyişikliyin baş verməsi 5 R və bundan yüksək dozadan yaranır. Bunları ilk və sonrakı dövrlərə bölürlər. Dərinin ilk şüalanması zamanı əmələ gələn zədələnmə şüa yanığı adlanır. Bir qədər gec əmələ gələn şüa zədələnməsi xroniki dermatit, şüa fibrozu, şüa yarası və şüa xərçəngi kimi qeyd olunur.

Dəridə şüalanmadan bir qədər sonra əmələ gələn zədələnməni öyrənən zaman müəyyən olunmuşdur ki, limfa düyün-lərinin və kiçik qan damarlarının zədələnməsi, kiçik dövriyyənin pozulması, həmçinin qanda hiperkoagulyasiyanın baş verməsinə gətirib çıxarır.

Dərinin şüa zədələnməsinin gec inkişaf etməsi aşağıdakı ardıcılıqla davam edir. İonlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə dərinin reaksiyası degenerativ dəyişikliyin baş vermə intensivliyi

şüalanma dozasının mənimsənilməsinə cavab reaksiyasının verməsidir.

Bunun ardınca dəridə sklerozun yaranması, xüsusilə limfa düyünlərində və qan damarlarında mikrosirkulyasiyanın və hipoksiyanın əmələ gəlməsi ilə izah olunur.

Dərinin şüa zədələnməsinin bir qədər gec əmələ gəlməsi klinik əlamətləri dərinin atrofiyaya uğramasıdır. Dəri nazikləşir, quruyur, yarıqlar və ağrı əmələ gəlir. Bəzi hallarda dərinin ödemli, fibrozu və dərialtı toxumanın xroniki zədələnməsi qeyd olunur. Bunların hamısı toxumanın şüalanması zamanı baş verən zədələnmənin dərəcəsiindən çox asılıdır.

Şüalanmanın birləşdirici toxumaya təsiri

Toxumalar yumşaq və sərtliyinə görə fərqlənirlər. Hansı ki, bu da ilk dəfə olaraq ionlaşdırıcı şüanın bioloji təsiri ilə öyrənilmişdir. 1896-cı ildə rentgen şüasının təsirindən dəridə əmələ gələn dəyişikliklər müəyyən edilmişdir. Sonrakı elmi tədqiqat işlərində şüa ilə təsir zamanı, birləşdirici toxumanın tərkibində dəyişmələrin əmələ gəlməsi qeyd olunmuşdur.

Şüalanmanın təsirindən birləşdirici toxumada baş verən dəyişikliklər uzun müddət saxlanılır və bu da dozanın təsiretmə gücündən asılıdır: 100-150 R -nin təsirindən bu dəyişiklik 20-30 gün, yüksək dozada isə ola bilsin ki, bu illərlə davam etsin.

Şüalanma şəraitində birləşdirici toxumanın nüvəsinin tərkibində dəyişikliklər yaranır. Bu da hüceyrənin sıxılmasına səbəb olur, xüsusi ilə bunlar fibroz elementlərində və plazmatik toxumalarda daha aydın qeyd olunur. Şüanın təsirinə məruz qalan heyvanlarda, toxumada qocalmanın sürətlə gətməsinin baş verməsi və inkişafda iştirak edən biokimyəvi göstəricilərin sürətlə zəifləməsi qeyd olunur. Belə bir prosesin davamı və inkişafda olan heyvanlarda daha kəskin qeyd olunur: şüalanmanın letal dozası ilə təsir edən zaman, fibroblastların miqdarının azalması baş verir və metabollizim reaksiyasının güclənməsi, qocalma prosesinin sürətlənməsinə gətirib çıxarır.

Endokrin vəzisinə ionlaşdırıcı şüanın təsiri.

Endokrin vəzisi sinir sistemi ilə ən sıx əlaqədə olur. Orqanların radiohəssaslığına görə endokrin vəzisi, sinir sistemindən sonra gəlir. Heyvan bədənində şüanın təsir etməsi digər orqanlarda dəyişikliyin tez və ya gec əmələ gəlməsi özünü büruzə verir. Bu da onunla izah olunur ki, şüalanmaya qarşı endokrin vəzisinin həssaslığı mərkəzi sinir sistemi tərəfindən nizamlanır. Bu vəziyyət ilk dəfə olaraq sovet alimləri tərəfindən müəyyənləşdirilmiş və dünya alimləri tərəfindən təsdiq olunmuşdur.

Radioaktiv element yod izotopu qalxanvari vəzinin zədlənməsini əmələ gətirməklə bərabər onun yaxınlığında yerləşən timus vəzilərinə də təsir göstərir və onun mübadilə prosesində iştirak etməsini zəiflədir.

Şüalanmadan sonra hipofizdə dəyişikliyin əmələ gəlməsi. Yerli və ümumi şüalanma zamanı hipofiz vəzisinin quruluşunda və funksiyasında baş verən dəyişikliklər müxtəlif növ heyvanlarda fərqlənirlər. Şüalanmadan sonra hipofiz vəzisinin fəaliyyətində dəyişikliyin yaranması: funksiyasının artması, digər hallarda isə onun aşağı enməsi müşahidə olunur. Subletal doza ilə şüalandırma zamanı tireo və honadotrop funksiyanın güclənməsi qeyd olunur. Kəskin doza qalxanvari və cinsiyyət vəzilərində hormon hazırlanma funksiyasını tamamilə zəiflədir və onun aşağı düşməsi qeyd olunur. Sekresiyanın və hipofiz vəzisinin hormon hazırlanma fəaliyyətinin zəifləməsi nəticəsində fizioloji mühafizə etmə funksiyasının pozulması qeyd olunur.

Qan və qan doğuran orqanlara ionlaşdırıcı şüaların təsiri.

Müxtəlif qan hüceyrələri şüalanmaya qarşı eyni həssaslığa malik deyil, hansı ki, indiyə qədər qandoğuran hüceyrələrin şüalanmaya qarşı həssaslıq səviyyəsi barədə eyni

fikir söylənilməmişdir. Bəzi müəlliflər eritroplastik hüceyrələrin şüalanmaya qarşı ən həssas olduğunu qeyd edirlər, bunun ardınca mielositlər, meqakariosidlər və başqaları göstərilir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, eritrositlərin radiohəssaslığı müxtəlif növ heyvanlarda müəyyən dərəcədə eyni deyildir..

Quşlarda hemopoetik tərkib, morfoloji və funksional məlumatlara görə xırda heyvanlara nisbətən fərqlənir, belə ki, quşlarda eritroblastlar damar daxilində, mielopoez isə damardan kənarında yerləşir.

Quşların qan elementlərinin hamısında nüvə yerləşir. Quşlarda eritrositlərin həcmi böyük, lakin miqdarca azlıq təşkil edir. Quşların qanında neytrofil olmadığı halda, psevdoeozinofil vardır. Morfoloji tərkibə görə biokimyəvi tərkibdə bir sıra fərqlər vardır: məsələn, diastik qrupa daxil olan fermentlərin fəallığının yüksəlməsi, qanın oksigen saxlatma həcminin zəifləməsi və s.

Heyvanları LD_{50/30} və LD_{100/30} doza səviyyəsində ümumi şüalandırılan zaman, qanın yaranma sindromunun adı qaydada zəifləməsi (onurğa beyində) qanda normal elementlərin azalması və ən nəhayət qan yaranan toxumada aplaziyanın əmələ gəlməsi ilə müşahidə olunur.

Şüalanmadan sonra qan sxeminin dəyişilməsi. Şüalanmanın təsirindən leykositlərin miqdarının dəyişilməsi bu toxumanın şüalara daha həssas olmasını göstərir. Orta letal və bundan bir qədər yüksək rentgen şüası ilə heyvanın şüalandırılmasının ilk dəqiqələrində leykositlərin qısa müddət azalması müşahidə olunur. Leykositlərin miqdarının qısa müddətli azalmasının ardınca, 6-8 saatdan sonra əvvəlkinə nisbətən 10-15% artması qeyd olunur. Günün axırında leykositlərin miqdarı qəflətən azalır və aşağı səviyyədə saxlanılması uzun müddət davam edir.

Leykositlərin inkişafının davamlılığı şüalanma dozasından asılıdır: subletal dozada ola bilsin ki, 3-5 gün davam etsin, yüksək dozada isə inkişaf edə bilmir.

Yaşlı heyvanları yarımletal doza ilə şüalandıran zaman leykositlərin kəskin azalması şüalanmadan 2-3 həftə sonra qeydə alınır. Həmin vaxtı leykositlərin miqdarı normal vəziyyətə nisbətən 3 və bundan çox azalır. Leykositlərin miqdarının bərpa olunma müddəti 2-3 ay təşkil edir.

Şüalanmadan 1-2 saat sonra qan damarlarında leykositlərin ümumi miqdarının azalması, vegetativ qan damar sistemində dəyişikliyin getməsi, qanın ətraflara paylanmasının zəifləməsi ilə izah olunur. Sonrakı vaxtlarda leykositlərin miqdarının dəyişməsi qan doğuran onurğa beynində dəyişikliyin əmələ gəlməsi ilə izah olunur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, leykositin azalma və dəyişmə miqdarı əsasən şüalanmanın dozasının gücündən asılıdır. Leykositlərin cavan heyvanlarda azalması, yaşlı heyvanlara nisbətən daha tez qeydə alınır, bərpa olunma göstəricilərinin yaranması tez baş verir və tamam bərpa olunma qısa vaxtda müşahidə edilir.

Limfositlərin sayının dəyişməsi. Qan hüceyrələrindən radiasiyaya ən həssas limfositlərdir. Orqanizmdə limfositlərin miqdarının azalması şüalanma səviyyəsinə qarşı əhəmiyyətli göstərici kimi hesab olunur. Limfositlərin sağlam heyvanların qanında yaşama müddəti bir neçə saatdan 1-2 günə qədər davam edir.

Şüalanmanın təsirindən ilk növbədə limfositlər, nisbətən daha tez dəyişikliyə uğrayır, lakin leykositlərin ümumi say xüsusiyyətlərində elə bir xarakteriki əlamətlər qeyd olunmur. 100 R-lə şüalanan zaman limfositlərin sayının azalması özünü kəskin dərəcədə özünü bürüzə vermir. Latent doza ($LD_{50/30}$) ilə şüalanma zamanı 2-3 gündən sonra limfositlərin bir qədər çox azalması müşahidə olunur. Bu vaxt limfosit hüceyrələrinin morfoloji dəyişməsi, orta və böyük formalar arasında dəyişikliyə uğraması qeydə alınır.

Neytrofillərin sayının dəyişməsi.

Bir sıra xırda heyvanlarda neytrofil, leykositə nisbətən bir qədər yüksək (60-70%) miqdar təşkil edir. Radioaktiv təsire

qarşı neytrofillərin cavab reaksiyası şüa zədələnməsinin ən xarakter əlamətlərindən biri hesab olunur. Şüalanmanın təsirindən sonra heyvanlarda neytrofil leykositlərinin dəyişməsinə beş fazaya bölmək olar.

I. Faza - neytrofilez fazasının ilk başlanğıcı, toxumanın tezliklə onurğa beynindən xaric olması.

II. Faza - ilk başlanma fazası. Neytrofillərin sayı bu dövrdə ilk ana nisbətən 10%-dən 20% -ə qədər azalır, bəzi hallarda azalma heyvan ölənə qədər davam edir. Bu fazanın əmələ gəlməsi neytrofilin onurğa beynindən çıxmasının dayanması və kletka-ların damardan kənar məhv olması ilə izah olunur.

III. Faza - yenidən yüksəlmə fazası, bunun ən yüksəkliyi 7-17-ci gün qeydə alınır. Bu müddətdə neytrofillərin ilk ana nisbətən 70-80% səviyyəsinə çatması baş verə bilər. Bu müddətdə sağ qalmış onurğa beyin hüceyrələri bərpa olunur, lakin çoxunun zədələnmiş olması bunların dəfələrlə bölünməyə məruz qalmasına imkan vermir. Hüceyrələrin bölünməsi tam dayanır və təkrar boşluğun əmələ gəlməsi baş verir.

IV. Faza - ikinci boşalma fazası. Adətən bu çox kəskin qeyd olunur və uzun müddət davam edir.

V. Faza - bərpa olunma fazası. Zəif inkişaf qeyd olunur və onurğa beyinin reproduksiyasının inkişafı müəyyən edilir.

Faza dəyişikliyi ilə eyni vaxtda neytrofillərin ümumi sayının cəmi formal hüceyrələrə nisbətən dəyişilir, inkişaf fazası dövründə cavan formal hüceyrələrin faiz artımı yüksəlir, cavan və çöpvari nüvələrin isə sola doğru inkişafı qeydə alınır.

Neytrofil (psevdoeizonofillərin) bərpa olunma prosesi, limfositlərlə müqayisədə ola bilsin ki, çox uzun müddət davam etsin.

Eozinofillərin miqdarının dəyişməsi. Subletal dozanın təsiri zamanı qanda eozinofillərin miqdarının böyük dönüşlə dəyişməsi qeyd olunur. Yarımletal doza ilə şüalandıran zamanı onların sayının azalması qeydə alınır və zəif bərpa olunur. Radioaktiv şüanın xroniki təsiri zamanı eozinofillərin miqdarı artır.

Bazofillərin sayının dəyişməsi. Bazofillər çox yüksək radiasiya qarşı həssasdırlar. 100R və bundan yüksək doza ilə şüalandıran zaman keçən bir sutka ərzində bazofilin miqdarı kəskin azalır; şüa reaksiyasının səviyyəsindən asılı olaraq qanda qeyd olunan toxumalar bəzən yoxa çıxır.

Monositlərin sayının dəyişməsi. Şüalanma zamanı digər qrup leykositlərə nisbətən monositlərin miqdarı çox az dəyişir. Yarımletal doza ilə heyvanı şüalandıran zaman monositlərin sayının azalması üçüncü sutkada qeyd olunur, və bir həftə davam edir, sonra isə bərpa dövrü başlayır.

Eritrositlərin sayının dəyişməsi. Ədəbiyyat məlumatları eritrositlərin, leykositlərə nisbətən radiasiyaya həssaslığının çox az olmasını qeyd edirlər. Məsələn, itlərin və dovşanların eritrositlərini orqanizmdən kənar 40 və 60R doza ilə şüalandıran zaman funksional tərkib dəyişilmir, lakin onların yaşama müddətlərinin zəif artması qeyd olunur.

Heyvanları subletal doza ilə şüalandıran zaman qanda eritrositlərin miqdarı demək olar ki, dəyişilmir. Hemoqlobinin də miqdarında bir o qədər kəskin dəyişiklik qeydə alınmır. Retikulosidlərin şüalanmış orqanizmdə miqdarının artması zamanı eritropoezanın aktivləşməsi müşahidə olunur, eritrositlərin yaşama müddətinin azalması və morfoloji quruluşunun dəyişməsi, heyvanın həssaslığından asılı olması ilə izah edilir. Letal doza ilə şüalandıran zaman qanda leykositlərin miqdarının azalmasının güclənməsi nəticədə qan azlığının yaranması qeyd olunur.

Trombositlərin miqdarının dəyişməsi. Trombositlərin radiohəssaslığı leykosit və eritrositlərin arasında orta vəziyyəti tutur. Orta letal doza ilə şüalandıran zaman trombositlərin miqdarı beş sutkaya qədər eyni vəziyyətdə saxlanılır, sonra isə kəskin azalaraq 9-cu, 10-cu gün ən aşağı həddə çatır. Kəskin şüa xəstəliyinə tutulmuş heyvanlarda bu vaxt hemorragiyanın əmələ gəlməsi, yüksək dozada isə hemorragiya sindromun inkişaf etməsi qeydə alınır.

Quşlarda trombositlər yekə olmaqla ellipsə oxşar formadadırlar, nüvə və sitoplazması yaxşı görünür. Subletal

doza ilə şüalandıran zaman trombositlər zəif azalır. Şüalanmanın 7-8-ci günü ən yüksək depressiya vəziyyətini alır. Yarımletal doza ilə şüalandıran zaman onların enmə miqdarı ilk gündə qeyd olunur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, şüalanmış orqanizmdə trombositlərin miqdarının dəyişməsi, onların keyfiyyətcə də dəyişməsinə təsir göstərir.

Şüalanma zamanı qan laxtalanmasının zəifləməsi.

Heyvanların şüa zədələnmələri zamanı daima izlənən əlamətlərdən biri qanda laxtalanma sistemində pozğunluqların yaranması bəzi hallarda hemorroji vəziyyətə gəlib çıxmasıdır.

Kəskin şüa xəstəliyi zamanı qanın laxtalanması dəyişir ki, bu da şüalanmanın qanın ümumi koagulyasiya fəaliyyətinə təsir etməsi ilə əlaqədardır.

Kəskin şüa xəstəliyi zamanı qan laxtalanmasının birinci fazasında dəyişikliyin baş verməsi qeyd olunur, bununla bərabər əmələ gələn tromboplastinin miqdarı azalır. Göstərilən dəyişikliyin əmələ gəlməsinə əsas səbəb trombositlərin çatışmamazlığı və bunun digər səbəbi isə qanda antikoagulyantlığının artmasıdır.

Qanın laxtalanmasının ikinci fazası fəal trombsahənin prortombinə təsir etməsi nəticəsində, trombinə keçməsidir, bu proses şüa xəstəliyi zamanı az dəyişir.

Qanın laxtalanması üçüncü fazada özünü əhəmiyyətli dərəcədə göstərir, bu zaman fibrinogendən fibrin əmələ gəlir. Şüa xəstəliyinin gedişində fibrinogenin sayının artması qeyd olunur. Şüa xəstəliyi zamanı fibrinin ultraquruluşunda pozğunluq qeydə alınır. Bu zaman fibrin arasında olan məsafə qısalır və qeyri-səliqəlilik yaranır, fibrinə oxşar fizioloji xüsusiyyət itir.

Trombositin miqdarca və morfoloji xüsusiyyətinin dəyişilməsi nəticəsində onların funksional quruluşunda dəyişikliyin əmələ gəlməsi qeyd olunur. Trombositlərin aqresivlilik fəaliyyətin normadan kənara çıxması, trombositin

degenerasiyanın qeyri normallığının yaranması, trombositlərin miqdarının azalmasına gətirib çıxarır.

Qan və qandoğuran orqanlarda ardıcıl kəskin dəyişikliklərin əmələ gəlməsi (trombositlər, qanın laxtalanmasının dəyişməsi) qan damar divarlarının quruluşunun normadan kənara çıxması ilə qeydə alınır.

Həzm orqanlarına ionlaşdırıcı şüanın təsiri.

Həzm üzvlərinin hamısı ionlaşdırıcı şüalara qarşı çox həssasdırlar. Radiasiyaya həssaslığına görə onlar aşağıdakı ardıcılığa bölünür: nazik bağırsağ, tüpürcək vəzisi, mədə, düz və acı bağırsağ, mədəaltı vəzi və qara ciyər.

Radiasiyanın yüksək dozasının təsirindən ya bütün orqanlarda və yaxud qarın nahiyəsində ilk növbədə bağırsaqların tez və güclü zədələnməsi nəticəsində mədə-bağırsağ sindromunun pozulmasının əmələ gəlməsi qeyd olunur. Orta letal və ən yüksək doza bağırsağ divarlarında görünən funksional və morfoloji dəyişikliklər əmələ gətirir. Zədələnmiş epitelilərdə ilk dəqiqələrdə qatların əmələ gəlməsi dayanır və onların məhvi baş verir. Plazmanın həcmnin azalması kollaps və şok əmələ gətirir. Heyvanların xəstələnməsində ən böyük dəyişiklik bağırsağ divarının baryer funksiyasının zəifləməsidir, belə bir vəziyyətdə bağırsağın mikroflorası orqanizmin daxilinə düşür və zəhərlənməni əmələ gətirir. Mədə-bağırsağ sindromu zamanı ölümün baş vermə müddəti 7-10 gündən sonra özünü göstərir. Neytron və qamma şüası ilə şüalanan zaman digər orqanlarla müqayisədə ən dərin patomorfoloji dəyişiklik nazik bağırsaqda özünü göstərir.

Şüalanan heyvanların əksəriyyətində öd yollarında şüa xəstəliyinin klinik əlamətləri özünü aydın büruzə verir. Bəzi heyvanlarda letal doza ilə şüalanma zamanı çox hallarda öyümə, qusma, qəbizlik qeyd olunur. Hansı ki, bu da 1-3 gündən sonra yox olur, lakin yenidən şüa xəstəliyinin əmələ gəlməsi şiddətlənir.

Tüpürcək vəzisi radiasiyanın təsirinə kəmiyyətə və keyfiyyətə cavab verir. Ardıcıl davam etməsi dalğavari formada keçir, ola bilsin bunda, əsas hissəyə münasibəti dəyişilsin və yaxud ola bilsin ki, elə bir maddə əmələ gəlsin ki, tərkibcə tüpürcəyə bənzəsin. Məsələn, şüalanmış itlərin tüpürcəyində amilaza fermenti müşahidə edildiyi halda, şüalanmaya qədər bu ferment qeyd olunmamışdır.

A.D.Belov və M.İ.Dostaliyev qoyunlar üzərində aparılan eksperimentdə şüa xəstəliyi zamanı endokrin sistemində və onikibarmaq bağırsaqda dəyişikliyin əmələ gəlməsini izləmişlər. 0,96 və 3,84 QR doza ilə şüalandıran zaman ilk vaxtda qastrinin qanda səviyyə miqdarı 2-3 dəfə aşağı düşməsi qeydə alınır. Hansı ki, şüa xəstəliyinin gedişi zamanı bunun bərpa olunması müşahidə olunmur. Şüalanmadan birinci üç gündən sonra onikibarmaq bağırsaqda dəyişiklik müşahidə olunmamışdır. Ən kəskin dəyişiklik yalnız 7 gündən sonra baş vermişdir. Qeyd olunan dəyişikliklər 30 gün müddətinə kimi sağlam heyvanlar səviyyəsinə çata bilmir.

Bağırsaqlar. Ümumi və lokal şüalanma zamanı nazik bağırsağın hissədə, xüsusilə onikibarmaq bağırsağın sekretor və fermentativ funksiyası dalğavari formada dəyişilir. Birinci günü yüksəliş baş verir, sonra isə azalmaya doğru gedir, hansı ki, bərpa olunma müddəti çox uzun çəkir, xəstəliyin ağır formasında bərpa olunma çox zəyif gedir və bəzi hallarda heyvanın ölümü ilə nəticələnir.

Kəskin şüa xəstəliyinin ağır formasında heyvanlarda birinci gündən peristaltikanın pozulması, sekresiyanın aşağı enməsi və fermentin aktivliyinin qalxması, sonra isə enməsi qeydə alınır, bağırsağın və kalda fermentin aktivliyi bir neçə dəfə yüksəlir.

30 QR və bundan yüksək doza ilə daxili yerli şüalanma zamanı mədə və bağırsaqlarda şüa zədələnməsi əmələ gəlir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, patoloji prosesin ağırlığı dozadan asılıdır.

Bağırsağ divarının zədələnməsini aşağıdakı formaya ayırırlar: kataral, hemorroji, kataral yara və nekrozlaşma prosesi,

mədə və bağırsağın ayrı-ayrı yerlərində dəşiklərin əmələ gəlməsi qeyd olunur. Mədə-bağırsaq traktının şüa zədələnmələri zamanı yemin zəif qəbul olunması və bədən çəkisinin azalması şüalanmanın ağırlığından asılı olaraq digər proseslər də əmələ gəlir. Kataral dəyişikliklər zamanı kal ilə suyun ifrazı artır, ishal əmələ gəlir; hemorroji və yara vəziyyətində kalda həmişə qan görünür, bəzi hallarda mədədə və ya bağırsaqda qansızmalar qeydə alınır. Qanın uzun müddət kal vasitəsi ilə xaric olması, posthemorroji anemiyanın əmələ gəlməsinin əsas səbəbidir.

Mədəaltı vəzi. Şüalanmanın dozasından asılı olaraq vəzinin quruluşunda dəyişiklik xüsusiyyətləri bu formada qeydə alınır: fermentin əmələ gəlməsi az aktivləşir, pankreas şirəsinin əmələ gəlməsinin zəifləməsi, amilazanın, lipazanın, tripsinin, insulinin aktivliyi aşağı düşür və qansızma əlamətləri müşahidə olunur, pareximatoz toxumada degenerativ və nekrozlaşma prosesləri qeydə alınır.

Qaraciyər. Şüalanmadan sonra toxumanın morfoloji dəyişikliyinə görə qaraciyər radiasiyaya həssas orqanlar sırasına daxil edilir. Orta letal doza ilə yerli şüalandırma zamanı orqanda katalaza fermentinin aktivliyi zəifləyir. Fosfatazanın qələvilik aktivliyi artır. Parinximatoz orqanlarda xolesterinin və qlobulinin miqdarı dəyişilir, onun bağırsağa daxil olması prosesində zəifləmə əmələ gəlir. Qaraciyərdə zülal, yağ, karbohidrat mübadiləsi pozulur, nəticədə degenerativ proses əmələ gəlir, qansızma əlamətləri nəzərə çarpır və qaraciyər toxumasında nekroz qeydə alınır.

İonlaşdırıcı şüaların ürək-damar sisteminə təsiri. Ürəyin subletal doza ilə şüalanmaya qarşı cavab reaksiyası çox tez başlayır, döyüntünün və elektrokardioqrammanın dəyişilməsi, miokardda biokimyəvi və histokimyəvi çevrilişlə bərabər digər pozğunluqlarda qeydə alınır. Radiasiyaya qarşı ən yüksək həssas endokard toxuması sayılır. Mikroskopik müayinə zamanı müxtəlif ölçüdə qansızmalar müəyyənləşdirilir, miokardın distrofiyası qeyd olunur və qlikogenin, RNT və DNT-nin saxlanma miqdarı azalır, iltihab prosesi qeyd olunmadan nekroz ocağı əmələ gəlir.

İtləri 50-60 QR rentgen şüası ilə şüalandıran zamanı 100% hallarda, ürəyin miokardında dəyişiklik qeyd olunur. Miokardın kapilyarlarında 6 QR doza ilə şüalandıran zaman dəyişikliyin yaranması müşahidə edilir. Tənəffüsün dərinədən getməməsi bəzi hallarda asfiksiyanın yaranması və ürəyin həcmninə kiçilməsi qeydə alınır.

Qan damarları. Az doza ilə şüalanma zamanı qan damar sisteminin tonusunda zəifləmənin getməsi və ətraf mühitin digər qıcıqlanmalarına qarşı hissiyatın zəifləməsi qeyd olunur. Qan təzyiqi aşağı düşür. Şüalanma zamanı ürək damarlarının bütün nahiyələrində biokimyəvi və morfoloji dəyişikliklər gedir. Xəstəliyin ağır formasında damarlarda sklerozlaşma özünü büruzə verir.

İonlaşdırıcı şüaların tənəffüs üzvlərinə təsiri. Yuxarı tənəffüs yollarının selikli qişasının radiohəssaslığa qarşı cavab reaksiyası müxtəlifdir. Radiasiyanın az subletal dozəsindən sonra tənəffüs sistemində hər hansı dəyişikliyin əmələ gəlməsi, yüksək doza ilə şüalandıran zaman daxili tənəffüsdə kəskin dəyişikliyin yaranması qeydə alınır, bu dəyişiklik yüngül və qısa müddətli fiziki təzyiğin nəticəsində yaranır.

Kəskin şüa xəstəliyinin inkişaf etdiyi dövrdə ağciyərdə çoxlu miqdarda qansızmalar əmələ gəlir, xüsusilə bronx-damar birləşmələrində bu dəyişiklik kəskin qeydə alınır. Orta divarların və bronxların birləşmələrində kəskin qırmızı-qara rəngli ləkələr əmələ gəlir.

Ağciyər parenximasında müxtəlif formalı pnevmoniya qeydə alınır. Bu da geniş məsafəli hemoroji pnevmoniyayı xatırladır. Əlverişli şəraitdə iltihablaşma prosesinin əmələ gəlməsi zəif gedir. İti şüa xəstəliyinin izləri qeydə alınır. Tənəffüs zamanı xışıltı və kəskin öskürəyin əmələ gəlməsi müşahidə olunur.

Lokal şüalanma zamanı alınan məlumatlar müxtəlifdir. Aparılan tədqiqatlar və kliniki müayinələr zamanı müəyyən olundu ki, şüa xəstəliyi zamanı ağciyərin patoloji dəyişikliklərin əmələ gəlməsi əsasən toplanma dozasının miqdarından asılıdır.

Döş qəfəsini 100 QR və bundan yüksək doza ilə şüalandıran zaman bəzi hallarda ağciyərin 100% zədələnməsi qeyd olunur.

Ağciyərin lokal şüalanması zamanı bir sıra təsnifatlar aşağıda göstərilmişdir.

1. İlk şüa zədələnməsi
2. İti pnevmoniya.
3. Alveola sisteminin zədələnməsinin əmələ gəlməsi;
4. Peribronxial -perivaskulyar dəyişikliyin yaranması;
5. İnfiltrasiyanın kütləvi inkişaf etməsi;
6. Ödemənin inkişaf etməsi.
7. İlk -xroniki pnevmoniyanın əmələ gəlməsi.
8. İkinci- xroniki pnevmoniyanın baş verməsi.

İonlaşdırıcı şüanın sümüyə, əzələyə və qığırdağa təsiri.

Sümüyün və qığırdağın radiohəssaslığı əsasən heyvanın yaşından asılıdır. İnkişafda olan fərdlər toxuma inkişafını dayandırmışlardan fərqli olaraq şüalanmaya bir qədər həssasdırlar. Bütün növ heyvanları şüalandıran zaman sümük və qığırdaq toxumasında dəyişiklik qeyd olunur.

Cinsi yetişkən heyvanları yerli 30 Qr doza ilə şüalandıran zaman ola bilsin ki, sümüyün zədələnməsi baş versin. Şüa təsir etməsi nəticəsində sümükdə qan aparıcı damarlar nekrozlaşır, qidalanma pozulur. Bu da distrofik və digər çatışmamazlığa gətirib çıxarır. Cavan heyvanları şüalandıran zaman sümükdə inkişafın dayanması və müxtəlif distrofiyaların əmələ gəlməsi, uzun sümüklərin qısalması, əyilməsi və digər şəkil alması qeyd olunur.

Sümükdə şüa zədələnməsinin inkişafı xəstəliyin müxtəlif dövrlərində fərqlənir, davam etmə müddəti hansı ki, müxtəlif növ heyvanlarda eyni deyil, bu da prosesin ağırlıq dərəcəsindən və həmin heyvanın yaşama müddətindən asılıdır.

Sümüyün şüa zədələnməsini aşağıdakı ardıcılıqla fərqləndirirlər: sümük parezi, sümük nekrozu və sümük mieliti (osteomyelit), ola bilsin ki, sümük sınması və bəzi hallarda sümüyün öz şəklinin tamam dəyişməsi ilə nəticələnsin.

Sümükdə və qığırdaqda baş verən dəyişiklik xüsusilə orqanizmə sümük tərkibli izotoplar düşdükdə qeydə alınır.

Çənəni şüalandıran zaman dişlərdə çürümənin yüksəlməsi baş verir, cavan heyvanlarda dişlərin böyüməsi ləngiyir.

Radioaktiv şüaların heyvanların çoxalma orqanına və irsiyyətə təsiri. Orqanizmin və orqanların radiasiyaya qarşı həssaslığı ən çox inkişafdan asılı olur. Bu da heyvanda həyatı boyu dəyişilir. Ümumi qayda belədir, embrion dövründən başlayaraq cinsi yetişkənlik qurtarana qədər heyvanın və orqanizmin radiohəssaslığı yavaş-yavaş azalır, orta yaş dövründə sabitləşir və heyvan yaşlandığı dövrdə doza yenidən artır. Cinsi yetişkən heyvanlarda radiasiyaya qarşı cinsi fərqlər qeydə alınır. Dişi heyvanların cinsi yetişkənliyinin müxtəlif dövrlərində radiasiyaya həssaslığı aşağı düşür. Bu da cinsiyyət hormonunun müdafiə etmə təsirindən asılıdır. Boğazlıq dövründə dişi heyvanların radiasiyaya həssaslığı yüksəlir. Dişi və erkək heyvanlara şüalanana qədər cinsiyyət hormonu vurularsa müəyyən qədər mühafizə təsirini göstərə bilər.

Heyvanları xarici şüalandıran zaman toxumluğun şüa zədələnməsi inkişaf edir və belə bir proses lokal şüalandırma zamanı da özünü göstərir.

Cinsiyyət vəzində şüalanmadan sonra baş verən dəyişikliyin səviyyəsi, əsasən dozanın miqdarından və şüalanmanın xassəsindən asılıdır. Az doza ilə şüalanan zaman toxumluğun quruluşunda dəyişiklik əmələ gəlir. Yüksək doza ilə (500 R və yüksək) yerli şüalandıran zaman onların həcmində ardıcıl olaraq kiçilmənin və toxum epitelilərinin məhvi qeyd olunur.

Kəskin şüa xəstəliyinin ağır formasında vəzinin parenximasında degenerativ dəyişiklik şüalanmadan 2-3 gün sonra əmələ gəlir. İlk əvvəl spermatozoidlərin irəlilə yə hərəkətinin zəifləməsi sonra isə onun zədələnməsi qeydə alınır.

Histoloji müayinə zamanı vəzinin parenximasında bir sıra qansızmalar müşahidə olundu, toxum kanalında hüceyrələrin nekrozlaşmış vəziyyətdə yığılması və spermatozoidlərdə dəyişikliyin baş verməsi qeydə alınır. Sertoli və Leydiq hüceyrələri zəif dəyişikliklərə uğrayırlar.

Heyvanların yumurtalığında və digər orqanlarda şüalanmadan sonra yaranan reaksiya, dozadan, şüalanmanın gücündən şüalanmanın müddətindən asılıdır. Qoyunlara şüanın təsiri zamanı spermanın əmələ gəlməsinin ləngiməsini öyrənən zaman müəyyən olundu ki, xəstəliyin 30-cu günü spermanın əmələ gəlmə həcmi yarıya qədər azalır.

Eyakulyasiya həcminin qısalması üç aya qədər davam edir, ola bilsin ki, ikinci ayın axırında impotensiyanın və aspermiyanın əmələ gəlməsi baş versin. 300 R-lə şüalanan qoyunlarda ejakulyatın bərpa olunma həcmi dördüncü-yeddinci ayda qeyd olunur. Bütün şüalanmış qoyunlarda spermanın iyi rəngi və qatılığı demək olar ki, dəyişilməyir.

200 Rentgenlə şüalanmış qoyunların sperması 10 gündən sonra 80% azalır və bu vəziyyət 3-4 həftəyə qədər davam edir. Sonra isə 3-4 ay müddətində bərpa olunaraq 90-95%-ə çatır. Qoyunları 30 R-lə şüalandırdıqdan 10 gün sonra spermanın fəallığı 55%-ə qədər qalxır, şüalanmanın 20-ci günündə isə bu aktivlik 70%-ə qədər yüksəlir. İkinci ayda yenidən miqdarı 45%-ə enir. Sonrakı vaxtlardan bir ilə qədər spermanın hərəkəti 60-95% arasında qeyd olunur.

Qamma və yaxud rentgenlə ümumi şüalandırıldıqdan sonra digər növ heyvanların yumurtalığında dəyişiklik qeyd alınır. Orta dərəcəli şüa xəstəliyində donuzlarda 1-2 həftədə cinsi əlaqənin zəifləməsi qeyd olunur. Sonra isə spermanın miqdarı azalır və 6-8-ci ayda ən yüksək səviyyəyə çatır. Bundan sonra bərpa dövrü başlayır və dördüncü ayda spermanın qatılığı normal vəziyyətə çatır və ağır şüa xəstəliyinin ən ağır formasında yumurtalıqda dəyişiklik bir qədər yüksək ardıcılıqla gedir. Yarma zamanı yumurtalığın kiçilməsi və qansızma qeyd olunur.

Buğaları 400 R-lə xaricdən şüalandıran zaman toxumluqda dərin dəyişiklik əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bir qədər yüksək dozada birinci 2-3 həftədə toxumluqda morfoloji dəyişiklik nəzərə çarpır. Hansı ki, bu da sonralar spermanın əmələ gəlməsini çətinləşdirir.

Cədvəl 5. Xayalarda bir sıra izotopların təsirindən baş verən dəyişikliklər.

İzotoplar	Doza mkKi/q	Yeridilmə üsulu və vaxtı	Heyvanların növi	Alınan nəticə
Uranın cavan parçalanma məhsulu	0,3	Daxilə bir dəfə	İtlər	Spermiogenezdə dəyişiklik qeyd olunur.
Stronsium - 90	1 və 10	3 ay	Çoşqalar	Sperma əmələgətirən epitelilərin dağılması, toxumluğun slerozu
	1,4	Daxilə bir dəfədə	Siçanlar	LD ₃₀ spermaioqoniyalar üçün
Plotonium- 239	0,021	Daxilə bir dəfədə	Dovşanlar	Sperma əmələgətirən hüceyrələrin zədələnməsi və məhv olması
Seziyum-137	1	Uzun müddət	Qoyunlar	Döllənmənin azalması
Seziyum-137	1	Uzun müddət	Buğalar	Döllənmənin azalması
Seziyum-137	1	Uzun müddət	Çoşqalar	Döllənmənin azalması
Yod-131	400	Hər gün, 1 ay müddətində	Cüceler	Cinsiyyət dimorfizmin və spermiogenezin zəifləməsi
Yod-131	40	Hər gün, 1 ay müddətində	Cüceler	Spermiogenezin aktivləşməsi, cinsi yetişməsinin tezləşməsi
Fosfor-32	0,004	bir dəfədə	Donuzlar	Spermiogenezin pözulması və 3-6 ay- dan sonra xayada sklerozun inkişafı

Fosfor-32	0,006	Bir dəfəyə	Xoruzlar	Toxumluq kanalının diametrinin kiçilməsi, mitozun pozulması. Dördüncü ayın axırında funksiya tamam bərpa olunmur
-----------	-------	------------	----------	--

Toxumluğun bərpa funksiyası yavaş-yavaş yerinə qaydar, bunun bərpa olunma müddəti ümumi şüalanma dozasından asılıdır. Şüa xəstəliyinin ağır formasında ola bilsin ki, heyvanlarda bir neçə ay balavermə funksiyası pozulsun. 400 R-lə şüalandırılmış eşşəklərdə bala vermə funksiyası dayanır. 750 R-lə şüalanan zaman bir aydan sonra aspermiya qeydə alınır. Bərpa olunma funksiyası 1-2 aydan sonra baş verir.

Xaricdən 600 R- qamma şüası ilə toyuqlara təsir edən zaman nəzərə çarpan dəyişiklik qeydə alınır. Yüksək olmayan doza toxumluğun inkişafını aktivləşdirir. Yüksək və ən yüksək şüa xəstəliyi əmələ gətirən doza şüalanmadan birinci gün sonra intim aktının pozulmasına gətirib çıxarır; sağ qalan xoruzlarda cinsiyyət aktivliyi və spermanın fəaliyyəti tam bərpa olunur. Erkəklərin daxili şüalandırılması zamanı çoxalma orqanının şüalanma səviyyəsi, radioaktiv izotopların orqanizmdə paylanması ilə təyin olunur. Orqanizmə düşən bütün radioaktiv izotoplar toxumluğun quruluşunda və funksiyasında patoloji dəyişiklik əmələ gətirir.

Cinsi yetişkənliyi olmayan cavan heyvanların toxumluğu inkişaf edənlərə nisbətən radiasiyaya qarşı həssasdır. Bu da quşlara və xırda heyvanlara düzgün baxılmaması nəticəsində əmələ gəlir.

Toxumluğun reaksiyası xroniki şüalanma zamanı kənd təsərrüfatı heyvanlarında az öyrənilmişdir. Bir neçə təcrübələrdə doza ilə təkrar şüalanma zamanı bir qədər yüksək zədələnmənin əmələ gəlməsini qeyd edirlər. Dişi heyvanları təkrar şüalandıran zaman toxumluğun şüa zədələnməsinin gedişini bir qədər dərinləşdirir, bərpa olunma prosesinin bir qədər uzanmasına

səbəb olur. Bu da bir sıra erkək heyvanların balasız qalmasına gətirib çıxarır.

Yumurtalıqın şüa zədələnməsi. Heyvanlar ilk yaş dövründə yumurtalıqın inkişafı zamanı toxumluğu yetişməmiş yaşlı heyvanlara nisbətən radiasiyaya qarşı bir qədər həssasdırlar. Məsələn, follikulaların yetişdiyi vaxt şüalandırılarkən yumurtalıqda dəyişiklik bir qədər yüksək dərəcədə qeydə alınır. Bu fərq yumurtalayan və yumurtalamayan toyuqlar arasında aydın qeyd olunur.

V FƏSİL

RADIOAKTİV ELEMENTLƏRİN TOKSİKOLOGİYASI

Radioaktiv elementlərin toksikologiyası günün ən vacib məsələlərindən biridir.

Bu sahə radioaktiv izotopların orqanizmə daxil olması qanunauyğunluqları, bunların orqanizmdə paylanması və ayrı-ayrı orqanlarda hansı səviyyədə toplanması, onların orqanizmdən necə xaric olmasını öyrədir. Radioaktiv izotopların orqanizm tərəfindən mənimsənilməsi və onların orqanizmdən xaric olmasını tezləşdirən üsullar işləyib hazırlayır.

D.İ.Mendeleyevin dövrü sistem cədvəlində olan kimyəvi elementlərin hər hansı izotopları orqanizmə düşdükdən sonra maddələr mübadiləsində, təbii elementlər iştirak etdiyi kimi özünü aparır.

Radioaktiv izotopların toksiki təsiri onların yaratdığı radioaktiv şüaların parametri ilə təyin olunur.

Orqanizmə düşmüş radionuklidlərin təsiri heç də bu izotopların yaratdığı şüaların təsirindən fərqlənmir. Bunların bir fərqləndirici xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, izotoplar maddələr mübadiləsinə girərək uzun müddət orqanizmdə dövriyyədə iştirak edir. Radioaktiv izotopların aktivliyini kimyəvi və fiziki maddələrlə söndürmək mümkün deyil.

Radioaktiv izotopların toksikogenliyinə şərait yaradan faktorlar.

Radioaktiv izotopların toksikliyi aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Növü və enerji şüalanması, parçalanma müddəti
2. Maddənin fiziki-kimyəvi xüsusiyyəti, radioaktiv izotopların hansı tərkibdə orqanizmə daxil olması.
3. Radioaktiv izotopun orqanizmdə və toxumada paylanma xüsusiyyəti

4. Orqanizmdən xaric olma sürəti.

Enerji saxlanması və növü. Radioaktiv izotopların təsir etmə xüsusiyyətləri onların enerji verməsindən asılıdır. O, nə qədər güclü olarsa, təsiri də bir o qədər çox olacaqdır.

Radioaktiv izotopların toksikliyinə təyin olunması şüalanmanın növü ilə izah olunur.

Müxtəlif növ şüaların bioloji təsiri, onların enerji vermə səviyyəsindən (EOX), enerjinin ötürülmə xəttindən asılıdır. Enerjinin ötürülmə xətti, səviyyəsi, kvantların və hissəciklərin möhkəmliyinin yaranmasına şərait yaradır. Ağır hissəciklərin sıxlığı həddindən yüksək, yüklülərin cəmi isə zəifdir, yəni enerji yüksək olarsa, hissəciyin getmə məsafəsi qısa, enerji ötürülmə xətti isə çox olacaqdır.

Güclü enerji ötürmə səviyyəsi olan şüalar yüksək bioloji effektivliyə malikdirlər.

Cədvəl 6. İonlaşdırıcı şüaların bioloji təsirini xarakterizə edən göstəricilər

Şüalar	Enerji MEV	Əzələ toxumasına nüfuz etmə məsafəsi	1 mkm yolda ionizasiyanın orta qiyməti	Orta EOM KeV/mkm	Ümumi bioloji effektivlik əmsalı
Rentgen və qamma şüası	1	20sm və daha çox	15	0,49	1
β -hissəcikləri	1	4,4 mm	8	0,23	1
α - hissəcikləri	5	35 mkm	4,500	143,0	10
Proton	1	22 mkm	-	45,0	10
Neytron	0,9	-	840	27,4	10

Şüalanmanın bioloji effektivlik fərqi müəyyən etmək üçün enerjinin ötürmə xəttini, bioloji effektivlik münasibəti qəbul edilmişdir (ÜBE - ümumi bioloji effektivlik). Məsələn, orqanizmi

yüksək sürətli neytronla ümumi şüalandırılan zaman ümumi bioloji effektivlik 10-a bərabərdir, cinsiyyət vəzisini yerli şüalanma zamanı bu effektivlik 35-ə bərabərdir.

Radioaktivliklərin parçalanma müddəti onun bioloji effektivliyinin əsas xassəsidir. Məsələn, quşlar və xırda buynuzlu heyvanlar üçün parçalanma müddəti bir neçə gündən bir neçə ilə qədər olan izotoplar ən qorxulu hesab olunur. Bu onunla izah olunur ki, parçalanma müddəti qısa müddətli, yəni dəqiqə və saniyə ilə ölçülən izotopların əsas kütləsi toxumaya çatmadan azalır və təhlükə yaratmır. Məsələn ^{212}Po və ya ^{220}Po izotoplarının dağılma müddətləri $3 \cdot 10^7$ saniyədir. İzotop yod 134, 136, 140 hansı ki, bunlar ağır nüvələrin məhsulları sayılırlar, parçalanma müddətləri bir neçə saniyədən bir neçə dəqiqəyə bərabərdir.

Yüksək parçalanma xassəsinə malik olan radioaktiv elementlər (10 il və bundan artıq) təbii halda əhəmiyyətli doza yarada bilmirlər, hansı ki, bu da şüa xəstəliyi əmələ gətirmə xassəsinə malik deyil. Məsələn, ^{238}U -un parçalanma vaxtı $4,5 \cdot 10^9$ ildir, əgər belə hesab etsək ki, yer səthində onun səviyyəsi 1/10000 %-dir, orqanizmdə demək olar ki, bu çox aşağıdır, burdan belə nəticəyə gəlmək olar ki, bu təbii halda heyvanlarda şüa xəstəliyi yarada bilməz, bir sıra hallarda toksiklik səviyyəsi də aşağıdır. Bunların toksiklik səviyyəsi nəsil məhsullarının hesabına arta bilər.

Fiziki-kimyəvi maddələrlə radioaktiv elementlərin orqanizmə daxil olması

Orqanizmə daxil olan radioaktiv elementlərin toksiki təsiri, onun hansı qarışıqda olmasından çox asılıdır. Ən yüksək təsir etmək xassəsinə tez bir zamanda qaz və suda həll olan izotoplar malikdir. Bunlar ardıcıl olaraq yüksək səviyyədə qanın tərkibinə sorulurlar, tez bir zamanda orqanizmə paylanır və yaxud hər hansı bir orqanda toplanır.

Çox zəif həll olan radioaktiv elementlər ağciyəyə, selikli qişaya, mədə-bağırsaq sisteminə, qida və su vasitəsi ilə düşərək toxuma tərəfindən sorulur və uzun müddət orqanlarda, mədə-bağırsaqda qalaraq, yerli radioaktiv zədələnmə yaradır. Bioloji təsir etmə xassəsinə malik radioaktiv elementlər ən yüksək toksiklik vəziyyəti yaradır və bunların analoqları olan, lakin radioaktivlik xassəsi daşımayan kimyəvi elementlər ilə birləşmələr əmələ gətirərək toxuma və hüceyrə tərəfindən mənimsənilirlər.

Radioaktiv elementlər qida, su, tənəffüs və zədələnmiş dəri vasitəsi ilə heyvan orqanizmasına düşərək, çox qısa bir vaxtda öz analoqları ilə birləşmə əmələ gətirir. Bu da maddələr mübadiləsində iştirak edərək daxili orqanların qurluşunda patanatomik dəyişikliklər və heyvanın ümumi vəziyyətində süstlük yaradır.

Radioaktiv aerozolların daxil olma dərəcəsi və onların ağciyərdə saxlanılması hüceyrələrin yükündən və ölçüsündən asılıdır. Qaz formalı radioaktiv elementlər ağciyərdən tezliklə qana və orqanizmin bütün nahiyələrinə aparılır. 0,5 mkm ölçüdə olan radioaktiv elementlər asanlıqla ağciyəyə daxil olur və tezliklə, orada saxlanılmadan çıxır. Ölçüsü 0,5-1 mkm olan radioaktiv elementlərin 90%- 5 mkm olan radioaktiv tozların 20%-i ağciyərdə saxlanılır. Bir qədər iri həcmli radioaktiv elementlər yuxarı tənəffüs yollarından öskürəklər nəticəsində mədəyə düşür.

Radioaktiv elementlərin heyvan orqanizminə daxil olması əsasən həzm üzvləri ilə baş verir, yem və su ilə daxil olan radioaktiv elementlərin sorulma səviyyəsi əsasən kimyəvi birləşmənin xassəsindən və heyvanın fizioloji xüsusiyyətindən asılıdır.

Radioaktiv elementlər orqanizmə düşdükdən sonra sorulma vaxtı heyvanın yaşından və fizioloji xüsusiyyətindən asılıdır. Cavan heyvanlarda mənimsənilmə yaşlılara nisbətən çox sürətlə gedir.

Qana sorulmuş radioaktiv elementlərin maddələr mübadiləsində iştirakı özlərinin stabil elementləri kimi həyata keçir.

Radioaktiv maddələrin orqanizmdə paylanması.

Qana sorulmuş radioaktiv izotopların orqanizmdə özünü aparması aşağıdakı qaydada təyin olunur.

1. Stabil elementlərin dövriyyədə özlərini radioaktiv elementlər kimi aparması onların orqan və toxumalar tərəfindən qısa müddətdə mənimsənilməsinə imkan yaradır. Məsələn, kalsiumun spesifik əhəmiyyətliyi yerinə yetirməklə daima toxumanın tərkibinə daxil olaraq sümük toxuması üçün yüksək tropluğa malikdir, qalxanvari vəzi üçün yod yüksək tropluq daşımaqla bərabər qısa müddətdə qeyd olunan nahiyəyə toplanır.

2. Radioaktiv izotopların fiziki-kimyəvi xassəsi D.İ.Mendeleyevin dövrü sistem cədvəlinə görə elementlərin yerləşməsi, izotopların valentlik forması, kimyəvi birləşmədə həll olması, qanda kolloid qarışıqların əmələ gətirməsi xüsusiyyətindən asılıdır.

3. Radioaktiv izotopların orqanizmdə paylanması növlərinə görə onları dörd əsas qrupa bölürlər, xüsusi qrupa əsasən yod daxil edilir.

Bütün növ heyvanlarda radioaktiv elementlərin paylanma forması demək olar ki, eynidir, bu proses heyvanların yaşından asılı olaraq az dəyişə bilər.

Boğaz heyvanlarda radioaktiv izotoplar plasentadan keçərək embrionun orqanizminə toplanır. Cavan heyvanlarda sovrulma ardıcıl olaraq gedir və toxumanın tərkibinə daxil olur. Bununla bərabər bir sıra radioaktiv elementlər orqanlara eyni səviyyədə toplanmır. Məsələn, inkişafda olan heyvanlarda stronsium -90 qığırdaq toxumasına, sonra isə sümüyün tərkibinə toplanır. Radioaktiv elementlərin eyni bərabərdə toxumaya toplanması izotopun xassəsindən və toxumanın tərkibindən asılıdır.

Cədvəl 7. Radioaktiv elementlərin orqanizmdə paylanma qanununa uyğunluqları

Paylanması	Elementlər
Eyni bərabərdə	Birinci dövrə sistemə daxil olanlar - hidrogen, litium, natrium, kalium, sezium, cıvə, xlor, brom və sair.
Skelet (sümük tərkibli)	Qələvi-torpaq elementləri - berillium, kalsium, sirkonium, itrium, ftor və başqaları.
Qaraciyər tərkibli	Lantium, serium, platonium, torium, manqan və digərləri
Böyrək təkibli	Bismut, sürmə, arsen, uran, selen, və digərləri.
Tiriotropluq	Yod, astanium, brom.

Orqanizmə düşmüş radioaktiv elementlər, necə stabil elementlər kimi sidik, süd, kal, yumurta və digər məhsullarla xaric olur. Orqanizmə daxil olmuş radioaktiv elementlərin müəyyən vaxt ərzində orqanizmdən xaric olması bioloji azalma kimi adlanır. Radioaktiv elementlərin orqanizmadə azalmasının tezləşməsi aşağıdakı qaydada gedir.

A qrupu. Radiotoksiki qruplar. Xüsusilə yüksək toksiki xassəyə malik olan radioaktiv elementlərdən qurğuşun-210 radium- 226, torium-230, uran-232, platonium-238 və sairələrini qeyd etmək olur. Bunların suda orta illik icazə verilmiş dozası $X \cdot (10^{-8} - 10^{-9})$ ki/l-dir.

B qrupu. Yüksək toksiki xassəyə malik olan radioizotoplar bunların suda icazə verilmiş illik dozası $x(10^{-7}-10^{-9})$ ki/1 bərabərdir. Bu qrupa plutonium-106, yod -131 sezium-144, bismut-210, torium-234, uran-235, protonium-241 və digərləri daxildir. Bu qrupa stronsium-90 da aiddir, hansı ki, bunun suda qeyd olunan qatılığı $4 \cdot 10^{-10}$ ki/l-dir.

C qrupu. Orta toksiki xassəyə malik olan radioaktiv izotoplar. Qeyd olunan qrupa daxil olan izotopların suyun orta illik dozası $X(10^{-7}-10^{-8})$ ki/1 müəyyən olunmuşdur. Bu qrupa natrium-22, fosfor-32, kükürd-35, xlor-36, kalsium-45, dəmir -

59, kobalt-60, stronsium-89, ittrium-90, molibden-99, seziyum-137, barium-140, qızıl-196 və digərləri daxildir.

D qrupu. Bir qədər zəif toksiki xassəyə malik olan izotoplardır. Suda orta illik dozası $X \cdot (10^{-7} - 10^{-6})$ ki/litrə bərabərdir. Bu qrupa aşağıdakı izotoplar daxildirlər: berium-7, karbon qazı-14, ftor-18, xrom -51, dəmir-55, tellur-129, platin-197, civə-197 və digərləri

E qrupu. Bu qrupa su H^3 və onun kimyəvi birləşmələri daxildir. Suda icazə verilmiş dozası $3,2 \cdot 10^{-6}$ ki/l qəbul olunmuşdur.

Radioaktiv izotopların toksiklik səviyyəsini təyin edən faktorlar

Radioaktiv elementlərin toksiki effektivliyi onların fiziki xassəsi, izotopun enerji miqdarı və onun parçalanma müddəti, orqanizmdən xaric olma sürəti, radioaktiv elementin xassəsi, heyvanların növü və radiohəssaslığı ilə təyin olunur.

Ağır element nüvələrinin parçalanması nəticəsində əmələ gələn izotoplardan yod-131, stronsium-90, seziyum-137 heyvan və insan orqanizmi üçün ən lazımlı əhəmiyyət daşıyır.

Cavan parçalanma məhsullarının toksikologiyası.

Cavan parçalanma məhsulları əsasən qısamüddətli yaşayan radioaktiv qarışıqlardır. Ona görə ki, onların aktivliyinin azalması tez baş verir. Demək olar ki, hər 7 saatdan bir aktivliyin səviyyəsi 10-dan aşağı düşür, sonrakı 7 saatda isə aktivlik 1%, bir həftədən sonra isə 0,01% qalır. Yuxarıda göstəriləyi kimi ən çox bioloji əhəmiyyət daşıyan yod (yod-131, 132, 133, 135) həmçinin qısa müddət yaşayan stronsium-89-91, molibden-99, tellur-132, barium-140, tez bir vaxtda orqanizmdən xaric olurlar və heyvan orqanizmində bir o qədər kəskin dəyişiklik əmələ gətirmir.

Orqanizmə daxil olmuş qısa müddətli yaşayan radioaktiv elementlərin bioloji təsiri əsasən betta şüasının hesabına əmələ gəlir. Orqanizmə yemlə daxil olan lakin nəql olunmayan qarışıq ən yüksək təsir mədə-bağırsaq sisteminə, nəql olunma yolu ilə

qarışıqlar düşərsə ən çox təsiri qalxanvari vəziyə, mədə-bağırsaq sisteminə və sair sahələrə göstərir.

Qısa müddətli yaşanma xüsusiyyətinə malik olan qarışıq izotopların orqanizmə düşmə miqdarından asılı olaraq xəstəlik kəskin və xroniki formada yarana bilər. Belə bir şüa xəstəliyinin əlamətləri, qamma şüası ilə yaranan şüa xəstəliyinin əlamətlərinə uyğun gəlir və bəzi hallarda diaqnozun qoyulmasını çətinləşdirir. Kəskin şüa xəstəliyi zamanı heyvanlar yemdən imtina edir, ürək-damar sisteminə çatışmamazlıq əmələ gəlir.

Yod-131 izotopunun toksikologiyası. Məlum olduğu kimi atom çəkisi 117-126 və 128-139 qədər olan 24 yod izotopu mövcuddur. Bunlar hamısı nüvə reaksiyası zamanı yaranan süni izotoplardır. İlk dəfə olaraq 1934-cü ildə E.Fermi stabil yod 127-yə neytronla təsir edərək almışdı; digər üsulla izotop yodun alınması tellurun neytronla bombardman edilməsi nəticəsində mümkün olmuşdur.

Radioaktiv yod kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizminə ola bilsin ki, həzm üzvləri, tənəffüs, dəridə olan yaralardan və sair yollarla daxil ola bilər.

Yod orqanizmə düşdükdən sonra ən fəal biogen element sayılır, bu izotop tamamilə qana sorularaq 60%-i qalxanvari vəziyə toplanır. Nüvə silahlarının partlayışı zamanı ilk həftədə yer səthinə enən bütün radioaktiv elementlər 19% təşkil edir. Bunların içərisində ən əhəmiyyət daşıyan parçalanma müddəti 7 gün olan radioaktiv elementlərdir. Radioaktiv izotop orqanizmə düşdükdən sonra toxumalarda digər elementlərə nisbətən aşağıdakı qaydada paylanır: qan, əzələ, dalaq, mədəaltı vəzi, böyrək, qaraciyər, yumurtalıq; selikli qişə; nəcis, süd; qalxanvari vəzi və sidik.

Orqanizmə daxil olan radiaktiv yod-131 sağlam heyvanların 1 litr südündə sütka ərzində 1% xaric olur. Radioaktiv yodunuzun müddət toyuq orqanizminə düşməsi nəticəsində 16% yumurtanın sarısı və 1% isə yumurtanın ağı ilə xaric olur.

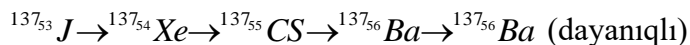
Radioaktiv yodun toksiklik xassəsi ilk əvvəl qalxanvari və-zini zədələməsi ilə əmələ gəlir. Tiroid toxumada az dozada

radioaktiv izotop yod elə bir nəzərə çarpan dəyişiklik əmələ gətirmir. Radiaktiv izotop ^{131}I yüksək dozası bütün növ heyvanların qalxanabənzər vəzində və onun birləşdirici toxumasında dəyişiklik əmələ gətirir. Radioaktiv yod verildikdən sonra qalxanabənzər vəzidə DNT və RNT saxlanması azalır, fosfataza fermentinin və DNT-nin eyni bərabərdə paylanmaması, həmçinin bir sıra fermentlərin aktivliyinin azalması ilə müşahidə olunur. Rus alimlərinin məlumatına görə yemlə 240 mkg/kü yod ^{131}I alan qoyun 450 gün yaşayaraq bala vermişdir, lakin quzu doğulduqdan bir həftə sonra ölmüşdü. Yaşlı qoyunlarda qalxanvari vəzinin tam dağılması ilk anlarda özünü normal göstərir, lakin sonra isə tez bir vaxtda vəzidə çatışmazlıq qeydə alınır, iştahın pozulması, zəifləmə, ishalın əmələ gəlməsi, dərinin ağrması, ətrafın quruması müşahidə edilir.

Seziyum-137 izotopunun toksikologiyası. Radioaktiv izotop seziyum qrupuna daxil olanlardan ən yüksək bioloji təhlükə yaradan seziyum-137 izotopudur.

Bu izotop beta və gamma şüası əmələ gətirir. Təsirini itirmə müddəti 30 ildir. Bu izotop ağır metalların məhsuludur və toksiklik dərəcəsinə görə B qrupuna daxildir.

Seziyum-137-nin əmələ gəlməsi və onun radioaktiv çevrilməsini aşağıdakı qaydada yazmaq olar:



Radioaktiv seziyum-137 heyvan və digər canlıların orqanizminə yemlə düşdükdən sonra tamamilə qana sorulur və sonra isə eyni bərabərdə toxuma və orqanlara paylanır. Ayrı-ayrı heyvan orqanizminə izotopun daxil olmasından asılı olmayaraq paylanma qaydası demək olar ki, eynidir. L.A.Buldakova və G.T.Moskalevə görə izotopun orqanizmdən xaric olması birbaşa heyvanın çəkisindən asılıdır.

Bir sutka ərzində iri buynuzlu heyvanların və qoyunların orqanizminə daxil olan seziyumun -1,25%-i südlə xaric olur.

Heyvanların boğazlıq dövründə radioaktiv sezium asanlıqla ana orqanizmindən embrionun orqanizminə keçə bilir. İlk aylarda körpələri südlə yedizdirilən zaman radioaktiv sezium-137-izotopu daha ardıcılıqla ana bətnindən xaric olur.

Qoyun orqanizminə bir dəfədə 5 mkm/kq dozada radioaktiv sezium daxil olarsa xəstəliyin klinik sindromu qamma şüasının xaricdən təsir etməsi nəticəsində yaranan əlamətlərlə demək olar ki, uyğundur.

Stronsium-90 izotopunun toksikologiyası. Nüvə reaksiyaları nəticəsində əmələ gələn Sr-90 izotopu digər elementlərə nisbətən bir qədər yüksək bioloji təsir etmək xüsusiyyətinə malikdir. Reaksiyalar zamanı yeni nüvə qəlpələrinin çökməsi təsadüf edilərsə bu qəlpələr sırasına bioloji təsir etmə xüsusiyyətinə malik olan stronsium 89 izotopunu da qeyd etmək olar.

Radioaktiv stronsium uzun müddət yaşama qabiliyyətinə malik olan izotopdu. Onun parçalanma müddəti 28 ildir. Radioaktiv parçalanmaya məruz qalan stronsium-90 yeni nəsil məhsulu olan itrium-90-na çevrilir. Stronsium-90-nın əmələ gətirdiyi orta enerji miqdarı 0,21-ə bərabərdir, itrium-90-da 0,87 MEV enerji verir. Stronsium-90, itrium-90 betta şüalanmasının orta enerji miqdarı 0,545 MEV-ə bərabərdir. Stronsium -90 çəki miqdarı atmosferdə həddindən az olması və güclü təsir etmə xassəsinə malik olması nəticəsində 1 ay müddətində kənd təsərrüfat heyvanlarında 50% ölümün baş verməsilə nəticələnir. Bir qramda bu izotop cəmi $1 \cdot 10^{-8}$ % təşkil edir. (Qusev).

Stronsium 90 β -hissəciklərinin heyvan toxumasında orta uçuş məsafəsi 0,5 mm, itrium -90 üçün isə 4 mm-dir.

Sümük toxumasının yumşaq toxumaya nisbətən sıxlığının yüksək olması ilə əlaqədar olaraq β -hissəciklərinin yayılması azlıq təşkil edir. Bununla əlaqədar olaraq β -hissəciklərinin enerjisinin böyük hissəsi skeletdə cəmləşir, sonra isə onurğa beyində və sümük toxumasında toplanır.

Stronsium 90 təsir etmə xüsusiyyəti bununla izah olunur ki, skeletə toplanır və uzun müddət orada qalır və yavaş-yavaş

toxumaları şüalandırır, buna görə də sümük toxumasında və qan doğuran onurğa beyində dəyişiklik digər orqanlara nisbətən daha yüksək səviyyədə qeyd olur. Hansı ki, daxili və digər orqanlarda patoloji dəyişikliklər yalnız birbaşa şüalanmanın təsiri ilə deyil təkrar olunan reaksiyaların hesabına əmələ gəlir.

Radioaktiv stronsium orqanizmə düşdükdən sonra onun patanatomik intensivliyi əsasən dozadan və daxil olduğu vaxtdan asılıdır.

L.A.Buldakov və V.A.Nəzərovun məlumatına görə stronsium $903,9 \cdot 10^{-6}$ ki dozada hər gün qoyun orqanizminə daxil olduqda dəyişiklik yalnız 3-5 aydan sonra qeydə alınır.

Stronsium 90-nın yüksək dozası nəticəsində yaranan xəstəlik kəskin formada gedir.

Stronsium-90 az dozada uzun müddət orqanizmə daxil olması nəticəsində olsun ki, şüa xəstəliyi yaransın və yaxud boy inkişafının dayanması baş versin, heyvanın yaşama müddəti aşağı düşsün, məhsuldarlıq azalsın.

Stronsium 90-la xroniki zədələnmələr zamanı bərpa olunma çox zəif gedir. Bu izotop 0,4-0,6 mki/kq dozada bir dəfəyə itlərin daxilinə verilən zaman kəskin şüa xəstəliyi əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Dovşanlar, siçanlar və siçovullar üçün 0,8-1,2 mki/kq, meymunlar üçün 0,2mki/kq kəskin toksiki doza sayılır. Əgər bir dəfədə verilən dozanı 2-3 dəfə azaltmış olarıqsa heyvanlarda xroniki şüa xəstəliyi əmələ gəlir (Kroevski, Litvinov, Solovey).

Xarici şüalanma zamanı əmələ gələn kəskin şüa xəstəliyinin kliniki və patanatomik dəyişiklikləri daxili şüalanmadan əmələ gələn xəstəliyi ilə çox oxşardır. Bununla əlaqədar olaraq heyvanlar zəifləyir, və cavab reaksiyası aşağı düşür. Tez bir zamanda heyvanın çəkisi azalır, bu da əksər hallarda mədə-bağırsaq sisteminin pozulması ilə uyğun gəlir. Xəstəliyin əmələ gəlməsi nəticəsində dəri və dərialtı toxumada dəyişikliklər yaranır. Heyvanda dəri öz parıltısını itirir, tük tökülür və bəzi hallar da bu daima davam edir. Selikli

qışalarında qansızma halları, ağız boşluğunda isə yaralar əmələ gəlir.

Radioaktiv stronsium 90-nın təsiri zamanı sinir sistemində də dəyişikliklər qeydə alınır. Kəskin və yarımkəskin doza ilə təsir zamanı ilk əvvəl heyvanda ətraf mühitə qarşı oyanma, sonralar isə bu zəifləməklə əvəz olunur. Xroniki şüa xəstəliyi zamanı heyvanlarda trofik pozulmalar, yəni, tükün tökülməsi, ağarması, sümükdə və selikli qışada dəyişikliklər qeydə alınır.

Stronsium 90-ın kəskin və yarımkəskin toksiki təsiri zamanı ürək-damar sistemində baş verən dəyişikliklər daxili şüalanmanın təsirindən əmələ gələn xəstəliklərdən çox az fərqlənir. Kəskin və yarımkəskin şüa xəstəliyi zamanı qan təzyiqinin yüksəlməsi, sonra isə bunun kəskin aşağı düşməsi qeydə alınır.

İzotopun toksiklik təsiri nəticəsində mədə-bağırsaq sistemində morfoloji və funksional əlamətlər daşıyan orqanlarda kəskin dəyişiklik əmələ gəlir. Kəskin zəhərlənmə zamanı heyvanlarda seliyin axması, ardıcıl qusma halları, qəbizlik qeydə alınır. Bəzi hallarda bağırsaqlarda perestaltkanın zəifləməsi əmələ gəlməsi qeyd olunur. Yarımkəskin şüa xəstəlikləri zamanı təxmini olaraq həmin əlamətlər baş verir, lakin bu bir o qədər nəzərə çarpmır.

Kəskin zəhərlənmələr zamanı selikli qışada qansızmalar və bağırsağın selik altı toxumasında, limfoid fəllikullarının kiçilməsi və mədə-bağırsağın bütün toxumalarında dəyişikliklər qeydə alınır. Xroniki şüa xəstəliyi zamanı bağırsaq epitelisində kəskin dəyişikliklər, toxumanın piknozuğu nazik bağırsağın büzüşməsinin zəifləməsi, epiteli toxumasının quruma halları qeydə alınır. Bakalvari hüceyrələrin yoğun bağırsaqda azalması qeydə alınır. Plazmatik hüceyrələrin mədə-bağırsaqda artması, sinir sistemində oyanmanın zəyifləməsi qeydə alınır. Müəyyən olunmuşdur ki, mədə-bağırsaq sistemində iltihabi prosesin bərpası zəifləyir.

Stronsium 90 izotopu ilə zəhərlənən zaman qan doğuran orqanlarda dəyişikliklərin baş verməsi əsas yerlərdən birini tutur. V.A.Kirşin, N.K.Petrov və başqalarının verdiyi məlumat

görə kəskin və orta kəskin şüa xəstəliyi zamanı qanda dəyişikliyin baş verməsi, ilk andan özünü birüzə verir. Bu proses izotop daxil olunduğu müddətdən 3-5 il keçənə qədər davam edir.

İzotop veriləndən iki həftə sonra eritrositlərin azalması müşahidə olunur və 4-7 ay müddətində onların səviyyəsi aşağı düşür. Qanın rəngi artır və ən yüksək səviyyəyə çatır. Sonrakı vaxtlarda sağ qalmış heyvanların qanında eritrositlərin miqdarı artır və 2-3 ildən sonra bir qədər normaya yaxınlaşması qeydə alınır.

Radioaktiv stronsium orqanizmə verildiyi ilk gündən ağ qan hüceyrələrinin zəifləməsi qeydə alınır. Bir həftədən sonra leykositlərin miqdarı kəskin aşağıya düşür, 4-5 həftədən sonra onların miqdarı 40-70% təşkil edir. Sonrakı günlərdə sağ qalan heyvanlarda leykositlərin miqdarı artır, lakin əvvəlki səviyyəyə çatmır. Neytrofillərin miqdarı 50-60% azaldığına görə leykopeniya əmələ gəlir.

Cavanların sümük və skeletinə stronsium 90- təsir etməsi çox təhlükəlidir. Radioaktiv stronsium sümük toxumasında eyni olmadığı üçün skeletin ayrı-ayrı hissəciklərində orqanlarında onun paylanması eyni qaydada müşahidə olunur.

İnkişafda olan heyvanlarda ən kəskin dəyişiklik sümüyün inkişaf edən nahiyələrində, yaşlılarda isə uzunsov beyində boruvari dəyişmə qeydə alınır. İlk əvvəl onların özünəməxsus formada zəifləməsi, sümüyün osteoid toxumasında və regenerasiyasında dəyişiklərin əmələ gəlməsi qeydə alınır.

Heyvan orqanizminin daxilinə stronsiumun təsiri zamanı, xarici şüalanmada olduğu kimi orqanizmin immunobioloji reaksiyasında və müdafiə qabiliyyətində özünəməxsus zəifləmələr gedir, vaksın vurulduqda antitelin hazırlanması, eyni zamanda immunitetin zəifləməsi, sümük toxumasında faqositöz aktivliyin aşağı düşməsi qeydə alınır.

Stronsiumun toksiki təsiri zamanı bütün növ mübadilələrdə, sekresiya vəzilərinə, hipofizdə, böyrəküstü vəzidə, qalxanvari vəzidə dəyişikliklər qeydə alınır.

Tez-tez hallarda gözdə bir sıra dəyişikliklər qeydə alınır, bəzi hallarda gözün kataral ilthabı müşahidə olunur.

Radioaktiv izotopların orqanizmdən xaric olmasını və onun orqanizm tərəfindən mənimsənilməsini tezləşdirmək məqsədi üçün bir sıra kimyəvi maddələr işlənib hazırlanmışdır. Bu qrupa daxil olan izotop stronsium, litiumun, kükürdün və başqalarının xaric olmasını tezləşdirən kimyəvi preparatlar tapılmışdır. Bunlardan etilengiamin otetransksusmeya turşusu, etilendiaminotetransksukuyu turşusu və sairələrini qeyd etmək olar.

Radioaktiv izotopların orqanizmdə qalma müddəti bioloji yarımçıxarılma dövrü (T_{bioloji}) ilə xarakterizə olunur. Radioaktiv izotopların bioloji yolla orqanizmdən çıxması zamanı, onun aktivliyinin iki dəfə azalması üçün lazım olan vaxtda yarımçıxarılmanın bioloji dövrü deyilir. Əslində radioaktiv izotopların ümumi aktivliyi həm izotopun bioloji çıxarılması yolu ilə, həm də onun radioaktiv parçalanma yolu ilə azalır. Bioloji çıxarılma və radioaktiv parçalanma yolu ilə ümumi aktivliyin iki dəfə azalması üçün lazım olan vaxta yarımparçalanmanın effektiv dövrü (T_{eff}) deyilir və aşağıdakı dusturla təyin olunur.

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{fiz}} \cdot T_{\text{biol}}}{T_{\text{fiz}} + T_{\text{biol}}}$$

VI FƏSİL

KƏND TƏSƏRRÜFAT HEYVANLARININ ŞÜA XƏSTƏLİYİ.

Heyvanlarda şüa xəstəliyi əsasən üç yerə ayrılır:

1. Kəskin və xroniki formada gedən şüa xəstəliyi;
2. Şüa yanıqları və ümumiləşmiş şüa xəstəliyi;
3. Şüalanmanın irsiyyətə təsiri.

Şüa xəstəliyi. Kəskin şüa xəstəliyi ümumi şüa xəstəliyi olub, bir dəfə və ya təkrar olaraq yüksək dozanın dörd gün müddətində təsirindən əmələ gəlir. Nüvə silahlarının tətbiqi zamanı fasiləsiz olaraq heyvanların dörd gün müddətində yüksək dozaya məruz qalmasından da yarana bilər.

Kəskin şüa xəstəliyi gedişatına görə dörd dərəcəyə bölünür: birinci yüngül forma 150-200 R-nin təsirindən əmələ gəlir, ikinci orta ağır 200-400 R dozadan; üçüncü ağır forması 400-600 R; dördüncü ən ağır forma 600 R-dən və bundan yüksək dozanın təsirindən inkişaf edir.

Cədvəl 8. Müxtəlif növ heyvanlar üçün ağır və orta ağır dozalar (rentgenlə)

Heyvanın növü	LD 50\30	LD 100\30	Heyvanın növü	LD 50\30	LD 100\30
İtlər	350	400	Siçovullar	600	900
Qoyun və keçilər	550	750	Siçanlar	600	800
İri buynuzlu heyvanlar	550	650	Atlar	650	-
Donuzlar	600	800	Dovşanlar	800	1200
Eşşəklər	600	800	Toyuqlar	900	1200

Kəskin şüa xəstəliyinin inkişafı dörd dövrə bölünür:

1. Başlanğıc və yaxud şüalanmaya qarşı ilk reaksiya dövrü;

2. Latent və ya gizli dövr, bu dövrdə xəstə heyvan sağlam heyvanlardan fərqlənmir.

3. Şüa xəstəliyinin kliniki əlamətlərinin müşahidə olunması dövrü

4. Heyvanların tam və ya bir qismən sağlması dövrü

İti şüa xəstəliyinin birinci dövründə ilk reaksiya 2-3 gün davam edir. Bu dövr üçün xarakterik əlamətlər sinir sisteminə səthi dəyişikliyin yaranması, özünəməxsus oyanmaların əmələ gəlməsi, heyvanın bir qədər zəifləməsi, iştihanın azalması və ya tamamilə yox olması, ürəyin işinin dəyişməsi, ürək vurğularının pozulması, tənqənəfəsləyin yaranması baş verir. Bir sıra hallarda birinci sutkada temperatur qısa müddətli qalxaraq, 0,1-1 dərəcə səviyyəsində olur. Qanın müayinəsi zamanı leykositoz, limfopeniya və leykeniya, hüceyrələrin morfoloji dəyişikliyə uğraması, retikulasitlərin, makrositozun miqdarının yüksəlməsi, bunların rezistentliyinin azalması qeydə alınır. İlk reaksiya bir qədər bərpa olunduqdan sonra, şüalanmış heyvanların vəziyyətinin yaxşılaşması müşahidə olunur. Bundan sonra ikinci dövr başlayır.

İkinci dövr gizli dövr bu dövr 2-3 həftəyə qədər davam edir. Xəstəliyin ağır formasında bu dövr çox qısa olur və bəzi hallarda qeydə alınmır; belə halda ilk reaksiyanın ardınca, üçüncü dövrün əlamətləri əmələ gəlir.

Xəstəliyin ikinci dövründə heyvanların klinik əlamətləri kafi qeydə alınır, bu dövrdə bir sıra patoloji dəyişikliklər əmələ gəlir, qanda eritrositlərin miqdarı 3-5% aşağı düşür, trombopeniya qeydə alınır.

İkinci dövrün axırında mədə bağırsağın funksiyasında dəyişikliklər qeydə alınır, qəbizlik baş verir, selik qişasında qan sızma əlamətləri qeyd olunur. Bir sıra heyvanlarda tük tökülməsi müşahidə edilir. Heyvanlarda ölüm 2-3% təşkil edir, tam sağalma xəstəliyin 10-15 günündə baş verir.

Üçüncü dövrdə dozanın səviyyəsindən asılı olaraq şüa xəstəliyinin klinik əlamətləri 1-3 həftədən sonra əmələ gəlir, dozanın səviyyəsi nə qədər çox olarsa xəstəliyin əmələ gəlməsi bir o qədər tez başlayır. Ən xarakterik nəzərə çarpan

əlamətlərdən biri hemoroji əlamətlər baş verir ki, bu da qandoğuran orqanlarda pozğunluğun əmələ gəlməsinə səbəb olur, qan sistemində dəyişikliklər, həzm üzvlərinin funksiyasında zəifləmə və ürək-damar sistemində çatışmazlıqlar qeydə alınır.

Bədənin temperaturu qalxır (bəzi heyvanlarda 1-2 gün ərzində ölüm baş verir). Ümumi vəziyyət zəifləyir, iştaha aşağı düşür. Dəri öz elastikliyinə itirir, quru vəziyyətini alır. Selikli qişada qan sızma əlamətləri qeyd olunur.

Şüa xəstəliyinin ən əhəmiyyətli proqnozlarından biri qan sistemində yaranan dəyişikliklərdir: leykositlərin miqdarının azalması və bəzi hallarda onun 1000 və ondan aşağı düşməsi qeyd olunur. Qanda eritrosidin miqdarının azalması zəif gedir.

Qanın faqositoz aktivliyi aşağı düşür və ona görə də kəskin şüa xəstəliyinin gedişi güclənir, yoluxdurucu infeksiyaların miqdarı artır və ümumilikdə orqanizmin tonusu aşağı düşür.

İti şüa xəstəliyinin klinik əlamətlərinin kəskinləşməsi və onun müddəti şüalanma dozəsindən asılıdır. Yarımletal doza ilə şüalanmış heyvanlardan sağlamat qalanlarda bərpa dövrü bir ay yarımından sonra başlayır.

Yüngül şüa xəstəliyində bərpa dövrü çox tez baş verir və heyvanlar tam sağalır.

Xəstəliyin orta ağırlaşma dövründə sağalma 3-6 ay çəkir, bəzi hallarda xroniki formaya keçir. Xəstəliyin ağır formasında sağalma 8-9 ay çəkir və onu da qeyd etmək lazımdır ki, tam sağalma baş vermir. Belə heyvanların yoluxan və yoluxmayan xəstəliyə qarşı həssaslığı həddindən artıq yüksək olur və yaşama müddəti azalır.

İri buynuzlu heyvanların kəskin şüa xəstəliyinin ağır formasında yaşaması 10-20 gün çəkir.

Bir sıra hallarda ölüm iki dövrdə xəstəliyin ağır formasının birinci və ikinci dövrlərində baş verir. Ən tez ölüm bəzi hallarda yüksək doza verilən zaman şüa altında da əmələ gəlir, bir sıra hallarda şüalanmadan 2-3 gün sonra baş verir. Tez ölmüş heyvanlarda patanatomik dəyişikliklər adi halda çox da kəskin

qeydə alınmır. Mikroskopik müayinə zamanı sümük iliyində dəyişikliklər qeydə alınır, dalaqda, limfa düyünlərində, birləşdirici toxumanın qan kapilyarlarında dəyişiklik yaranır. Limfa düyünlərində limfositlərin dağılması qeyd olunur. Yağ distrofiyası baş verir və qaraciyərin nekrozu, böyrəkdə dəyişikliklər müşahidə edilir.

Xəstəliyin yüksək fazasında ağciyərin iltihabı, kuprozlu və yaxud hemoraji pnevmoniya, miokardın yağ distrofiyası əmələ gəlir. Mikroskopik müayinə zamanı sperma əmələ gətirən epitelilərin ölməsi, yumurtalıq atrofiyaya uğraması follikulaların məhv olması qeydə alınır.

Xroniki şüa xəstəliyi. Xroniki şüa xəstəliyi kənd təsərrüfatı heyvanlarına uzun müddətli dəfələrlə az dozanın təsir etməsi və həmçinin radioaktiv izotopun orqanizmə düşməsi və onun uzun müddət toxumada qalması nəticəsində baş verir.

Xroniki şüa xəstəliyi zamanı heyvan orqanizmində bütün orqanlar zədələnir. Xəstəliyin ilk dövrlərində funksional pozğunluqlar baş verir və bunun nəticəsində heyvan öz təsərrüfat əhəmiyyətini itirir. Belə hallarda orqanların distrofiyası baş verir, qanın əmələ gəlməsi zəifləyir, orqanizmin immunobioloji xüsusiyyəti aşağı düşür və heyvan qısır qalır.

Kənd təsərrüfat heyvanlarında şüa xəstəliyi zamanı diaqnozun qoyulması

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının şüa xəstəliyinin diaqnozu lazımı səviyyədə işlənmişdir, xüsusilə şüalanmadan birinci dörd gün müddətində. Şüa xəstəliyinin kəskin spesifik xüsusiyyəti olmadığı üçün diaqnozu əsasən anamnez məlumatlarına, dozimetrik müşahidələrə, klinik əlamətlərə, hemotoloji, morfoloji, immunobioloji və digər laborator müayinələrə əsasən qoyulur. Diaqnozu qoyan zaman fiziki və bioloji üsullardan istifadə olunur. Fiziki üsulda şüalanmanın müddəti, vaxtı, şüalanma dozasının heyvan tərəfindən mənimsənilmə səviyyəsi və həmçinin şüalanma sahəsi müəyyənləşdirilməlidir. Təcrübə zamanı bu qeyd etdiklərimizi

təyin etmək çox asandı. Bu proseslər görünmədiyi halda, dozanın gücünü, şüalanmanın vaxtını yalnız özümüz müəyyənləşdirməliyik.

Profilaktika

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının kəskin və xroniki şüa xəstəliyi zamanı diaqnoz və profilaktikanın aparılması ən əsas sahələrdən biridir. Hal-hazırkı ədəbiyyatlarda 3 mindən çox dərman preparatının adı qeyd olunmuşdur.

Lakin buna baxmayaraq, qeyd olunan preparatlar arasında bəziləri bir o qədər təsir etmə xüsusiyyətinə malik deyil. Odur ki, yeni preparatların tapılması hal-hazırda alimləri düşündürür.

Kəskin şüa xəstəliyi zamanı məsləhət görülən preparatlardan istifadə olunmalıdır. Əgər heyvana kəskin şüa xəstəliyi diaqnozu qoyulmuşsa, onun müalicə olunması iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli deyil. Müalicə məqsədi ilə B₁₂ vitamini, antibiotiklər, bakterioloji preparatlar, qlobulin, qan zərdabı və vaksinlərdən istifadə olunur, sulfanilamid preparatlarının istifadəsi əks göstərişdir.

Müalicəyə başlanılan ilk gündən heyvanın ümumi vəziyyətini yaxşılaşdırmaq, sinir sisteminin, mədə-bağırsağın və qan doğuran orqanların vəziyyətini normallaşdırmaqdan ötrü B₁₂ vitaminindən istifadə olunmalıdır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının növündən asılı olaraq, LD50\30 dozada şüalandırılan zaman şüa xəstəliyinin gedişindən 2-3 gündən sonra oyanma və əsmə əlamətləri qeyd olunur. Bədənin temperaturu yüksək olmayan səviyyədə (1°S) artır, əksər heyvanlarda bir sutka ərzində normallaşır. Bir sıra heyvanlarda bədənin temperaturu 41-42°S-yə qədər qalxır. Bəzi heyvanlar belə temperaturun təsirindən şüalanmanın 4-7 günü ölürlər.

Sağ qalan heyvanlarda sonrakı 7-10 gün müddətində xəstəlik qeydə alınmır. Bəzi hallarda kalda yüngül qansızma əlamətləri qeydə alınır. Bu da bağırsağ divarı epitelilərin zədələnməsindən irəli gəlir.

İkinci dövrdən sonra xəstəliyin üçüncü dövrü başlayaraq, klinik gediş özünü göstərir. Ümumi zəiflik, deperessiya, iştahanın azalması və ya tamam itməsi, ürək döyüntülərinin və tənəffüsün artması və qanda kəskin dəyişiklik qeydə alınır. Bəzi hallarda xəstə heyvanlarda qızdırma müşahidə olunur. Bir sıra heyvanlarda ölümdən 1-2 gün əvvəl sidik ifrazının artması baş verir.

Şüalanma bütün növ heyvanlarda tənəffüsün pozulmasına səbəb olur, tənəffüs bəzi hallarda çox səthi olur, bəzi hallarda qəflətən səslər əmələ gəlir. Burun dəliklərindən selik axması nəzərə çarpır. Sağ qalan heyvanlar xəstəliyin 30-cu günündə 10%-ə qədər çəkilərinin azalması və bəzi hallarda bundan da yüksək qeyd olunur. Sağalma adətən şüalanmadan 30-40 gün sonra başlayır.

Ölən heyvanların patanatomik yarması zamanı miokarda qansızma, mədə-bağırsağın divarında, ağ ciyərdə, dalaqda, qara ciyərdə, öd və sidik kanalında, dəri altı toxumada və digər orqanlarda nekrozun baş verməsi müşahidə edilir.

Nazik və yoğun bağırsaqda geniş formada qansızma əlamətləri, ağ ciyərin ödemi, köpmə, yuxarı tənəffüs yollarında qızartılar qeydə alınır.

Atların şua xəstəliyi.

Latent dosza DL 50/30 r-lə ümumi şüalanma zamanı bu heyvanların ümumi vəziyyəti birinci iki gündə kafi qeyd olunur. Sonra isə iştahının azalması, həyəcanlanmanın yüksəlməsi, başda, quyruğun ucunda, ətraflarda qızartılar tapılır. Sonrakı həftədə sağ qalan heyvanların vəziyyəti yaxşılaşır və elə görünür ki, heyvan sağalmışdır. Lakin yenidən zəifləmə başlayır, istah itir, köklük dərəcəsi aşağı düşür.

Şüalanmadan təxmini olaraq iki həftədən sonra dəridə və selikli qişalarda qansızma əlamətləri əmələ gəlir. Tənəffüsün çətinləşməsi, ağ ciyərdə ödemin əmələ gəlməsi, leykopeniyanın baş verməsi qeyd olunur.

Ağır vəziyyətdə konyuktiva zədələnir, atlar ətraf mühiti yaxşı seçə bilmir, keratit, buynuz qişanın bulanması və yarası əmələ gəlir.

Zəif qamma şüası və neytronla şüalanan zaman tükün tökülməsi qeydə alınır.

Ölmüş heyvanları yaran zaman hemoroji diatezin baş verməsi qeydə alınır. Əlverişli şərait olmayan yerlərdə salamat qalmış heyvanlarda ölüm halları 3-5 ildən sonra baş verir.

Qoyun və keçilərin şüa xəstəliyi

LD_{30/50} R ilə şüalanmış qoyun və keçilərdə birinci 2-3 gündə iştahın azalması, əsmə halları və suya qarşı tələbatın artması qeyd olunur. Sonra isə gizli dövr başlayır, bu da 10-15 gün davam edir.

Xəstəliyin üçüncü dövründə ümumi zəifləmə başlayır, yem qəbul etməsi aşağı düşür, dəridə ağrılar əmələ gəlir, bəzi yerlərdə tüklər tökülür. Heyvan çox yatır, tükün seyrək olan dəri nahiyəsində hiperemiya, ləkə və nöqtə formasında qansızmaları qeyd olunur. Mədə-bağırsaq sisteminə pozğunluqlar baş verir, bədənin temperaturu yüksəlir, köklük dərəcəsi azalır. Şüa xəstəliyi zamanı qoyun və keçilərdə qanın dəyişməsi digər heyvanlarda olduğu kimi qeydə alınır.

Donuzların şüa xəstəliyi

LD_{80/30} R ilə şüalanmış donuzlarda 3-5-ci gündə həyəcanlanma, kəskin qusma qeydə alınır. Xəstəliyin gizli forması çox qısa. Xəstəliyin 10-cu günündə donuzlarda ümumi ağırlaşma, dəridə qansızmalar, bədən temperaturunun yüksəlməsi, burundan qanın axması qeydə alınır. Xəstəliyin üçüncü həftəsinin axırında bir sıra heyvanların ətraf nahiyəsində qızartıların əmələ gəlməsi, hərəkətin pozulması tənginəfəsliyin yaranması qeyd olunur. Bəzi donuzlarda çəkinin azalması və dəridə suluqlar müşahidə edilir.

Ölmüş heyvanları yaran zaman qansızmalar, pnevmoniya, ağciyərlərdə iltihab, soyuqlama, mədə divarında və nazik bağırsaqda yaranın əmələ gəlməsi qeydə alınır.

Toyuqların şüa xəstəliyi

Toyuqların digər ev heyvanlarından radiasiyaya davamlılığı yüksək olur. Şüalanmış toyuqlarda ilk reaksiya başın əsməsi, sonra isə yavaş-yavaş zəifləməsi qeydə alınır, yuxulu vəziyyətdə saatlarla oturlar. Başlarını həmişə gah dala, gah da qabağa doğru uzadırlar. Tənəffüs çətinləşir, selik qişalarının kəskin soyuqlaması qeyd olunur. Kal yaşıl rəngə çalır. Şüa xəstəliyindən quşların ölümlə nəticələnməsi adətən üçüncü həftənin axırında baş verir. Bu müddətdə sağ qalan quşlar sonrakı vaxtlarda da salamat qalırlar.

İonlaşdırıcı şüaların irsiyyətə təsiri.

Rus alimləri Q.A.Nadson və Q.S.Filipov 1925-ci ildə droj və göbələk üzərində apardıqları elmi işi dərc etdirmişlər. Bunların apardıqları tədqiqat işi üç ildən sonra bitkilər və dzorofil milçəkləri üzərində təsdiq olunmuşdur. 1927-ci ildə Amerikan alimi Müller dzorofiller üzərində aparılan elmi tədqiqat işinin qiymətləndirilməsi və onun irsi dəyişkənliyin yaratmasını söyləmişdir. Bu tədqiqatlar sonra siçanlar və digər canlılar üzərində aparıldı. Atom enerjisinin ionlaşdırıcı şüalardan alınması, onların sənayedə, kənd təsərrüfatında və xalq təsərrüfatının digər sahələrində tətbiqi zamanı onun irsiyyətə təsiri geniş marağa səbəb oldu. Hal-hazırda bu elmi tədqiqat işinin aparılması ilə Radiasion gigiena bölməsi fəaliyyət göstərir.

Məlum olduğu kimi irsi dəyişkənliyin baş verməsində xüsusi quruluşa malik olan genlər fəaliyyət göstərir. Genlər orqanizmin fərdi xüsusiyyətlərində böyük rol oynayır və bütövlükdə orqanizmanın həyat fəaliyyətini təmin edir. Genlərin kimyəvi tərkibi dezoksiribonuklein turşularından ibarətdir

(DNT). Genlərdə azot əsaslı amin turşularının – adeninin, timinin, sitozinin quaninin – yerləşməsi qaydası onların spesifikliyini və kodunu təyin edir. Kodların köməyi ilə genlər hüceyrə və toxumaların quruluşunun yaranması və onların ardıcılıqlarının gözlənilməsi xüsusiyyətini özlərində daşıyırlar. Genlər xromosomların tərkibində yerləşir. Hər bir xromosom 10-larla və 100-lərlə gen daşıyır. Hər növ heyvanın toxumasında xromosomların sayı daimidir. İtlərdə 78, atlarda - 66, qaramalda -60, qoyunlarda -54, donuzlarda -40, insanlarda isə - 36 xromosom vardır. Bütün xromosomlar iki eyni, lakin oxşar olmayan yığımlarda olurlar, məsələn, atlarda yığımda 33 xromosomlar vardır. Bu yığımlardan biri anadan, digəri isə atadan keçir. Mayalanma zamanı cinsiyyət hüceyrələri bir nüvədə birləşirlər ki, bu da iki yığımdan ibarətdir. Ona görə də yeni nəsildə eyni miqdarda xromosom olur ki, bu da genin quruluşu ilə eynidir. Xarici və daxili faktorların təsirindən xromosomların molekullarının quruluşunda və gendə dəyişiklik əmələ gəlir. Nəticədə yeni genlər əmələ gəlir ki, bunlar da öz quruluşuna və xüsusiyyətinə görə əvvəlki quruluşa malik olmur. Xromosomların və genlərin dəyişməsinə mutasiya deyilir. Hüceyrələrin sonrakı bölünməsində xromosomlar dəyişirilərək eyni fərdin yaranması baş verir. Belə yollarla genlərin dəyişməsi daimi eyni xüsusiyyət mənimsəyir. Əgər mutasiya cinsiyyət üzvlərində baş verirsə, inkişafda olan orqanizmdə yeni nəsillə dəyişikliyi qeydə alınacaqdır. Bütün növ orqanizmdə çoxlu miqdarda olan genlərdə dəyişikliklər gedir ki, bunun çoxu da təbii radioaktiv fonun orqanizmə təsir etməsindən irəli gəlir.

İonlaşdırıcı şüalardan və digər faktorlardan, kimyəvi maddələrin, ultrabənövşəyi şüaların təsirindən yaranan mutasiyanın xassəsi, heç də özü-özünə əmələ gələn mutasiyadan fərqlənmir. İonlaşdırıcı şüaların təsirindən əsasən iki növ mutasiya dəyişikliyi baş verir, gen və xromosom.

Xromosomlar yenidən qurulduğu halda ola bilsin ki, xromosomun bərpası baş versin, məsələn, parçalanma zamanı ayrılan xromosomların ucları birləşsin və xromosomun tam bərpası təmin olunsun.

Şüaların təsiri zamanı mütasiyanın tezliyindən heyvanın növündən və fərdin radiohəssaslığından, sahənin və ionlaşdırıcı şüanın xüsusiyyətindən asılı olaraq enerjinin itmə halları baş verir. Genetik nöqteyi nəzərdən ən qorxulu radionuklidlər stronsium-90, seziyum-137 və karbon -14 hesab olunur.

Mutasiya nəticəsində ola bilsin ki, dominantlıq və resessivlik əmələ gəlsin. Resessivliyin əmələ gəlməsi heyvanın cinsindən və təsir edən dozanın səviyyəsindən asılı olaraq nəsil-dən-nəslə ötürülmə zəifləyir, ya da mutasiyanın pozulma halları baş verə bilər.

Cinsiyyət hüceyrələrinin birində xromosom oberrasiyası baş verən zaman mayalanmış yumurta hüceyrə adətən birinci bölünmədə məhv olur. Bu da dominantlıq latentliyi adlanır. Letallıq letal resessiv genlə tərədilirsə və növbəti nəsillərdə bu üzə çıxırsa, onda resessiv letallıq adlanır.

Şüalanmanın təsiri nəticəsində somatik toxumada mutasiya immunogenezdə pozğunluqlar yaradır. Şüalanmadan sonra heyvanların limfoid toxumasında xromosomların aberrasiyalığı toxumalarda qeyd olunur, bunlar da mutagen sayılır və ola bilsin ki, birinci nəslin normal geninə qarşı antitel əmələ gətirsin. Mutant hüceyrələrin çoxlu miqdarda əmələ gəlməsi nəticəsində orqanizm ölə bilər. Mutasiya əmələ gətirən dozanın miqdarı hal-hazırda işlənilməmişdir.

Ən əsas məsələlərdən biri təzyiqli göstərən dozanın irsiyyətə necə təsir etməsidir.

Radiasiyanın təsir göstərən dozasını, təbii mutagenlə müqayisə etdikdə iki dəfə üstünlük təşkil edir. Ədəbiyyat məlumatlarına görə bu doza insanlar üçün 3-150 R arasındadır. BMT-nin elmi şurası rus alimi N.P.Divinin təklifini qəbul edərək, qeyd etmişdir ki, 10 rentgen qamma və ya rentgen şüası mütasiyanın tezliyini iki dəfə artırır.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, genetik dəyişikliyə ən güclü təsir göstərən amillərdən biri şüalanmanın dozasıdır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarında hər hansı bir dozanın təsirindən genetik dəyişikliklərin baş verməsini qeyd etmək olar. Hansı ki, bu dəyişiklik yalnız az və ya subletal dozanın

təsirindən yaranır. Bu da onunla əlaqədardır ki, yüksək doza ilə heyvan şüalanın zaman bala verməsi tamam dayanır, ya da ölümlə nəticələnir. Ona görə də irsi effektivlik belə heyvanlarda yaranmır. Mutasiya ilə əlaqədar olaraq əmələ gələn yeni xüsusiyyətlər ola bilsin ki, müsbət və mənfi olsun. Əksər hallarda bu mənfi xarakter daşıyaraq heyvanın xəstəliyə qarşı həssaslığın artırılması, heyvanın yaşama müddətinin azalması, yaman keyfiyyətli şişlərin əmələ gəlməsi və digər patoloji dəyişikliklərin baş verməsi qeyd olunur.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının şüa yanıqları

Radioaktiv izotopların düşdüyü yerlərdə kənd təsərrüfatı heyvanları gəzərkən onların dəri örtükləri ilə tük hissələri çirklənir. Qoyunlarda və bədən səthində tük örtüyü qalın olan heyvanlarda tük dəri səthinin radioaktiv tozla çirklənməsinin qarşısını alır, alfa və beta şüası bu nahiyədə dəri üçün bir qədər qorxulu deyil. Dərinin açıq sahələrində yaranan şüalanma dərinin yalnız 3-8 mm dərinliyinə keçə bilər. Ona görə ki, bu şüaların dərinin üst hissəsi tərəfindən qarşısı alınır. Beta hissəcikləri ionlaşdırma xassəsinə malik olduğuna görə dəridə və selikli qişalarda xüsusi zədələnmələr əmələ gətirir.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının beta şüalanmasına məruz qalma şəraitindən asılı olaraq dərinin müxtəlif hissələri eyni zədələnmə səviyyəsinə məruz qalmır. Hansı sahəyə radioaktiv tozlar düşmüşsə bu sahədən heyvanlar keçərkən və ya otlayarkən radioaktiv tozlarla təmasda olan nahiyələr beta şüalanmasına məruz qalırlar. Bu halda dırnaqların arasındakı yumşaq toxuma, ətrafların diz nahiyəsi sifət, ağızın ətrafları, burun dəlikləri və göz nahiyəsi radioaktiv tozla çirklənir.

Əgər radioaktiv tozların çökməsi təzə başlayıbsa və ya təkrarən tozun yenidən yaranması qeyd olunubsa radioaktiv tozlar əsasən heyvanın bel nahiyəsinə, ətraflara, baş hissəyə çökərək radioaktiv çirklənmələr əmələ gətirir.

ABŞ-da ilk nüvə silahlarının sınağı keçirilən zaman alınan məlumatlardan məlum oldu ki, kənd təsərrüfatı heyvanlarının bədən nahiyəsində beta yanıqları əmələ gətirir.

Almaqor şəhəri yaxınlığında nüvə silahlarının partlayışından sonra radioaktiv çökmədən 100 baş heyvanın bədən səthində müxtəlif dərəcəli yanıqların əmələ gəlməsidir. Nevada ştatında nüvə silahı sınaqdan keçirilən zaman 17 baş heyvanın bədən səthində müxtəlif dərəcəli şüa yanıqların əmələ gəlməsi qeyd olunmuşdur.

Bədənin ayrı-ayrı nahiyələri beta şüalanmasına eyni dərəcədə məruz qalmır. Heyvanın bütün dəri örtüyünü eyni doza ilə şüalandıran zaman ən tez və bir qədər ağır gedişli cinsiyyət orqanları ətrafında, oynaqlarda, başın üz nahiyəsində əmələ gəlir.

Bədənin sıx yunla örtülmüş dəri nahiyəsi beta şüasından çox yaxşı qorunmuş olur, dərinin açıq nahiyələrdə yanıqlar daha kəskin özünü birüzə verir.

Xəstəliyin klinik gedişi. Dəri nahiyəsində patoloji prosesin gedişini dörd dövrə bölmək olar.

Birinci dövr başlanğıc dövrü və yaxud ilk reaksiya dövrü adlanır. Yanıqdan bir neçə saat və yaxud bir gün sonra qeyd olunur və dozanın səviyyəsindən asılı olaraq bir neçə saat və yaxud iki gün davam edir. Bu dövr donuzlarda çox aydın görsənir, iri buynuzlu heyvanlarda dərinin dipeqmentasiyası hiperemiyanın əmələ gəlməsi, zədələnmiş dərinin qopması qeyd olunur və heyvan zədələnmiş nahiyəni tez-tez qaşır.

İkinci dövr dozanın miqdarından asılı olaraq bir neçə sütkadan iki həftəyə qədər davam edir. Bu dövrdə dəri nahiyəsində tez-tez qısa müddətli eriterma, tərləmənin artması və zədələnmiş dərinin qırışması qeyd olunur.

Üçüncü dövrdə dərinin iti iltihabı ilə qeydə alınır. Zədələnmiş dəri nahiyəsində ağrının əmələ gəlməsi müəyyənləşdirilir. Sonra isə nəzərə çarpan eriterma baş verir. Kiçik dozada zədələnmiş dəri nahiyəsində dərinin üst qatında epilyasiya qeydə alınır. Bu nahiyədə dərinin piqmentasiyası dəyişir. Yanmış dərinin buynuz qişasında hiperemiya baş verir.

Ağır zədələnmə hallarında zədələnmiş dəri nahiyəsində dərinin ayrılması dərinin çürüməsi qeyd olunur, eroziyanın baş verməsi, kəskin nekrozlaşma 20-30 gün davam edir. Əmələ gələn yaraların ətrafı düzgün formada olmur və yaranın ətrafları dairə formasını alır.

Bu dövr yerli dəyişikliyin getməsi ilə bərabər heyvanın ümumi vəziyyətində zəiflik əmələ gətirir. Qanın morfoloji göstəriciləri dəyişir, leykositlərin monositlərin miqdarı azalır, eozinofillərin miqdarı artır, qanda EÇS səviyyəsi yüksəlir. Qanda zülalın, lipidin miqdarı azalır, kalium və suyun miqdarı artır. Ümumi zəhərlənmə əlamətləri qeyd olunur. Heyvan çəkini itirir, az hərəkət edir və ətraf qıcıqlara qarşı reaksiya zəif olur.

Dördüncü dövr və ya bərpa olunma dövrü, zədələnmənin yüngül formasında xəstəlik yalnız dərinin üst qatının qaşınması ilə nəticələnir. Dərin olmayan yaralar 1,5-2 ay müddətində sağalır.

Dərinin sağlması çox zəif gedir bu bir neçə ay və bəzi hallarda bir ili əhatə edir. Dərinin çox geniş sahəsində epilyasiya və irinləmə halları qeyd olunur. Damarlarda və sinir sisteminə pozğunluqlar qeydə alınır.

Dozanın miqdarından asılı olaraq dörd dərəcəli yanıqlar baş verir. Birinci dərəcəli (yüngül) yanıq heyvanın bədən səthində 500 RAD dozanın təsirindən yaranır, ilk reaksiyanın baş verməsi ilə gedir və 15 gün davam edir, bunun ardınca dərinin eriteması, dəri epilyasiyası və dərinin üst qatının qopması qeyd olunur. Selikli qişaların zədələnməsi zamanı hiperemiya və ağrıma halları baş verir, sağalma 30-45 gün çəkir.

İkinci dərəcəli şüa yanıqları 500-1000 Rad-la şüalanmadan yaranır. Kəskin iltihab dövrü baş verir, bu 3-4 həftə çəkir və. Zədələnmiş dəri ağırlı olur, hiperemiya baş verir, dərinin üst hissələrində eroziya əmələ gəlir. Bədənin ümumi temperaturu artır. Sağalma çox zəif gedir və heyvanın sağlması 3-4 aydan sonra baş verir.

Üçüncü dərəcəli yanıqlar 1000-3000 Rad səviyyəsində beta şüasının təsirindən yaranır. İlk reaksiya dövrü 3-4 saatdan sonra başlayır və iki gün davam edir. Gizli dövr çox qısa, 2-6

gün, sonra isə beta şüasının təsirindən kəskin iltihab baş verir. Dərinin qızarması bəzi hallarda suluqlar əmələ gəlir. Ətraf limfa düyünləri şişir. Bədənin temperaturu qalxır, iştaha zəifləyir və ya tamamilə itir. Sağalma çox zəif gedir. Heyvanın sağalması 5-12 aydan sonra baş verir.

Dördüncü dərəcəli (ən ağır). Heyvanın bədən səthi 3000 Rad beta şüası ilə şüalanan zaman baş verir. Kəskin iltihabi prosesin bütün əlamətləri hiss olunur. Dəridə irinli yaralar baş verir. Dərinin bərpa olunması çox uzun çəkir.

Patanatomik dəyişikliklər. Beta yanıqlarından yerli və ümumi patanatomik dəyişikliklərin baş verməsi yalnız şüalanma dozasından deyil, patoloji prosesin müddətindən də asılıdır.

Şüalanmanın ilk günündə ölmüş və yaxud kəsilmiş heyvanın cəmdəyinə daxili baxış keçirərkən, dəri nahiyəsində eritema, epilyasiyanın baş verməsi əlamətləri qeydə alınır.

Dərinin mikroskopik müayinəsi zamanı dərinin epidermisində toxumanın vakyalizasiyası baş verir, nüvənin şişməsi, qan damarlarının kəskin genişlənməsi, dəridə olan sinir sisteminin pozulması özünü göstərir.

Diaqnozun qoyulması anamnez məlumatlarından sonra yerinə yetirilir. Tükün radioaktiv izotoplarla çirklənmə dərəcəsi və xəstəliyin klinik gedişi diaqnozun qoyulmasında böyük əhəmiyyət daşıyır.

Beta yanıqlarında klinik əlamətlərdən diaqnoz üçün ən əsasları bunlardır: dərinin zədələnmiş nahiyəsinin ağırlı olması, selik qişalarının hiperemiyası, epidermis qatının üst hissəsinin epilyasiyaya uğraması. Əgər yanığ I və II dərəcəlidirsə, proqnoz yaxşıdır və belə heyvanların müalicəsi mümkündür. Dərin və geniş sahəli yanıqlar bütün növ mübadilənin pozulmasına səbəb olur, bu vaxt müalicə çox uzun çəkir. Belə zədələnmələr zamanı heyvanın müalicəsi məqsədəuyğun deyil.

Müalicə. Heyvanın bədən səthinin yüksək doza ilə çirklənməsi müəyyənləşdirilərək belə heyvanların tez bir zamanda baytar təmizliyindən keçirilməsi vacibdir. Bədən səthinin yuyulmasında müxtəlif yuyucu paraşoklardan (OP-7-OP-10) istifadə olunur.

Dərisi zədələnmiş heyvanların müalicəsində ilk əvvəl dəridə ağrılar aradan götürülməli, iltihab prosesinin zəiflədilməsi, dərinin bərpaasının tezləşdirilməsi və infeksiyanın düşməsinə imkan verməmək.

Ağrını azaltmaq üçün novokain blokadasından istifadə edərək, ağrı nahiyəsinə vurmaq lazımdır. Qabırğalar arası sinirə 0,5% novokain məhlulu 10%-li təmiz spirtə qatıb vurmaq olar.

Paravertbral və paralumbal blokadadan da istifadə etmək olar, iri buynuzlu heyvanlara 300-600 ml, xırdalara isə 10-25 ml vurulur.

VII FƏSİL

BAYTARLIQ NƏZARƏTİ MƏNTƏQQƏLƏRİNDƏ RADIOMETRİK VƏ RADIOKİMYƏVİ EKSPERTİZANIN APARILMASI.

Atom sənayesinin genişlənməsi yüksək səviyyədə enerjinin istehsalına səbəb olmuşdur. Buna baxmayaraq bu sahələrdə yaranan avariya, radioaktiv tullantıların ətrafa düşməsi və onların düzgün saxlanılmaması ətraf mühitin süni çirklənməsini, bu sahələrin radiasiya fonunun artması qida məhsullarını istifadəsiz hala sala bilməsinə səbəb olur. Bu məqsəd üçün profilaktik tədbirlərin aparılması dozimetrik və radiokimyəvi müayinələrin yerinə yetirilməsi günün ən vacib məsələlərindən biridir. İstehsal sahələrində və digər sahələrdə (bütün tərəvəz bitkiləri ət, süd, su, yumurta, meyvələr və digər məhsullar) bu işləri baytar həkimləri və yaxud istehlak mallarının ekspertləri yerinə yetirir.

Radiokimyəvi və radiometrik ekspertizanın qarşısında duran vəzifələr aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Ətraf mühitin istər təbii, istərsə də süni izotoplarla çirklənmə vəziyyətinə nəzarət etmək;

2. Sahənin ayrı-ayrı bölgələrində radioaktiv fonun səviyyəsinə nəzarət etmək, onun biosenoza və bioloji sahəyə təsirini aydınlaşdırmaq;

3. Normadan artıq çirklənmiş heyvan məhsullarının mexaniki məqsədlər və qida kimi istifadəsinə icazə verməmək.

İstehsal sahələrində radiometrik və radiokimyəvi analizlər aparmaq üçün nümunələr götürülərək onların çirklənmə səviyyəsi təyin olunur. Bu analizlər istər adi şəraitdə, istərsə də avariya zamanı aparılmalıdır. Məhsulun tərkibində radioizotopun dozası və növü müəyyən edildikdən sonra, onların zərərsizləşdirilməsi və yaxud istifadəyə tam yararlılığı və yararsızlığı barədə qərar verilməlidir.

Müayinələr zamanı qida məhsullarının tərkibində parçalanma dozası 8 KÜ-dən artıq olan zaman bu məhsullar istifadədən çıxarılır. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının bədən səthi çirklənsə belə heyvanların bədən səthi xüsusi düzəldilmiş yerlərdə dezaktivasiya, deratizasiya və dezinfeksiya olunur. Təmizləmədə OP-7 və OP-10 yuyucu tozlardan istifadə olunur. Heyvanın bədən səthindən axan su xüsusi yeraltı anbara yığılaraq zərərsizləşdikdən sonra ətrafa axıdıla bilər.

Avariya zamanı kənd təsərrüfatı məhsullarının çirklənmə təhlükəsi yaranarsa yay vaxtlarında hər hansı bir məntəqədən ayda 2-3 dəfə nümunələr götürülür. Hər hansı bir sahədən nümunə götürülərkən eyni vaxtda sudan da nümunələr götürülməlidir. Yem bitkilərindən nümunə heyvanların hansı şəraitdə yemlənməsindən asılı olmayaraq götürülür. İri buynuzlu heyvanlar otarılan sahələrdən nümunə yer səthindən 3-5 sm hündürlükdə kəsilərək götürülür. Qoyun və digər heyvanlar otlayan sahələrdən nümunə yer səthindən birbaşa kəsilərək götürülür.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının ətindən, sümüyündən və daxili orqanlarından nümunələrin götürülməsi bir başa təsərrüfatda və yaxud kəsim sahələrində yerinə yetirilə bilər.

Radiometrik analiz kəsim məntəqələrindən, satış sahələrindən gətirilən heyvan məhsullarında aparılaraq tərkibində olan təbii radioaktiv fonun dozası müəyyənləşdirilir.

Quşçuluq fabrikələrində alınan yumurtalarla bərabər quşlara verilən yemlərdən (yaşıl yemlər, digər yemlər hansı ki, radioaktiv çirklənmə təhlükəsi yarada bilər) nümunələr götürülərək yoxlanılır.

Yoxlama aparmaq üçün müşahidə sahəsindən bir neçə nümunə götürülərək ayrı-ayrılıqda yığılaraq, radiologiya laboratoriyasında radiokimyəvi və radiometrik analizdən keçirmək üçün qurudulub ümumi çəkiddən xüsusi çəkiyə gətirilir və tələb olunan doza təyin olunur. Yemdən, ətdən, süddən, yumurtadan nümunə götürülməzdən əvvəl sahənin qamma fonu bununla bərabər torpaqdan, heyvan cəmdəyindən, açıq su mənbələrindən, süd yığılan yerlərdən nümunə götürülərək

müayinə edilir. Alınan dozanın səviyyəsi müşahidə sahələrinə bildirilir.

Yem bitkilərindən nümunə dağ və dağətəyi hissələrdən, otlaq sahələrindən, təbii və süni biçənəklərdən nümunələr götürülür. Otlaq sahələrindən nümunə biri-birindən 100 metr məsafə qoymaqla üç yerdən yığılır. Götürülmüş yaşıl yem kütləsi salafan torbalara qoyularaq laboratoriyaya gətirilir, yaşıl otun çürüməməsi üçün qurudulması məsləhətdir. Küləşdən, samandan, kökü meyvəlilərdən, yemlərdən nümunəni qış üçün yığılan zaman götürürlər. Götürülmüş nümunələr salafan torbalara, kağız torbalara, kisələrə yığılır.

Su sahələrindən nümunə, çaylardan, göllərdən, quyulardan, heyvanların su içdiyi sahələrdən götürülür. Nümunə götürülən su sahələri dərin olarsa üst hissədən və suyun alt hissəsinə 0,5 sm qalmış yerlərdən götürülür. Götürülmüş su nümunələri təmiz şüşə qablara yığılır, şüşə qablar tərəfindən radioaktiv maddələrin adsorbsiya olunmaması üçün azot turşusu ilə turşulaşdırılır, turşulaşdırma zəif olmalıdır.

Ət. Ət nümunəsi cəmdəyin yağsız hissəsindən götürülür. Sümüyündən nümunə axırıncı fəqərənin götürülməsi məsləhət görülür. Müxtəlif yaşda və müxtəlif cinsə malik olan heyvanlardan nümunə biri-birinə qarışdırılmamalıdır.

Balıq. Çəkisi 0,5 kq olan balıqlar analiz üçün bütöv götürülməlidir. Bundan yüksək çəkiyə malik olan balıqlardan baş, bel və quyruq hissədən nümunə götürülməlidir. Balıq nümunəsi laboratoriyada saxlanması və başqa yerlərə göndərilməsi lazım gələrsə bu nümunələr formalinə hopdurulmuş materiallara bükülməli və göndərilməlidir. Bundan ötrü 5-10%-li formalin istifadə olunur.

Süd. Sağılmış süddən nümunə götürən zaman onu əvvəlcədən möhkəm qarışdırmaq lazımdır. 50 litrə qədər yığılmış süd qablarından nümunə götürərkən onun alt və üst hissəsindən şüşə çubuqlar vasitəsi yerinə yetirilir. Müxtəlif heyvanlardan süd götürülən zaman onu ayrı-ayrı şüşə qablara yığmaq lazımdır. Radiometrik və radiokimyəvi analiz üçün qurudulmuş süddən də istifadə oluna bilər.

Götürülmüş nümunələr nömrələnir və süd hansı laboratoriyaya göndərilərsə onun içərisinə qoyulur. Götürülmüş nümunə barədə akt tərtib olunur, aktda nümunəni götürən şəxsin adı, soyadı, götürülmə tarixi, nümunənin götürüldüyü yer (təşkilat və müəssisə olarsa onun adı), nümunənin göndərilməsi barədə tərtib olunan akt iki nüsxədən ibarət olmaqla nümunəni götürən şəxs tərəfindən imzalanır.

Laboratoriyaya göndərilən nümunənin qəbulu və onun hazırlanması xüsusi ayrılmış otaqda yerinə yetirilir. Laboratoriyada quruducu şkaflar, mufel peçi qabları yumaq üçün su və digər vasitələr olmalıdır.

Göndərilmiş materialdan nümunə götürməzdən əvvəl möhkəm qarışdırılmalıdır. Kökümeyvəlilər torpaqdan təmizlənməli, küləş, saman, ot, ət əlavə olaraq xırdalanmalıdır. Nümunənin orta çəkisi elə olmalıdır ki, bu və yaxud başqa izotopları təyin etmək mümkün olsun.

Məhsulun tərkibində olan radioaktiv izotopun səviyyəsi (KU\kq - KU\1) təyin edilir. Bu da məhsulun tərkibində olan dozanın tez bir zamanda təyin olunmasına imkan verir. Yemdə və başqa məhsullarda izotopun növünü müəyyən etmək üçün radiokimya üsulundan istifadə olunur, bu da aşağıdakı qaydada yerinə yetirilir:

1. İzotopun müəyyənləşdirilməsi;
2. Onun təmizlənməsi;
3. Radiokimyəvi təmizliyə fikir verilməsi;
4. Aktivliyin təyin olunması (radiometrlə).

Bunlardan ən çətini birinci və ikinci əməliyyat sayılır, izotopun təmizlənməsi və müəyyənləşdirilməsi.

Radiokimyəvi analizin aparılmasında əsas məqsəd radioaktiv izotopların tərkibi müəyyən olunmalıdır ona görə ki, bütün izotopların toksiki xassəsi eyni deyil. Ətraf mühitdə və hər hansı bir sahədə radioizotopun icazə verilmiş qatılığı 100-1000 arasında fərq edə bilər.

Hər hansı sahədə və qida məhsullarında radiometrik ekspertiza ilk dəfə stronsium - 90, seziyum - 137, qurğuşun-210,

xüsusi hallarda yod -131, barium-140, kükürd -141 və 144 təyin olunmalıdır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının yemləndirildiyi qida məhsulları və heyvanlardan alınan qida məhsullarında radioaktiv izotopun səviyyəsi insan qidalarındakına nisbətən yüksək olur.

Bitkinin növündən, onun saxlanması xassəsindən, qablaşdırılmasından, radioaktiv çirklənmənin səviyyəsindən, izotopun xasiyyətindən asılı olaraq dezaktivasiya aparılır. Dezaktivasiya müxtəlif üsullarla aparıla bilər. Çirklənmiş üst hissənin uzaqlaşdırılması, çirklənmiş qabın təmizi ilə əvəz olunması. Suyun dezaktivasiyası, onun filtirdən keçirilməsi və yaxud onun üst hissəsindən təmiz su axıdılması.

Kimyəvi və aqrotexniki tədbirlərin aparılması stronsium-90-nın torpaqdan bitkiyə keçməsinə azaltmaq, kalium və stronsiumun biri-birinə olan münasibətini müəyyən etmək üçün kimyəvi üsul tətbiq olunmalıdır. Turş torpaqlara kalsium bir hektara 5-12 ton verilməsi stronsiumun bitkiyə keçmə səviyyəsini 20-60% azaldır. Kalsiumun peyidlə bir yerdə tətbiq olunması bu effektin bitkiyə təsirini gücləndirir. Kalsiumla zəngin olan torpaqlara bu üsulun tətbiq olunması əhəmiyyətsizdir. Stronsium -90 torpaqdan saçaqlı köklü bitkilərin tərkibinə keçməsinə azaltmaq üçün bu torpaqlarda dərin şum salınması məsləhət görülür. Belə tədbirlərin biçənək və otlaq sahələrində aparılması yaxşı nəticə verir.

Radioaktiv izotoplarla çirklənən sahələrə kənd təsərrüfat heyvanlarının gətirilməsi onları izotoplarla çirklənmə təhlükəsizliyi yarada bilər. Bununda çirklənmə dərəcəsi ola bilsin ki, müxtəlif olsun. Zədələnmənin dərəcəsinin müəyyən olunması və heyvanların istifadə edilməsi üçün baytarlıq sanitar ekspertizanın aparılması vacibdir. Radioaktiv şüa ilə şüalanmış heyvanları dozadan asılı olaraq təsərrüfatda bala vermək, kökəltmək, ət üçün istifadə etmək və yaxud texniki məhsul almaq üçün istifadə edilə bilər.

Radioaktiv maddələrlə çirklənmiş sahələrdə heyvanlar ola bilsin daxili və xarici şüalanmaya məruz qalsın, daxili şüalanma radioizotopların yem, su və digər məhsullarla daxilə düşməsi

nəticəsində əmələ gəlir. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının yoluxmaya qarşı yoxlanılması, heyvanların otarıldığı sahədən başlanılır. Şüalanmanın dozası, suyun, yemin çirklənmə səviyyəsi, heyvanların harada saxlanması və s. İmkan dairəsində heyvanların otlaq sahəsində saxlanıldığı müddətdə, həmçinin bir sutkalıq yemdə olan dozanın miqdarı təyin olunur.

Kliniki müayinələrdən alınan nəticəyə görə heyvanın ümumi vəziyyətinə qiymət verilir.

Atmosferdə qaz və bərk hissəciklər şəklində olan radioaktiv maddələrin qatılığının təyini üçün aspirasiya və sedimentasiya metodlarından istifadə olunur. Aspirasiya metodu ilə atmosferdə olan radioaktiv qazlar və havada olan toz şəkilli radioaktiv maddələr təyin edilir. Bunun üçün xüsusi vakuum nasoslarının köməkliliyi ilə hava radioaktiv maddələr tutub özündə saxlayan xüsusi filtirlərdən sorulur. Bu metodla havanın vahid hissəsində olan radioaktiv maddələrin qatılığı hesablanır.

VIII FƏSİL

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN HEYVANDARLIQDA VƏ BAYTARLIQDA TƏTBİQİ.

Hal-hazırda tibdə biologiyada, biokimyada, fiziologiyada kənd təsərrüfatında, sənayedə radioaktiv elementlərdən bir maddə kimi geniş istifadə olunur.

Orqanizmin daxilinə az dozanın verilməsi nəticəsində kiçik quruluşa malik olan molekulaların və digər nahiyələrin həyat fəaliyyətinin pozulmasının öyrənilməsinə imkan verir. Nişanlanmış atomlar vasitəsi ilə bir sıra üsulların işlənilməsi və onların heyvandarlıqda tətbiq olunması məsləhət görülür.

Radioaktiv izotopların indikator kimi istifadə olunması. Kimyəvi birləşmələrin tərkibinə nişanlanmış atomlar daxil etmək qaydasına əsaslanmışdır. Bioloji müayinələri aparmaq üçün orqanizmdə maddələr mübadiləsində iştirak edən aşağıdakı izotoplardan geniş istifadə olunur H^3 , C^{14} , Na^{24} , P^{32} , S^{18} , K^{42} , Ca^{43} , Ca^{47} , Cr^{51} ,

Fe^{39} , Y^{125} , Y^{131} və s. radionuklidləri orqanizmə verilən zaman bioloji dövriyyədə özlərini stabil izotoplar kimi aparırlar. Bu üsul vasitəsi ilə nəyinki radioaktiv izotopların, hətta müxtəlif aktiv üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrin mübadiləsinə və bunların mübadilə prosesində iştirakı zamanı yaranan çevrilmələrə nəzarət etmək mümkündür.

Nişanlanmış atomların köməkliyi ilə insan və heyvanlarda yaman şişləri müəyyən etmək, qan damarlarında qanın sürətini müəyyənləşdirmək mümkün olmuşdur. Radioaktiv izotopların heyvan və bitkilərin müxtəlif hüceyrə və toxumalarda paylanması öyrənmək və onların yerlərini dəqiqləşdirmək məqsədilə avtoradiografiya üsulundan geniş istifadə olunur. Bu üsul orqanizmdə olan radioaktiv izotopun parçalanması zamanı ayrılan şüaların fotoemulsiyaya kimyəvi təsir etmə prinsipinə əsaslanır.

Avtoradioqrafiya üsulu vasitəsi ilə orqanizmdə gedən şüalanmanın növünü və şüaların fotoemulsiyada yaratdıqları izlərə əsasən orqanizmdəki radioaktiv maddənin miqdarını müəyyənləşdirmək olur. Histoavtoqrafiya adlanan üsulla radioaktiv izotopların hüceyrə daxilində və ya hüceyrənin ətrafında paylanması da dəqiqləşdirmək olur. İlk dəfə 1940-cı ildə E.S.London heyvan orqanizmində gedən prosesləri öyrənmək üçün bu üsuldən istifadə etmişdi. Son illərdə avtoradioqrafiya üsulunun təkmilləşməsi və onun mübadilə prosesində geniş istifadə olunmasına nail olmuşlar.

Aftoqrafiya üsulu iki yerə bölünür. Mikroavtoqrafiya və mikrobioradioqrafiya, makroavtoradioqrafiya üsulu ilə radioaktiv izotopların bioloji obyektlərdə gedən dəyişikliyi qiymətləndirmək üçün, mikroavtoradioqrafiya isə radioaktiv izotopların toxuma daxilinə toplanmasının qarşısını almaq və həmçinin hüceyrənin quruluşunda baş verə bilən biokimyəvi dəyişikliklərin öyrənilməsində geniş istifadə olunur.

Avtoradioqrafiya üsulunun tətbiq olunma əhəmiyyətini aşağıdakı qruplara bölmək olar.

a) Radioaktiv izotopların heyvan orqanizmində dövriyyəyə daxil olmasının öyrənilməsi;

b) Radioaktiv izotopların bu və ya digər orqanlarda toplanmasının aşkar edilməsi;

v) Daxilə düşmüş radioaktiv elementlərin ilk aktivlik ilə sonrakı aktivlik arasındakı fərqin aydınlaşdırılması;

q) Şüalanmanın təsirinə məruz qalan orqanlardan hazırlanan materiallarda radioqrafiyanın aparılması.

Makroradioavtoqrafiyanı aparmaq üçün yüksək həssaslığa malik olan fotoqrafiyadan, historadioqrafiyadan xüsusi mayedən və nüvə enerjisindən istifadə olunur.

Radioavtoqrafiya radioaktiv elementlərin tətbiq olunduğu sahələrdə yaratdığı izlərin fotoemulsiya vasitəsi ilə müəyyənləşdirilməsidir. Bu üsul radioaktiv elementlərin orqanizmə verildikdən və yaxud müxtəlif yollarla daxil olduğu zaman öz analoqları ilə birləşmə əmələ gətirməsi və orqanda

gedən patoloji prosesin aydınlaşdırılmasında çox böyük əhəmiyyətə malikdir.

Mikroradioavtoqrayiada radioaktiv elementlərin gümüş bromidə təsiri zamanı yaratdığı ağ ləkələrin mənbəyini təyin edir.

Historadioavtoqrafiyada radioaktiv elementlərlə şüalanmış heyvanların daxili orqanlarında yaranan potomorfoloji proseslərin mikroskopiya üsulu ilə öyrənməsinə imkan verir.

A.D.Belov (1959) ildə iki tərəfli radioavtoqrafiya üsulunu işləyib hazırlamışdır. Bu üsulun digər üsullardan fərqi ondan ibarətdir ki, eyni vaxtda iki izotopu təyin etməsinə imkan verir. Sümüyün möhkəmlənməsində iştirak edən Fosfor-32 və Kalsium-45-in mübadiləsini öyrənərkən istifadə olunan radiobioqrafiya bu izotopların eyni vaxtda heyvan orqanizmində yaratdığı fəsadların dərəcəsini çox qısa bir müddətdə aydınlaşdırılmasına imkan verir və stabil elementlərlə radioaktiv elementlər arasındakı asılılığı müəyyənləşdirir.

Qamma şüası yaratma xassəsinə malik olan ^{24}Na , ^{131}Y , K^{40} və digər radioaktiv izotopları orqanizmə verdikdən sonra daxili radiometriya aparmağa, qan dövranında, qanın tərkibində və qalxanvari vəzidə gedən dəyişiklikləri müəyyən etməyə imkan verir. Odur ki, bu üsuldan istifadə edərək radioizotop müşahidəsini aparmaq üçün kliniki təcrübədə geniş istifadə olunur.

A.D.Belov 1968-ci ildə zəif keçicilik qabiliyyətinə malik olan β şüasını əmələ gətirən radioaktiv izotopların mübadilə prosesində iştirak etməsini çox kiçik qabaritə malik olan vericilərdən istifadə olunmasını təklif etmişdir. Sonralar bu üsulla termodinamik verici (datçik) əlavə edilərək orqanizmdə maddələr mübadiləsində yaranan temperaturun təsirini öyrənmişlər. Radiometrik üsullardan istifadə olunaraq qara ciyərdə, sümükdə, əzələdə və digər orqanlarda enerjinin və maddələr mübadiləsinin getmə sürətini, həmçinin onlarda korreksiya dəyişikliklərinin araşdırılmasında və müxtəlif

heyvanlarda sümük patologiyasının öyrənilməsinə imkan vermişdir.

Radioaktiv maddələrin köməyi ilə biologiyada bir sıra əhəmiyyətli nailiyyətlərə malik olunmaqla bərabər heyvan orqanizmində yaranan mübadilə prosesinin necə əmələ gəlməsi, canlı toxumada kimyəvi birləşmələrin baş verməsi geniş formada aydınlaşdırılmışdır.

Bu üsulla aparılan müşahidələr zamanı müəyyən olunmuşdur ki, zülallar, mikroproteinlər, ximoproteinlər, yağlar, karbon qazı, üzvi birləşmələr mütəmadi olaraq parçalanmaya uğrayırlar. Parçalanmadan asılı olaraq mübadilənin xüsusiyyəti müəyyənləşdirilir. Yaman keyfiyyətli şişlərin radioizotop üsulu ilə öyrənilməsi zamanı şişlərin böyüməsi, mübadilə prosesinin sürətlə getməsi deyil, şışdə zülal maddələrinin bölünməsinin ləngiməsi ilə izah olunur. Radioizotop indikatorunun köməyi ilə müxtəlif orqan və toxumalarda mübadilə prosesinin bərpa olunmasının sürətini təyin etməyə imkan vermişdir.

Aparılan tədqiqatlar sübut etmişdir ki, siçovullarda zülalın bərpası, digərləri ilə müqayisə edildikdə çox sürətlə, qaraciyərdə qanın plazmasında, bağırsaqların selik qişalarında bərpa olunma çox zəif gedir.

Digər üsullardan fərqli olaraq radioizotop üsulu molekulyar biologiyada çox böyük tədqiqatların aparılması və biologiyada bir sıra məsələlərin həll olunmasına imkan yaradır. Zülalların biosintezi, fotosintez, əzələlərin yığılması, sinir sisteminin oyanması, çoxalma və irsi ötrücülük zamanı heyvan orqanizmində enerjinin istifadə olunmasını müəyyən etməkdə bu üsuldan geniş istifadə olunur.

Nişanlanmış radioaktiv elementlərin köməyi ilə kimyəvi birləşmələrin tərkibini, məhsuldar heyvanların orqanizminə verilən dərman maddələrinin təsirinin, həzm prosesinin getməsində bu preparatların hansı xüsusiyyətə malik olmasını təyin etməyə nail olunmuşlar. Digər üsullarla təyin olunması mümkün olmadığı halda qeyd olunan üsulla maddələr mübadiləsinin getməsini, gövsəyən heyvanların mədə-bağırsaq florasının həzm sistemində nə kimi təsirə malik olmasını əldə

edilmişlər.Orqanizmdə dövriyyədə olan təbii radioaktiv fonun nə kimi əhəmiyyətə malik olması, patoloji prosesə uğrayan orqanların bərpasında dərman preparatların dozasının təyin olunmasında, bu üsuldən hal-hazırda da geniş istifadə olunur.

Radioaktiv izotopların bitkilərin tərkibinə daxil olaraq mübadilə prosesinə necə qoşulması və bitkinin bütün vegetasiya dövründə nə kimi təsirə malik olması aydınlaşdırılır. Bitki orqanizmasından, heyvan orqanizmasına daxil olan izotopun tərkibi radioindikasiya üsulu ilə təyin etmək mümkün olmuşdu. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu üsulun digər əhəmiyyətliliyi ondan ibarətdir ki, daxili orqanların radiohəssaslığı və bu həssaslığa görə qruplara bölünməsinə nail olunmuşlar.

Heyvan orqanizmində, həzm sistemində yaranan proseslərin dairəvi təsir etməsini, mədə həzminin və mədə altı vəzinin bu prosesdə əhəmiyyətini: həzm sistemi divarında qanın; həzm kanalında həzm vəzisinin nə kimi təsir sistemə malik olmasının öyrənilməsində, həzm olunan qidanın mədə bağırsağdan sorulması, endogen faktorların aradan qaldırılması, həzm sistemi vəzisinin ifrazının və ödün hazırlanmasının, onun onikibarmaq bağırsağa axmasının ləngiməsinin aradan qaldırılması üçün nişanlanmış atom üsulundan istifadə edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, nişanlanmış atomların tətbiq olunması ilə maddələr mübadiləsinin getməsini, mübadilə prosesinə bir sıra aralıq məhsullarının və digər faktorların təsir etmə xüsusiyyətləri öyrənilməsi mümkündür. Xarici mühitin dəyişməsi, daxilə gedən proseslərin qeyri stabilliyi, xarici təsirlərə qarşı orqanizmdə aparılan bərpa prosesinin müəyyənləşdirilməsi üçün radioaktiv indikasiya üsulu geniş imkanlar açmışdır.

Radioaktiv izotopların köməyi ilə yem rasionuna digər qidaları tətbiq etməkdə, makro və mikroelementlərin tərkibində dəyişikliklərin əmələ gəlməməsini araşdırmağa nail olmuşlar.

Mineral maddələrin müxtəlif orqan və toxumalarda ardıcıl olaraq qısa müddətdə paylanması və onların orqanizmdən xaric olması, həmçinin kimyəvi birləşmənin müşahidə edilməsi

qeyd olunan üsulla mümkündür. Bu üsulla digər vacib məsələlərdən biri olan mineral maddələrin mübadiləsinin öyrənilməsi, orqanizmdə mineral maddələrin bərpa olunma sürətini və sümükdə bir neçə birləşmələri təyinetməyə imkan verir.

Hazırki dövrdə radioaktiv izotop kalsium, fosforun, kobaltın, yodun və başqalarının mübadilədə iştirak etməsi barədə bir sıra məlumatlar alınmışdı. Aparılan bu tədqiqatın nəticəsi, mineral maddələrin ayrı-ayrı toxumalara daxil olması, mikro-elementlərin diffuziya qanununa əsasən deyil, spesifik fiziki, kimyəvi proseslərə təsir etməsi ilə yaranması təsdiq edilmişdir.

Nişanlanmış radioizotop indikasiya üsulu ilə mineral maddələrin mübadiləsinə öyrənən zaman aralıq mübadiləyə, mineral maddələrin, o cümlədən (^{31}Y , ^{60}Co , Cu və s.) daxil olunmasını öyrənməyə nail olmuşlar.

Biologiyada və tibdə tətbiq olunan yeni elektrofarez üsulun köməyi ilə insan və heyvan orqanizmində qan zərdabında, zülalın ayrılması və bu kimi bir sıra məlumatlar yığılmışdır ki, bu da orqanizmin müxtəlif vəziyyətində qeyri spesifik reaksiyanın baş verməsi səbəbi araşdırılmışdır. Qan zərdabında bu və ya digər miqdarda zülalın dəyişilməsini ayrı-ayrı alimlər, müxtəlif variantlarla izah edirlər. Bu və ya digər xəstəliklərin araşdırılmasında, qanda baş verən hər hansı bir dəyişikliyin yaranması qısa vaxt ərzində dəqiqləşdirilməsi mümkün olmuşdur.

1972-ci ildə A.D.Belov qan zərdabında zülalı elektrofarez üsulu ilə təyin etməyi təklif etmişdir. Zülalın sintezinin təyin olunması üçün aktiv aminokislottan istifadə olunması məqsədyönlü hesab olunur. Bu üsul vasitəsi ilə zülal mübadiləsində aktiv izotopların tətbiq olunması baş verən reaksiyaları zamanı yaranan üzvi birləşmələrin tərkibini öyrənmək və heyvanlarda qanın tərkibində zülal formulasının hansı istiqamətdə dəyişməsinə izah etməyə imkan verir.

Hemoqlobinin molekulasına daxil olan ^{51}Cr və metioninin tərkibində olan ^{75}Se köməyi ilə müxtəlif növ kənd təsərrüfatı

heyvanlarının qanında eritrosidlərin yaşama müddətini təyin etmək mümkündür.

Spermanın yaranma tezliyini, diş heyvanların cinsiyyət yoluna onun tətbiq olunma müddətini və müxtəlif cinsiyyət yüklənmələri zamanı onun müddətinin dəyişdirilməsini ^{32}P radioaktiv izotopunu tətbiq etməklə əldə etmək mümkün olmuşdur.

Son illərdə radioaktiv izotopu daxilə verməklə, radioaktiv müayinələr üsulu geniş inkişaf etmişdi. Bu şərait radioindikasiya üsulundan laborator klinik müayinələrdə istifadə olunmasına geniş imkanlar yaradır. İn vitro üsulundan, endokrinologiyada və immunologiyada geniş istifadə olunması, böyük əhəmiyyətə səbəb olmuşdur.

Qeyd olunan üsulların digər sahələrdə tətbiq olunması barədə yollar axtarırdı və insanların heyvanların hormonunun vəziyyətini təyin etməkdən ötrü radioaktivradium üsulu tətbiq olundu. Bu üsulun digər üsullardan fərqi yüksək xüsusiyyətə və hissiyyətə malik olmasındadır. Hal-hazırkı dövrdə insulin hormonunu və bir sıra digər hormonları diaqnostik testlərin köməyi ilə öyrənilməsində radioizotop üsulundan geniş istifadə olunmuşdur.

E.A.Nejikov 1979 cu ildə ilk dəfə olaraq ilin bütün fəsilərində kənd təsərrüfatı heyvanlarının qanında tıqanadotrop, hipofiz və fəlekula aktivləşdirici hormonların dinamikasını radioimmünlaşdırıcı üsulla müəyyən etməyə nail olmuşdu. Bu hormonların heyvanların nənə fizioloji vəziyyətinə hətta məhsuldarlığa təsir etməsini müəyyənləşdirdi. Orta məhsuldarlığa malik olan inəklərin boğazlıq dövrünün yaz aylarında (lg) aktivləşdirici hormondan bir 32,1 nq/ml; yüksək məhsuldarlığa malik olanları isə 24,77 nq/ml tətbiq olunması məsləhət görülür. Belə bir tədbir boğazlığın müxtəlif vaxtlarında yerinə yetirilə bilər. Bununla əlaqədar olaraq belə qərara gəlmişlər ki, LQ-din səviyyəsi ilin müxtəlif fəsillərindən asılıdır. Belə ki, payız fəslində, inəklərin boğazlığının üçüncü ayında LQ₂-nin səviyyəsi 4,33 nq/ml təşkil etdiyi halda yayda

isə bunun səviyyəsi -30,9, yazda-34,8, qış fəslində isə -63,2 nq/ml-ə bərabərdir.

İnəklərin qalxanvari vəzisinin dispanzerizasiyası zamanı radioizotop müşahidəsinin tətbiq olunması marağa səbəb olmuşdu. Yod azlığı edən ərazilərdə saxlanılan heyvanların məhsuldarlığını artırmaq, maddələr mübadiləsini yaxşılaşdırmaq məqsədi üçün qeyd olunan üsuldən istifadə olunması çox yaxşı nəticə verir. Heyvandarlıqda və baytarlıqda tətbiq olunan bu üsul çox geniş maraq doğurmasına səbəbolmuşdur.

V.P.Ostapçuk, A.D.Belov və N.A.Kavalev (1979) radioimmün üsulu ilə heyvanlarda quduzluğun təyin olunmasını işləyib hazırlamışlar. Xəstə heyvanın beynindən götürülüb hazırlanan yaxmada heyvanlara verilən radioaktiv izotopların antitel və antigenlə olan əlaqəni və əmələ gələn radioaktivlik birləşmənin pozulması qeyd olunmuşdu.

Aktiv neytron analizi çox kiçik miqdara malik olan təbii izotopların müxtəlif bioloji materiallarda (qanda, limfa düyünlərində, müxtəlif orqanların toxumasında) ən yüksək hissiy-yatlı yolla təyin olunması əhəmiyyətli üsul kimi qeyd olunur. Bu onunla izah olunur ki, müşahidə olunan material nüvə reaktorlarında neytron kütləsinin təsirinə məruz qalır. Bunun nəticəsində yaranan, radioaktiv parçalanma məhsulları radiokimyəvi və radiometrik müşahidədən keçirilir.

Fiziologiyada, və biokimyada, mikroorqanizmlərin ekologiyasında və bir sıra müxtəlif məsələlərin həllini radioindikator üsulu ilə təyin edilməsimümkün ola bilmişdir. Aktiv maddələrin mikrob kletkasına daxil edilməsi, aktiv birləşmənin əmələ gəlməsinə səbəb olur və mikrobun toxumada necə inkişaf etməsi aydınlaşdırılır.

Mikrob iki yolla təyin oluna bilər bunlardan biri P^{32} , digərləri isə S^{35} -dir. Radioaktiv izotoplar mikrobla birləşərək nəslə ötürülür. Aktiv yetişdirilən mikrob heyvana verildiyindən sonra heyvanlar müxtəlif vaxtlarda kəsilir və mikrobun orqanizmdə yayılma sürəti, yayılma yolları radiometriya üsulu ilə təyin edilir.

Toxuma kulturası və radioaktiv izotoplar ^{32}P , ^{35}S -və karbon ^{14}C - qida mühitinə daxil olunduqda onların virusa necə təsir göstərməsini qeyd etmək olur. Nişanlanmış radioaktiv elementlər virus komponentlərinə və onun çoxalma prosesinə çox aktiv formada daxil olur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, ^{32}P RNT-nin tərkibinə, ammoniyak turşusu isə onun zülal qatına daxil olur.

Radioindikator üsulu ilə entimologiyada milçəklərin, ağcaqanadların və digər həşəratların, patogen mikrob daşıyıcılarının və digərlərinin dövr etmə qanunauyğunluğunun öyrənilməsində bu üsulun böyük əhəmiyyətə malik olması qeyd olunmuşdur. Müxtəlif bioloji materiallarda çox az miqdarda paylanan selen, stronsium, vanadium və s. kimi elementlərin stabil izotoplarını neytron aktivləşdirmə analiz üsulu ilə öyrənmək olur. Üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, əvvəlcə tətbiq olunan bioloji obyekt neytronlar seli ilə aktivləşdirilir, aktivləşmədən sonra radiometr vasitəsilə izotopun növünü müəyyənləşdirmək mümkündür.

Radioaktiv izotopların diaqnostikada və heyvanların müalicəsində tətbiq olunması.

Hal hazırda radioaktiv izotoplardan ürəkdamar xəstəliklərində, yaman keyfiyyətli şişlərin, qan xəstəliyinin, mərkəzi sinir sisteminin, dəridə, qalxanvari vəzidə, həmçinin orqanlarını transplantasiyasında, immunitet yaratmaqda və tibbdə radioaktiv izotoplardan geniş istifadə olunur.

Ürək-damar xəstəliyi zamanı qanın damarlarda dövr etməsi kəskin zəifləyir. Bunu təyin etmək üçün ^{24}Na , ^{131}Y , ^{40}K , ^{32}P izotoplarından istifadə olunur. Sağlam insanların istirahət vaxtı qanın kiçik dövriyyədə 5-6 S, böyükdə isə 12-16 S təşkil edir. Yaman keyfiyyətli şişlərdə şüalardan və radioaktiv izotoplardan istifadə olunması onların bioloji təsirinə görə tətbiq olunur. Enerjisi çoxalan cavan hüceyrələr radioaktiv zədələnmələrə qarşı həssasdırlar. Bu vəziyyət zaman keyfiyyətli və qan doğuran orqanların xəstəlikləri zamanı radioterapiyanın

işlənməsi üçün şərait yaradır. Yaman keyfiyyətli şişlərin lokalizasiyasından asılı olaraq qammaterapevtik cihazının köməyi ilə xarici qamma şüalanması yerinə yetirilir. Əlaqəli təsir etmək üçün dəriyə digər üsullardan da geniş istifadə olunur.

1968-ci ildə A.D.Belov heyvanların göz xəstəliyi zamanı applikatların tətbiq olunma üsulunu işləmişdi. ^{32}P və ^{89}Sr -la yoluxdurulmuş applikatorun köməyi ilə körpələrin və itin göz buynuz qatında baş verən yoluxma və yaralar zamanı diaqnozun qoyulmasında çox müsbət nəticə alınmışdı. Bir dəfəlik doza 50-100 R, tam müalicə üçün 200-2000 R təşkil edir. Müəllif fosforun aşağı dozasını (0,01 Miki/kq) sümüyün sınımış sahəsinə tətbiq edərək sümüyün və mineral mübadilələrin bərpasının tezləşməsinə nail olmuşdur.

Rentgen və qamma şüasının stimullaşdırıcı təsirindən toyuqların təsərrüfat əhəmiyyətlilik keyfiyyətini artırmaqdan ötrü istifadə etmək olar.

Bioloji sahələrin xassəsindən və şüalanma dozasından asılı olaraq ionlaşdırıcı şüalanmanın stimullaşdırıcı, konservləşdirici mutagen və terapevtik təsirə malik olması aydınlaşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, ionlaşdırıcı şüalar bitkilərin kübrələri yaxşı mənimsəməsinə və məhsuldarlığın artmasına böyük təsir göstərir.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, ionlaşdırıcı şüalar müxtəlif bakteriya və viruslara öldürücü təsir etmə xassəsinə malikdir. Bununla əlaqədar olaraq ərzaq məhsullarının sterilizə edilməsi və konservləşdirilməsində ionlaşdırıcı şüalanmadan geniş istifadə olunur. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə zülallarda nuklein və amin turşularında, yağlarda və karbohidratlarda bir sıra dəyişikliklər əmələ gəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, şüalanmanın dozası sterilizasiya üçün tələb edilən doza miqdarında olduqda məhsulun keyfiyyətində dəyişikliklər qeyd olunmur və qidalılıq keyfiyyəti dəyişmir, bundan başqa məhsullarda insan orqanizmi üçün zərərli olan toksiki maddələr əmələ gəlmir. İonlaşdırıcı şüalarla sterilə olunmuş ət məhsullarını uzun müddət saxlanılmaqla keyfiyyətində dəyişikliyin baş verməməsi, kartof və digər tərəvəz bitkilərinin

uzun müddət saxlanılan zaman onların keyfiyyətində dəyişiklik müşahidə olunmur.

İonlaşdırıcı şüaların cinsiyyət hüceyrəsinə təsiri zamanı orqanizmin irsi əlamətlərini özündə saxlayan və daşıyan dezoksiribonuklein turşusunda (DNT) müəyyən dəyişikliklər baş verir. Xromosomlarda baş verən dəyişikliklər yeni nəslin şikəst yaranmasına səbəb olur. Mütasiyaların yaranma tezliyi şüalanmanın növündən və dozasından, orqanizmin bioloji xüsusiyyətindən, xarici təsir amillərindən asılı olaraq dəyişir.

Tibdə ionlaşdırıcı şüalanmadan bir sıra xəstəliklərin, o cümlədən yaman şişlərin, qanyaradan orqanların, bəzi qan və dəri xəstəliklərinin və s. müalicəsində müvəffəqiyyətlə istifadə edilir. Alınan nəticələrin böyük iqtisadi əhəmiyyət daşıdığı sözlənir.

IX FƏSİL

TƏBİİ RADIOAKTİV ELEMENTLƏRİN TORPAQDA VƏ BİTKİLƏRDƏ DÖVRİYYƏSİ.

Təbiətdə torpağın radioaktivliyi ən əsas uran, radium və kalium (K^{40}) saxlama miqdarından asılıdır. Müxtəlif tərkibli torpaqlarda təbii radioaktiv izotopların miqdarı dəyişikliyə uğrayır. Torpağın özündə saxladığı radioaktiv kaliumun miqdarını torpağın özündə ehtiyat halında olan kaliuma əsasən hesablamaq olar. Yüngül qumsal torpaqlarda ehtiyat kaliumun miqdarı 0,33%, gillicəli torpaqlarda isə 2,64% təşkil edir. Təbii radioaktiv izotopların torpaqda dövr etməsi əsas torpağın əmələgəlmə müddətindən asılıdır. Yenidən əmələ gəlmiş turş torpaqlarda radioaktiv maddələrin miqdarı, əsas torpaq süxurlarına nisbətən daha çoxluq təşkil edir. Mexaniki tərkibcə daha ağır olan torpaqlarda radioaktiv izotopların miqdarı, mexaniki tərkibi yüngül olan torpaqlara nisbətən daha çoxdur. Təbii radioaktiv izotoplar gilli, çimli-çəmənli və su basmış sahələrin torpaqlarında yüksək miqdarda qeyd olunur. Torflubataqlıq torpaqlarda, xüsusilə torflu hissədə təbii radioaktiv elementlərin miqdarı azlıq təşkil edir. Torium izotopu üstü torfla örtülmüş bataqlıqda $4^{-8}:10^{8}\%$, radium isə (0,8-2,2) $10^{-18}\%$ təşkil edir.

V.İ. Baranova görə, 1 q torpaqda təbii radioaktiv izotop uran, radium, torium və kaliumun şüalanma enerjisinin cəmi bir saniyədə-4,0128 MeV-olur. Alfa (α) şüasının enerjisi 65%, betta (β) şüasının enerjisi isə 7% təşkil edir. Torpağın betta şüalanması əsas kalium (K^{40}) hesabına yaranır.

Uran, radium və torium izotopları sırasında torpaqdan bitkiyə ən çox dövretmə qabiliyyətinə malik olanı radium elementidir. Bitkiyə daxil olmuş radioaktiv maddənin çox hissəsi onun kökünə toplanır. Bu aşağıdakı cədvəldə daha aydın verilmişdir.

Cədvəl 9. Bitkidə radiumun miqdarı.

Bitkilər	Bir qram quru maddədə radiumun miqdarı $q(X \cdot 10^{-12}\%)$	Kök hissəsinə nisbətən torpağın üst hissəsində radiumun miqdarı	
	Torpağın üst hissəsində	Kökündə	
Paxlalı bitkilərdə	1,5	30,0	3,8
Kələmin yarpağında	1,2	18,6	6,3
Buğdada	1,7	17,2	9,9

Radiumun bitkinin yerüstü və kök sistemində toplanması fərqi bitkinin bioloji xüsusiyyətindən asılıdır. Ən yüksək radioaktiv radium qabaq və tərəvəz bitkilərinin tərkibində daha üstünlük təşkil edir.

Təbii radioaktiv izotopların torpaqdan bitkiyə keçmə ardıcılığını qiymətləndirmək üçün, adətən bioloji toplanma əmsalından istifadə olunur. Bu da aşağıdakı qaydada yazılır:

$$T_{\text{əms}} = \frac{\text{İzotopun bitkidə toplanması (bir kq küləşdə mq-la)}}{\text{İzotopun torpaqda toplanması (bir kq torpaqda, mq-la)}}$$

Radioaktiv izotopların torpaqdan bitkiyə keçməsi bitkidəki qatılıq əmsalı ilə və yaxud toplanma miqdarı ilə qiymətləndirilə bilər.

Uran, radium və toriumun toplanma əmsalı ($T_{\text{ə}}$) bu elementlərin bitkinin bir kq quru çəkisində olduğu fərqi göstərir.

$$T \text{ əms} = \frac{\text{İzotopun bitkidə miqdarı (bir kq quru mad.mkq-a)}}{\text{İzotopun torpaqda miqdarı. (bir kq quru torpaqda, mkK)}}$$

Radioaktiv izotopları bitkidə və torpaqda təyin edən zaman yaxşı olar ki, onlar ümumi çəkidən xüsusi çəkiyə endirilsin (üsul laboratoriya dərində daha geniş izah ediləcəkdir).

Cədvəl 10. Uranın bitkidə paylanması (B.S.Pristeruya görə)

Bitkilər	Bitkinin hissələri	Uranın miqdarı			
		1kq maddədə, mkq-la	1kq küldə mkq-la	Toplama əmsal	Bioloji mənimsənilmə əmsalları
Arpa	Dəində	70±20	2550	2,3	1,4
	Küləşində	130±30	2350	4,2	1,3
	Gövdəsində	40 ±20	1470	1,3	0,8
Kartof	Kökündə	100± 50	880	3,4	0,5
Kələm	Yarpağında	50 ±20	470	1,5	0,3

Radioaktiv parçalanma məhsullarının yarpaqdan bitkiyə daxil olması.

Atmosferdən yer səthinə enən radioaktiv izotoplar ilk əvvəl bitkinin yarpağına sonra isə bitkiyə daxil olur. Bitkinin böyümə və bar vermə hissəsinin mexaniki çirklənmə zamanı radioaktiv parçalanma məhsullarından bir neçəsi bitki toxuması tərəfindən mənimsənilərək yağış tərəfindən çox zəif yuyulur.

Radioaktiv izotopların və digər kimyəvi birləşmələrin bitkiyə onun yarpağından keçməsi təcrübə yolu ilə öyrənilmişdir. Aparılan tədqiqat nəticəsində kökdən kənar yemləmə zamanı bir sıra bioloji aktiv maddələri yarpaq tərəfindən mənimsənilməsi qeyd olunmuşdur.

Bitkilərin yerüstü orqanlarının adi izotoplarla çirklənmə ölçüsü hava şəraitindən və meteroloji vəziyyətdən çox asılıdır. Bundan əlavə radioaktiv parçalanma məhsullarının sorulma həcmi izotopun kimyəvi tərkibindən və digər faktorlardan çox asılıdır.

Radioaktiv parçalanma məhsullarının bitkinin orqanizminə keçməsində onun atmosferdə ki, dövriyyəsi çox böyük əhəmiyyət daşıyır.

Ətraf mühitin radioaktiv maddələrlə çirklənmə mənbələri. Belə mənbələrə hazırda aşağıdakıları aid etmək olar: Uran sənayesi, müxtəlif tipli nüvə rektorları, radiasiya kimya sənayesi, radioaktiv tullantılar emal edilən və basdırılan yerlər, xalq təsərrüfatından radionuklidlərdən istifadə olunması, nüvə partlayışları.

Bitkinin yarpaq tərəfindən və digər yerüstü orqanlardan mənimsənilən radioaktiv parçalanma məhsulları bitki gövdəsinə keçərək dövriyyəyə daxil olur və bar verən hissəyə, oradan isə məhsula keçir. Radioaktiv izotopların bitkidə dövr etmə ardıcılığı, radioaktiv parçalanma məhsullarının kimyəvi tərkibindən asılıdır. Bitki orqanizminə ən intensiv toplanan izotoplardan seziyum, rubidium, yod, itrium, ən zəif daxil olan isə stronsium, kükürd, civə, sirkonium və bariumdur.

Bu izotoplar içərisində ən hərəkətli seziyum-137-dir. Bu izotop bitkinin yarpağına düşdükdən sonra tezliklə bitkinin gövdəsinə daxil olaraq yüksək qatılıqda, kartofun kökünə, xiyar və pomidorun məhsuluna toplanır.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, radioaktiv elementlərin bitki orqanizmindən məhsula toplanması bitkinin bioloji xüsusiyyətindən çox asılıdır.

Yarpaq vasitəsilə ən az miqdarda bitkiyə daxil olan stronsium və seziyum özlərini analoqları olan kalium və kalsium kimi aparırlar.

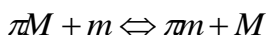
Məlum olduğu kimi kalium bitkidə hərəkətinin yüksək olması ilə kalsiumdan fərqlənir. Yarpaq üzərinə düşən kalium tez bir zamanda toxumaya daxil olur və qısa bir zamanda bitki orqanizmində kaliuma nisbətən tezliklə dövriyyəyə daxil olur.

Yarpağa düşmüş radionuklidlər parçalanma məhsulları yaşama dövründən asılı olaraq bitkinin bütün inkişaf müddətində dövriyyəyə girir və normadan artıq olduğu halda onun məhsuldarlığına təsir göstərir. Bitkinin inkişaf fazasında gövdədə radioizotopların saxlanması yüksəlsə, bitkinin boy inkişafına təsir göstərir və onun bar vermə xüsusiyyətini zəyiflədir.

Torpağın aqrokimyəvi xüsusiyyətindən asılı olaraq radioaktivparçalanma məhsullarının dövriyyəsi.

Məlum olduğu kimi hər bir torpaq təbii halda müəyyən miqdarda Ca, Mg, H, Na, K, NH₄ və Al anionlar saxlayır. Torpaqların əksəriyyətində qeyd olunan elementlərdən Ca-üstünlük təşkil edir, ikinci yerdə isə Mg durur. Bir sıra torpaqlarda bunlara nisbətən bir qədər az H, Na, K və NH₄ elementi təşkil edir.

Radionuklidlərin torpaqda olan komponentlərlə əlaqə xassəsini aşağıdakı əvəzetmə reaksiyası şəklində yazmaq olar:



Burada:

M-birləşməyə daxil olan elementin ionları;

m- parçalanma məhsullarının ionları;

Π-mənimşənilən qarışıqlar.

Radioaktiv izotopların məhlulda miqdarı, adətən çəki ilə yox parçalanmaların sayı ilə qeydə alınır.

Radioaktiv parçalanma məhsullarının torpaqda mənimşənilmə xüsusiyyətini izah etmək üçün bəzən torpağın bərk və sulu mühit arasındakı paylanma əmsalından istifadə edirlər:

$$\pi_{\circ} = \frac{a_0 - a_1}{a_1} \cdot \frac{V}{d}$$

Burada:

a_0 - a_1 məhlulun mənimsənilənə qədər və mənimsənildikdən sonrakı aktivliyi;

V-məhlulun həcmi;

d-məhlulun çəkisi

P a y l a n m a ə m s a l ı 1 q torpaqda mənimsənilmiş radioaktiv izotopun, məhsulla torpaq arasında bərabərlik əmələ gəldikdən sonra, 1 ml məhlulda qalan radionuklidin nisbətidir.

Torpaq tərəfindən mənimsənilmiş stronsium -90 və sezium-137 izotoplarının xaric olma qabiliyyəti müxtəlif torpaqlarda eyni deyil, bu proses ən yüksək gilli-qumsal və qırmızı torpaqlarda, ən az isə karbonla zəngin olan otlaqaltı torpaqlarda qeydə alınır. Yüksək humus saxlayan torpaqlar radioaktiv parçalanma məhsullarını, özlərinə yüksək miqdarda mənimsəyir.

Torpağa üzvi maddələr verilən zaman radioizotopların torpaq tərəfindən möhkəm mənimsənilməsinə artırır. Belə ki, əhəng verilmiş torpaqlardan Sr-90 və Se-137 izotoplarının xaric olunması, əhəng verilməyən torpaqlara nisbətən azlıq təşkil edir.

Uzun müddət ardıcıl olaraq üzvi maddələrin peyinsiz torpağa verilməsi, torpaq tərəfindən mənimsənilən radioizotopların birləşmə möhkəmliyində dəyişiklik yaratmır.

Peyinin üzvi maddə ilə bir yerdə uzun müddət torpağa verilməsi mikro maddələr stronsium -90, sezium-137, kükürd-144 və kobalt-60 izotoplarının torpağa birləşmə möhkəmliyini artırır. Məsələn, mineral maddələrlə birlikdə, torpağa uzun müddət peyin verilərsə, stronsium -90 izotopunun torpaqdan zəif xaric olması qeyd olunur. Bu proses aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 11. Verilmiş radioizotopların qumsalgilli torpaqlardan xaric olma faizi

Gübrələr	Sr-90			Se-137	Ce-144		Co-60	
	CaCl	KCl	CaCl	KCl	CaCl ₂	KCl	CaCl ₂	KCl
O	91,7	88,6	1,2	9,2	30,8	4,7	6,69	32,4
PK	84,1	95,4	0	52,2	0,4	2,7	9,2	35,8
PK+peyin	62,5	2,9	0	44,2	11,5	0	2,0	15,7

Cədvəldən aydın olur ki, peyinin mineral maddələrlə birlikdə torpağa verilməsi kükürd -144 izotopunun torpaqdan zəif xaric olmasına səbəb olur. Beləliklə, peyinin uzun müddət torpağa verilməsi, sorulmuş radioaktiv izotopların torpağa möhkəm birləşməsinə səbəb olur.

Radioaktiv parçalanma məhsullarının torpaq tərəfindən mənimsənilməsinə torpağın mexaniki və mineraloji tərkibinin təsiri.

Radioaktiv parçalanma məhsullarının torpağa sorulması, az da olsa torpağın mexaniki tərkibi ilə təyin olunur. Bu asılılıq torpağın sorulma tutumu ilə onda olan narin hissəciklərdən asılıdır. Ən narin hissəciklərin müqayisə olunma qabiliyyəti torpağın üst hissəsindəki miqdarı ilə ifadə olunur. Hissəciklərin ölçüsünün azalması, onların bir kq torpaqda miq-darının artmasına səbəb olur.

Az miqdarda radioseziumun sorulmasında, ən böyük əhəmiyyət daşıyan torpaq hissəciklərinin mineral tərkibidi, belə ki, torpaq hidrogen peroksidlə işlənən vaxt və işləndikdən sonra Cs-137 izotopunun ionlaşma miqdarında fərq azlıq təşkil edir.

Müxtəlif miqdarda tətbiq olunan mineral maddələr radioseziyumun torpaqda birləşmə möhkəmliyinə nisbətən dövrüyyə miqdarına güclü təsir göstərir.

Cədvəl 12. Əsas kənd təsərrüfatı bitkiləri üçün məsləhət görülmüş gübrələrin dozası

Bitkilər	Hektara/tonla			Uzvi gübrələr (hektara 1 kq)		
	əhəng	Peyin	Torf	Azot	Fosfor	Kalium
Buğda	10	40	60	80-100	220-250	180-200
Vələmir	10	40	60	80-100	220-250	180-200
Arpa	10	40	60	80-100	220-250	180-200
Paxlalı bitkilər						
Noxud	10	40	60	60-80	220-250	180-200
Vika	10	40	60	60-80	220-250	180-200
Kartof	6	40	60-100	80-100	220-250	180-200
Başqa tərəvəzlər	6	50	100	80-100	220-250	180-200
Yonca və pişikquyruğu	6	30-40	60	60-80	220-240	180-200
Təbii otlar	3	20-30	40-60	45	60	60
Boz və şabalıdı torpaqlara						
Buğda	-	20-30		100	90-100	90-100
Qarğıdalı	-	20-30		100	90-100	90-100
Kartof	-	20-30		100	180-200	180-200
Pambıq	-	20-30		100	90-100	180-200
Lobyə	-	20-30		100	90-100	180-200

Xırda qum və iri toz fraksiyasından, KCl-in məhlulunun təsiri ilə seziyum -137 izotopunu tezliklə xaric etmək mümkün olur. Hissəciklərin ölçüsünün kiçildilməsi bu izotopların birləşmə möhkəmliyini artırır. Radioseziyumun ən yüksək

birləşməsi gilli torpaqların fraksiyasında qeyd olunur. Az miqdarda sorulmuş radioaktiv seziyum ən əsas torpağın mexaniki və mineral hissəsində birləşir.

Qum fraksiyasına nisbətən toz fraksiyası, seziyum-137 izotopunu daha çox qəbul edir. Ən yüksək seziyum, torpağın lil fraksiyasında qalır, hansı ki, həmin torpaq ammonium xlorla (NH_4Cl) beş dəfə işlədildikdən sonra da çıxarılması mümkün olmur.

Qaratorpaq zonasında stronsium -90-nın və seziyum -137-nin torpaqdan məhsula keçməsinə azaltmaq məqsədi ilə üzvi gübrələrin tətbiq olunması məqsədəuyğun deyildir.

Stronsium-90 və seziyum 137 -izotoplarının kalium və kalsiuma görə torpaqda dövriyyəsi.

Stronsium -90-nın torpaqla qarşılıqlı təsirindən ana nəsil ilə qız nəsil arasında tarazlıq pozulur. Torpaq tərəfindən itrium-90, stronsium 90-na nisbətən daha intensiv mənimsənilir.

Kalium xlorid məhlulundan stronsium-90 və kalsium-45 torpağa sovrulması bunların arasındakı münasibətdə dəyişiklik yaratmır. Kalium xlor məhlulu ilə işlənmiş torpaqlarda seziyum-137 və kalium-42-nin torpaq tərəfindən mənimsənilməsinin kalsiuma nisbətən daha intensiv getməsi qeyd olunur.

Torpağın mexaniki və mineraloji tərkibindən asılı olaraq stronsium- 90 və seziyum -137-izotoplarının bitkilərə daxil olması.

Torpağın aqronometrik tərkibi məlum dərəcədə onun mənimsəmə qabiliyyətini təyin edir. Yüngül qronometrik tərkibi olan torpaqlar, qara tərkibli torpaqlara nisbətən az mənimsəmə qabiliyyətinə malikdir. Ona görə də radionuklidlərin torpaqdan bitkiyə keçmə miqdarı ən çox torpağın qronometriki tərkibindən asılıdır. Məsələn, stronsium-90 elementi ağır gilli çimli torpaqlardan, yüngül gilli çimli podzol torpaqlara nisbətən bitkinin tərkibinə 2-3 dəfə az keçir.

Torpağın mexaniki tərkibi sezium-137-nin, stronsium-90-na nisbətən bitkiyə keçməsinə daha çox təsir göstərir.

Stronsium -90 və sezium -137-nin kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsullarına keçməsində torpağın lil fraksiyasının əhəmiyyəti vardır.

Aparılan müşahidələr nəticəsində müəyyən olmuşdur ki, radionukleidlərin bitkiyə daxil olması əsasən torpağın fraksiyasından asılıdır. Beləliklə, torpağın mexaniki fraksiyası nə qədər xırda olsa, radiostronsiumun bitkiyə keçmə miqdarı da bir o qədər azalır. Çimli podzolu, xırda qumlu və qara torpaq fraksiyası kənd təsərrüfatı məhsullarının tərkibində stronsium-90 elementinin toplanmasına bir qədər təsir göstərmir.

Cədvəl 13. Vələmirdə stronsium -90-nın miqdarı

Təcrübənin sxemi	1 qr quru maddədə Sr-90 M Kuri ilə		Sr-90, milli/Kuri ilə	
	Kvarslı qumda	340,8	30,4	32,7
Xırda qumda	311,3	30,4	24,3	19,7
Iri torpaqda	226,7	14,7	17,5	11,2
Orta torpaqda	251,8	11,9	12,1	9,1
Xırda torpaqda	142,1	8,3	11,7	6,4
Lildə	93,3	7,0	8,1	5,9
Xırda qumda	290,2	27,4	29,3	19,8
İri torpaqda	283,3	25,7	25,5	18,7
Orta torpaqda	276,6	22,5	21,4	15,8
Xırda torpaqda	250,8	16,7	20,6	11,5
Lildə	122,5	10,7	12,6	9,3

Lil fraksiyalı torpaqlar radiostronsiyumun torpaqdan bitkiyə keçməsinə daha çox aşağı salır. Qumlu torpaqlara qara torpaqlardan alınmış fraksiya əlavə edilərsə bitkinin dənində stronsium-90-nın miqdarı 3-4 dəfə, çimli podzolu torpaqlardan alınmış fraksiya əlavə edilərsə bitkinin dənində stronsium -90-nın miqdarı 3 dəfə aşağı düşür.

Qumlu qara torpaqlara lil fraksiyası əlavə edən zaman vələmirin məhsulunda, çimli podzol torpaqlara nisbətən stronsium -90-nm miqdarı daha çox azalır. Fraksiyanın tərkibindəki mübadilə kalsiumu, humusla bitkiyə daxil olan stronsium-90-la tərs mütənasib olur. Bu parametrlər arasındakı korelyasiya əmsalı-0,68-dən -0,737-yə qədər dəyişilə bilər.

Stronsium -90-dan fərqli olaraq ölçüsü 0,25 mm-dən - 0,001 mm-ə qədər və bundan aşağı olan mexaniki fraksiya, radio-seziyumun bitkiyə keçməsinə azaldır. Kənd təsərrüfat bitkilərində seziyum -137 izotopunun saxlanması azalması və bunların məhsula keçmə miqdarının aşağı düşməsi, torpağın mexaniki fraksiyası ilə birbaşa asılılıq təşkil edir.

Xırda və iri qumlarla təsir edən zaman vələmirin dənində və küləşində seziyum-137-nin dozasını azaltmaq olar. Orta və xırda toz fraksiyası bitkilərdə bu radionuklidlərin daha çox azalmasına təsir göstərir. Lil və qum fraksiyası daxil edən zaman, radioseziyumun vələmirin məhsulunda ən aşağı miqdarda toplanması qeydə alınır.

Lil fraksiyası variantında dəninin bir qram çəkisinə düşən seziyum-137 elementinin toplanması, kvarslı qumda yetişdirilmiş bitki məhsuluna nisbətən təxminən 9 dəfə azlıq təşkil edir.

Stronsium -90-nın kənd təsərrüfatı bitkilərinə keçməsinin torpaqda davamlı stronsiumun olmasından asılılığı, davamlı stronsiumun dozası, torpağın tərkibi və bitkinin bioloji xüsusiyyətləri ilə təyin olunur.

Cədvəl 14. Vələmirin dənində seziyum-137-nin kaliuma görə dövriyyəsi.

Mühit	Dənin 1 qr quru maddəsində seziyum-137 mküri	Bitkidə str.vahidi $D_{\theta} = \frac{\text{-----}}{\text{torpaqda str. vahidi}}$	
		Küləşdə	Dəndə
Kvarslı qumda	127	0,054	0,057
Xırda qumda	94	0,036	0,047
İri torpaqda	72	0,037	0,038
Orta tozda	69	0,033	0,039
Xırda tozda	33	0,024	0,019
Lildə	←	0,006	0,009
Qara podzolu torpaq fraksiyası əlavə edilmiş qum:			
Xırda qumda	87	0,041	0,043
İri torpaqda	75	0,032	0,040
Orta torpaqda	56	0,029	0,028
Tozda	48	0,023	0,023
Lildə	12	0,006	0,008

Seziyum -137-nin bitkiyə keçməsi torpaqda davamlı azotun miqdarından əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Davamlı seziyumun torpağa verilməsi radioseziyumun bitkilər tərəfindən mənimsənilməsini gücləndirir. Seziyum-137 torpaqdan bitkiyə zəif keçir, amma torpaqda davamlı izotopun az da olsa artırılması radioseziyumun məhsulda yığılmasını güclü dərəcədə çoxaldır, bununla da insanlar və heyvanlar üçün təhlükə artır. Seziyum-137-nin torpaqdan bitkiyə keçməsinə davamlı izotopların tə-siri, onun torpaqda sorulmasının xüsusiyyətləri ilə asılılıq təşkil edir. Davamlı seziyumun torpağa əlavə edilməsi, dövriyyədə olan seziyumun miqdarının bitkiyə keçməsinə gücləndirir.

Cədvəl 15. Buğda məhsulunda stronsium -90-nın miqdarı.

Torpaqlar	1 kq Torpaqda stronsium-90- in dozası mq	1 qr quru maddədə n K _ü		1 qr kalsiuma görə stronsium -90-ın milli K _ü miqdarı	
		küləşdə	dəndə	küləşdə	dəndə
Çimli- podzollu	0	558,3	37,4	90,0	35,0
Qumsal torpaqlar	0,130	649,8	32,0	67,0	39,0
	0,260	666,6	30,3	70,9	28,1
	0,390	931,4	31,7	35,4	21,1
Çimli- podzollu	0	161,2	9,7	24,4	8,8
Orta gilli torpaqlar	0,130	170,3	10,3	26,2	14,3
	0,260	123,7	8,9	17,9	6,8
	0,390	155,7	7,7	16,9	6,4

Stronsium -90 və Seziyum -137 izotopunun torpaqdan bitkilərə daxil olması

Radioaktiv parçalanma məhsullarının düşdüyü mühitdən (sudan, torpaqdan və havadan) asılı olaraq eyni miqdarda bitki orqanizminə daxil olur. Radioaktiv izotop su mühitindən bitkiyə daha çox, qumsal torpaqlardan buna nisbətən bir qədər az, ən az isə gil tərkibli torpaq mühitindən mənimsənilir. Radioaktiv izotoplar, xüsusi ilə stronsium-90 və seziyum -137 elementləri müxtəlif tərkibli torpaqlardan eyni səviyyədə mənimsənilə bilmirlər.

Radioaktiv stronsiumun bir bioloji dövriyyədən başqasına daxil olması bir sıra şərtlərlə izah olunur, onlardan biri kalsiumun bioloji dövriyyədə müəyyən miqdarda olmasıdır. Radioaktiv stronsium öz kimyəvi xassəsinə görə kalsiuma yaxın olduğu üçün bioloji mühitdə onların münasibəti çox vaxt uyğun gəlir. Bu elementlərin bitkilərdə dövr etmə

intensivliyi demək olar ki, eynidir və onların bitki tərəfindən mənimsənilməsi hər iki elementin ümumi qatılığından və həmçinin onların ayrı-ayrılıqda xarici mühitdə qatılıq cəminin nisbi tərkibindən asılıdır. Stronsium və kalsium orqanlarda və toxumalarda eyni miqdarda toplanır və xarici mühitdən asılı olaraq aralarında qeyri bərabərlik yaranır.

Xarici mühitdə, bitkilərdə stronsiumun kalsiuma olan nisbəti torpaqda hərəkət edən kalsiumun miqdarı ilə ölçülür. Beləliklə stronsium və kalsiumun torpaq, bitki, heyvan bioloji, döyriy-yəsində münasibətləri bu elementlərin torpaqdan digər sahələrə daxil olması yalnız sahə vahidinə düşən stronsiumun miqdarından deyil, həmçinin torpaqda hərəkət edən kalsiumun miqdarı ilə ölçülür. Buna görə stronsium-90-nın biosferada hərəkət etməsinin miqdarca qiymətləndirilməsi, adətən kalsiumun dövriyyədə bir sahədən digər sahəyə keçməsi ilə qiymətləndirilir.

Bioloji dövriyyənin digər sahəsində bir qram kalsiuma düşən stronsium -90-nın miqdarı əvvəlki sahəyə nisbətən azalığ təşkil edir.

Stronsium -90-nın və kalsiumun torpaqdan bitkiyə keçməsinə torpağın xüsusiyyətləri, xüsusi ilə torpaqda mübadilədə olan kalsiumun tərkibi, bitkinin bioloji xüsusiyyəti və digər faktorları təsir göstərə bilər. Torpaqda dövriyyədə olan kalsiumun miqdarı nə qədər artıq olarsa stronsium-90 -nın kalsiuma görə nisbətən kəskin aşağı düşür.

Bir sıra hallarda kalsiuma görə radioaktiv stronsium bitkiyə zəif daxil olur, yəni

$$D_{\text{Sr-90/ca}} = \frac{\text{Sr-90/ca görə bitkidə}}{\text{Sr-90/ca görə torpaqda}}$$

nisbəti vahiddən kiçik olur. Bu nisbət bitkinin dənində çox halda küləşə nisbətən azlıq təşkil edir, ona görə də kalsiuma görə stronsium 90-nın bitkiyə zəif daxil olması müşahidə olunur, bu

onu göstərir ki, stronsium ən çox bitkinin yer üstü hissəsində yığılır.

Paxlalı və yabanı bitkilərin küləşində, köklü bitkilərdə və giləmeyvəli bitkilərin yer üstü hissəsində hər kiloqram çəkiyə düşən stronsiumun miqdarı qeyd olunan bitkilərin məhsuluna nisbətən bir qədər üstünlük təşkil edir.

Cədvəl 16. Stronsium-90-nın, kalsiuma görə bitkidə, stronsium-90-nın kalsiuma görə torpaqda olan nisbəti

Bitkilər	1 q quru maddədə Sr-90-nın miqdarı N.Küri	1 q kalsiuma görə Sr-90MkKüri	Bitkidə Sr-90-nın ölçü vahidi torpaqda Sr-90-nın ölçü vahidi
----------	---	-------------------------------	--

Orta gilli torpaqlarda

Buğda küləşində	97,5	7,8	0,47
dən	4,5	6,3	0,38
Noxud küləşində	491,0	10,0	0,60
dəndə	8,5	5,3	0,32
Çuğundurun yerüstü hissəsində	343,5	7,2	0,43
kökündə	37,0	1,6	0,70
Kartofun yerüstü hissəsində	211,0	2,9	0,44
kökündə	7,0	3,9	0,23
Şoranlığı azaldılmış torpaqlarda			
Buğda küləşində	10,0	1,0	0,59
dənində	0,5	0,6	0,35

Əgər stronsiumun bitkidə miqdarı kalsiuma görə ifadə edilərsə kəskin fərq müşahidə olunmur, onu da qeyd etmək lazımdır ki, 1q kalsiuma görə stronsiumun miqdarı, çuğundurun, turpun və kartofun kökündə, yerüstü hissəsinə nisbətən üstünlük təşkil edir. Bu da mübadilə prosesində iştirak etməsində bir o

qədər əhəmiyyət daşıyır. Qida məhsulu ilə insan orqanizminə və yemlə heyvanların mədə bağırsağ sisteminə düşən stronsiumun miqdarı yalnız 1 kq yemin və ərzağın saxladığı radioaktiv stroinsiomun kalsiuma olan nisbəti, qeyd olunan qida məhsullarında stronsium vahidinin böyüklüyü ilə təyin olunur.

Stronsium-90-nın, kalsiuma görə bitkidə, stronsium-90-nın kalsiuma görə torpaqda olan nisbəti aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Yem çuğunduru ilə stronsiumun heyvan orqanizmasına daxil olması onun yerüstü hissəsinə nisbətən yarpaq vasitəsi ilə üstünlük təşkil edir və bu proses ardıcıl gedir.

Seziyum-137 və kalsiumun torpaqda və bitkidə dövriyyəsi

Radioaktiv seziyumun torpaq və bitki dövriyyəsində öyrənilməsinə bəzi hallarda kaliumun bu sistemdə özünü aparması ilə əlaqələndirirlər. Seziyum -137-nin torpaqdan bitkiyə keçməsi, bu torpaqda olan kaliumun miqdarından asılıdır. Seziyum-137 izotopunun bitkinin ayrı-ayrı orqanlarında paylanması və onun dövriyyəyə daxil olması kaliumun həmin bitki orqanizminin daxilində hərəkətindən asılılığı ilə izah olunur.

Kaliumla zəngin olan bitkilər özündə yüksək miqdarda radioseziyum saxlayır. Məsələn, eyni şəraitdə yüksək miqdarda kalium saxlayan kartofda və çuğundurda, buğda və noxudda nisbətən çox radioseziyum ola bilər.

Aparılan tədqiqatlar zamanı müəyyən olub ki, noxudun dənində kalium və seziyumun miqdarı, buğdanın dəninə nisbətən üstünlük təşkil edir. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, torpaqdan bitkiyə daxil olması və onun ayrı-ayrı orqanlar arasında paylanması zamanı kalium və seziyum-137 arasında uyğunluq müşahidə olunur. Ona görə də ayrı-ayrı bioloji sahələrdə seziyum-137-nin miqdarı kaliumun nisbəti ilə ölçülür.

Radioseziyumun və kaliumun torpaqdan bitkiyə keçməsi zamanı seziyum-137-nin kaliuma nisbətən çox dövr etməsi

müşahidə olunur. Torpaq bitki dövriyyəsində seziyum-137-nin dövr etmə əmsalı kaliyuma nisbətən adətən ədədin mində və yaxud yüzdə birini təşkil edir. Bu onu sübut edir ki, radioseziyum torpaqla münasibətdə möhkəm sorulma xassəsinə malikdir, bu da seziyumun mikro miqdarı ilə kaliyumun mikro miqdarı arasında olan bərabərliyi pozur.

Seziyum-137-nin torpaqdan bitkiyə keçərkən dövr etmə əmsalı kaliyuma nisbətən, torpağın tərkibindən, bitkinin və onun orqanlarının xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişir. Buğda və noxud arasında seziyum-137-in paylanma əmsalı aşağıdakı formula ilə qeyd olunur.

$$\text{Də} = \frac{\text{Buğdada Seziyum-137/K-görə}}{\text{Noxudda Seziyum-137/K-görə}}$$

Seziyum-137-nin dövriyyəsi kaliyuma nisbətən buğda, vələmir və noxud dönində üstünlük, bitkilərin quru hissəsində isə azlıq təşkil edir. Bu onu göstərir ki, radioseziyumun torpaqdan bitkiyə keçərkən kaliyuma nisbətən yalnız azlıq təşkil etmir, həm də bitkidə kaliyuma nisbətən zəif hərəkət edir.

Bitkidə seziyumun vahidi, torpaqda olan seziyum vahidinə olan nisbəti, çuğundurun yarpağına, kökünə nisbətən çoxluq təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, radioaktiv seziyum, noxud və buğda bitkilərində kaliyuma nisbətən zəif dövriyyədə iştirak edir, amma çuğundurun kökündən yarpaq hissəsinə daxil olması kaliyuma nisbətən sürətlə hərəkət edir. Bitkilərdə və torpaqda seziyum-137 kaliyuma nisbətən nəzərə çarpacaq səviyyədə üstünlük təşkil etmir.

Cədvəl 17. Seziyum-137-nin kaliyuma görə bitkidə, seziyum-137-nin kaliyuma görə torpaqda nisbəti

Torpaq	Yonca		Pişikotu			
	Bitkinin 1 quru çəkisində Se-137-nin miqdarı HKüyri	Bitkidə 1 q kalsiuma görə Se-137-di MkKur	Bitkidə seziyum vahidi, torpaqda seziyum vahidi	Bitkinin 1 quru çəkisində Se-137-nin miqdarı HKüyri	Bitkidə 1 q kalsiuma görə Se-137-di MkKur	Bitkidə seziyum vahidi, torpaqda seziyum vahidi
Zəif qumsal	37,3	1,7	0,0037	20,9	0,7	0,0017
Orta gilli	17,6	1,0	0,0085	26,1	1,2	0,0097
Ağır gilli	16,3	0,9	0,0032	14,1	0,6	0,0022

Müxtəlif növ torpaqlardan stronsium-90 və seziyum-137 izotoplarının bitkilər tərəfindən mənimsənilməsi.

Bitkilərin kök vasitəsi ilə torpaqdan radioaktiv izotoplarla çirklənməsi hər şeydən əvvəl ətraf mühitin, torpaq örtüyünün xüsusiyyətindən asılıdır. Radionuklidlərin bitkiyə daxil olma səviyyəsi torpağın növündən də çox asılıdır. Müxtəlif növ torpaqlarda yetişdirilmiş bitki məhsullarında stronsium-90-nin miqdarı nəzərə çarpacaq səviyyədə qeyd olunmur. Stronsium-90-nin bitkilərə toplanması ən çox gilli torpaqlarda, bir qədər az meşə torpaqlarında, şabalıdı torpaqlarda, ən az isə qara torpaqlarda qeydə alınır.

Seziyum-137 izotopunun, stronsium-90-na nisbətən torpaqdan bitkiyə zəif toplanması cədvəldə verilmişdi. Bütün torpaqlarda toplanma əmsalı seziyum-137-nin buğdanın küləşində, stronsium-90-an izotopuna nisbətən azlıq təşkil edir. Qumsal torpaqları çıxmaqla bu fərq buğdanın dənində də müşahidə olunur. Belə torpaqlarda stronsium-90 nisbətən seziyum-137 izotopunun buğdanın məhsul hissəsində daha çox miqdarda toplandığı qeyd olunur.

Cədvəl 18. Stronsium-90 və seziyum 137-nin buğdanın məhsuluna toplanma əmsalı

Torpaqlar	Stronsium-90		Seziyum -137	
	küləşdə	dəndə	küləşdə	dəndə
Qumsal	35,4	1,00	4,19	1,12
Orta gilli	8,4	0,24	1,54	0,48
Qırmızı	2,9	0,16	1,16	0,18
Açıq torpağın mənimlənməsinin ikinci ili	3,1	0,18	0,05	0,01
Açıq xam torpaq	2,1	0,13	0,05	0,01
Adi mənimlənilmiş torpaq	2,1	0,09	0,02	0,005
Karbonatlı biçənəklər	1,6	0,11	0,15	0,03
Qara torpaq	1,1	0,07	0,06	0,02

Boz torpaqlarda yetişdirilmiş bitkilərdə digər bitkilərə nisbətən seziyum-137 az toplanır. Qumsal və qırmızımtıl torpaqlarda becərilən və ya bitən bitkilərdə 10-100 dəfə, bəzi hallarda isə 200 dəfə radioaktiv seziyum çoxluq təşkil edir. Seziyum-137-də stronsium-90 kimi qumsal torpaqlardan bitkiyə daxil olması bir qədər ardıcıldır. Seziyum-137-nin qatı-lıq əmsalı müxtəlif torpaqlarda yetişdirilmiş buğdanın külə-şində 0,02-dən 4,2-yə, dənində isə 0,005-dən 1,4 qədər dəyişə bilər.

Müxtəlif kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsulunda seziyum-137-nin toplanması, stronsium-90 kimi hər şeydən əvvəl bitki yetişən torpağın növü ilə təyin olunur.

Torpaqdan radioseziyum bitkiyə keçən zaman azalma ardıcılığını aşağıdakı kimi yazmaq olar: qumsal, qırmızımtıl, karbonlu biçənəklər, qara torpaqlar və boz torpaqlar. Seziyum137-nin eyni növ torpaqlardan bitkiyə daxil olma miqdarı torpağın toplanma həcmindən, mübadilə kalsiumun saxlanmasıdan torpağın mexaniki və mineraloji tərkibindən və eləcə də başqa xassələrindən asılı olaraq dəyişilə bilər.

Torpaq tərkibinin müxtəlifliyi, yarım tipli, və müxtəlif növlülüyü, kənd təsərrüfat bitkilərinin məhsuluna sezium-137 və stronsium-90 izotoplarının toplanmasında olsun ki, kəskin fərq yaransın. Buna görə də müxtəlif dərəcədə çirklənmiş torpaqlar da (100 bəzi hallarda 200 dəfə fərqlənən) yol veriləcək səviyyədə radioaktiv maddənin saxlanması, torpağın mexaniki və mineraloji tərkibindən asılı olaraq bitki məhsulları almaq mümkündür. Məsələn, gilli torpaqlarda yetişdirilmiş vələmirin gövdəsində və dənində stronsium-90-nın maksimum miqdarı qara torpaqlarda yetişdirilmiş eyni bitkidə minimum stronsium toplanma fərqi təxminən 60 dəfə çox olur. Beləliklə, eyni dərəcədə stronsium toplanmış bitkilərdən məhsulu almaq üçün bu nuklidlərin miqdarı gilli torpaqlarda, qara torpaqlara nisbətən 60 dəfə azlıq təşkil etməlidir.

Cədvəl 19. Müxtəlif növ torpaqlardan stronsium 90-nın kənd təsərrüfatı bitkilərinə toplanma miqdarı

Torpaqlar	Mexaniki tərkibi	Neytrallaşmış	əhəng%Co	100q.torpaqda kalsium mq. ekvivalentlə	Buğ- da	Vələmir			
						küləşdə	dəndə	küləşdə	dəndə
Adi qara	Ağır gilli	6,4	9,3	32,8	1	1	1	1	
Qələviləşdirilmiş	Orta gilli	6,2	6,8	28,8	1,2	1,2	1,5	1,7	
Cənub qara	Orta gilli	7,2	4,7	28,8	1,7	1,3	2,2	2,6	
Adi boz	Orta gilli	7,2	1,7	12,8	2,9	2,7	4,3	5,7	
Şabalıdı	Eyni	7,2	4,2	27,0	1,5	1,4	1,9	2,1	
Boz meşə	Ağır gilli	5,6	4,1	14,5	4,4	2,6	5,6	5,2	
Gillicəli	Eyni	5,9	2,5	10,0	6,0	3,5	8,0	6,5	
Gillicəli	Orta	4,8	1,8	5,3	8,2	6,9	10,6	13,1	

Gillicəli	Yüngül gilli	4,8	1,8	4,0	34,6	20,3	50,0	39,0
Gillicəli	Zəif qumlu	4,7	1,6	1,6	40,7	27,9	62,0	53,4

Qumlu torpaqlarda yetişdirilmiş bitki məhsullarında stronsium-90 toplanma miqdarı adətən başqa növ torpaqlara nisbətən çoxdu. Olsun ki, eyni növ torpaqlardakı bitkilərdə stronsium-90-nın miqdarı güclü dəyişilməyə məruz qalsın.

Cədvəldən göründüyü kimi gilicəli torpaqlarda yetişdirilmiş vələmirin dəninin bir qram quru maddəsində stronsium-90-nın miqdarı 4,5 dəfə, boz meşə torpaqlarında 1,5 dəfə, qara torpaqlarda isə 7 dəfə təşkil edir. Stronsium-90-nı ayrı-ayrı torpaqlarda yetişdirilməsi vələmirin küləşində toplanma miqdarı yuxarıda qeyd olunan ardıcılıqla dəyişilməsi müşahidə olunur.

Cədvəl 20. Vələmirin məhsulunda stronsium-90-ın miqdarı

Torpaqlar	100q torpaqda CaMg ekv	1 qr-da Sr-90 NKU	Sr-90-nın orta toplanmış əmsalı		
			Küləş	dən	küləş
Gil tərkibli	1,6-6,5	31,5-233,3	3,5-15,5	4,1-21,9	3,0-10,4
Boz meşə	14,3-20,1	13,3-20,3	0,8-1,5	2,0-2,6	0,6-1,1
Şabalıdı	6,7-27,0	7,0-20,1	0,6-2,7	1,7-5,3	0,5-2,7
Boz	12,4-14,8	10,8-13,5	0,7-1,6	1,7-2,4	0,5-0,7
Qara torpaq	15,8-36,0	3,3-14,8	0,2-1,1	0,8-3,9	0,2-0,9

Cədvəldən göründüyü kimi gil tərkibli torpaqlarda yetişdirilmiş vələmirin dəninin 1 qram quru maddədə stronsium

90-ın miqdarı 4,5 ,boz meşə torpaqlarında 1,5 ,qara torpaqlarda isə 7 mikro/Kürü təşkil edir.Ayrı-ayrı torpaqlarda yetişdirilmiş vələmirin küləşində stronsium 90-ın toplanma miqdarı yuxarıda qeyd olunan ardıcılıqlarla dəyişilməsi müşahidə olunur.

X FƏSİL

KƏND TƏSƏRRÜFATI RADIOEKOLOGİYASININ ƏSASLARI

Kənd təsərrüfatı radioekologiyası - aqroekologiyanın aqrosənaye istehsal sahəsində radionuklidlərin dövrüyyəsi və ya ionlaşdırıcı şüalanmanın heyvanat və bitki aləminə, aqroekologiyaya təsirini öyrənən bölmədir. Bu planda kənd təsərrüfatı radioekologiyası kənd təsərrüfatının radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış ərazilərinin idarə olunması və radioloji standartlara cavab verən aqrosənaye məhsulun istehsalını təmin edən kompleks müdafiə tədbirlərinin işlənilməsi hazırlanmasını təmin edir. Aqroekologiyanın müstəqil sahəsi olaraq, kənd təsərrüfatı radioekologiyasının vacib əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, şərtləndirdiyi kimi radionuklidlər ətraf mühitin çirklənməsində daha çox əhəmiyyət kəsb etməsini, ətrafda yaylayaraq yeni ağır metalların əmələ gəlməsini açıqlayır. Qlobal ölçülər almış radioaktiv çirklənmə və təbii radiasiyanın yayılma məsafəsi böyüksahələri əhatə edir

Müstəqil elm sahəsi olan radioekologiyanın ilk və ən böyük məşhur alimlərindən biri kimi V.L.Vernadskinin (1863-1945) adını çəkmək olar. O, noosferanın biosferanın və insan şüurunun vəhdəti təlimini yaratmış və radioaktiv təzahürünün ətraf mühit üçün əhəmiyyət daşıdığını göstərmişdir.

Kənd təsərrüfatı radioekologiyası bir elm kimi ötən əsrin 50-ci illərində yaranmışdır. Həmin dövrdə nüvə silahının təcrübədən keçirilməsi zamanı biosfera, nüvə partlayışlarından yaranan radionuklidlər tərəfindən böyük radioaktiv çirklənməyə məruz qalmışdı. «Kənd təsərrüfatı radioekologiyası» termini 1956-cı ildə bu elmi təlimin banisi, akademik D.N.Pryanişkovun tələbəsi V.M.Kleçkovski tərəfindən yaradılmışdır. Kənd təsərrüfatı radioekologiyasının inkişafında rus alimləri İ. V.Qulyakin, E.A.Fyodorov, Q.Q.Vokken, B.N.Annenkov, N.A.Korneev, E.V.Yudinuyeva, B.S.Priester, Q.N.Romanov,

A.N.Sirotin, N.P.Arhipov, V.A.Kirşin, V.A.Budarkov, R.M.Aleksaxin, avropalı alimlərdən isə R.S.Rassell, L.Fredriksson, S. L. Komar, vətən alimlərindən isə C.Ə.Əliyev, H.Abdullayevin böyük xidmətləri olmuşdur.

Radioaktiv elementlər insanı əhatə edən mühitə düşərkən, radioaktiv maddələr onun xarici şüalanmasına səbəb olur, tərkibində radionuklid olan kənd təsərrüfatı məhsullarından istifadə isə insanın orqanizmində radioaktiv maddələrin yığılması səbəbindən onun daxili şüalanmasına gətirib çıxarır. Radionuklidlərin təbii mühitə daxil olması səbəbindən müxtəlif bioloji şəraitdə daxili təsir nəticəsində insanların ümumi şüalanmasında əsas rol oynayır. Belə ki, 1986-cı ildə Çernobıl AES-dəki qəzadan sonra qida məhsulları ilə daxil olmuş ^{137}Cs əhalinin ümumi şüalanma dozasını təşkil edirdi.

Ətraf mühitin radioaktiv çirklənməsi zamanı insana doza təsirinin öyrənilməsi və bunun daxili şüalanmasında əsas rol oynaması kənd təsərrüfatı radioekologiyası sahəsində tədqiqatların böyük əhəmiyyət daşdığını bir daha təsdiq edir.

Radionuklidlərin aqrar mühitdə mənbələri.

Radionuklidlərin aqrar mühütdə miqdarı haqda onun fəallığı üzrə fikir yürüdülmür. Kənd təsərrüfatı radioekologiyasında ölçü vahidi kimi bekkerli ($1 \text{ Bk} = 1 \text{ c}^{-1}$), eyni zamanda bu ölçüdə digər ölçü vahidindən - küridən ($1 \text{ Ki} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}$) geniş istifadə olunur. Kənd təsərrüfatı sahəsindəki radionuklidlər iki kateqoriyaya - təbii və süni kateqoriyalara bölünür. Təbii kateqoriya qrupuna Yerin bir planet kimi yarandığı dövrdən tərkibində təbii radiasiya fonu komponentləri olan radionuklidlər aiddir. (Onların arasında ən vacibləri ^{40}K , ağır təbii radionuklidlər olan ^{238}U və ^{232}Th və başqalarıdır). Bundan əlavə, biogen əhəmiyyətli təbii radionuklidlər Yer səthinə havadan düşür (^3H , ^{14}C və b.). Bəzi təbii radionuklidlər (^{40}K , ^{226}Ra və b.) kənd təsərrüfatı zəncirində dövrüyyəsi zamanı əhəmiyyətli rol oynayır. Radionuklidlərin ikinci qrupunu süni radionuklidlər təşkil edir. Bunlar texnogen

mənşəli radionuklidlərdir. Kənd təsərrüfatına aid edilən və bu qrupda olan daha vacib radionuklidlər sırasına uran və plutondan ayrılmış məhsullar ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Se və bir çox başqaları, həmçinin fəal xarakter almış nuklidlər (^{54}Mn , $^{55,59}\text{Fe}$, ^{60}Co , ^{65}Zn və b.) və transuran radionuklidlər (^{239}Pu , ^{241}Am və b.) aiddir.

Cədvəl 21. Təbii radionuklidlərin aqrar mühitin bəzi sahələrində, Bk/kq saxlanması (Aleksaxin, 1992)

Aqrrosfera sahəsi	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U
Mühit (yer, torpaq)	90...720	6...2500	25 (7...50)	25 (10...50)
Kənd təsərrüfatı bitkiləri	95...5	$1,9 \cdot 10^2 \dots 0,5$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3} \dots 6,0 \cdot 10^{-3}$
Süd	40	$3,7 \cdot 10^4 \dots 8,7 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Ət	70	$1,6 \cdot 10^2 \dots 7,4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3} \dots 1,2 \cdot 10^{-2}$

Aqrar mühitdəki texnogen radionuklidlərin əsas mənbəyi uzun ömürlü radionuklidlərin nüvə partlayışı zamanı, həmçinin atom elektrostansiyalar və ya nüvə yanacağı ilə işləyən digər (uran məmulatı əldə edən müəssisələr, nüvə yanacağı emalı zavodları və s.) müəssisələrin işi zamanı əldə olunan tullantıların çöküntüsüdür. Bu müəssisələrdə radioaktiv tullantılara olan məsuliyyətsiz münasibət radionuklidlərin ətraf mühitə düşməsinə və kənd təsərrüfatı zəncirində dövriyyə yaradaraq, böyük problemlər əmələ gəlməsinə səbəb olur. Son illər insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində istifadə olunan nüvə texnologiyasını sayı artmaqdadır. Bununla əlaqədar radionuklidlərin biosferə daxil olması şansı daha da artır. Texnogen radionuklidlərin ətraf mühit üçün ən ciddi mənbəyi atom sənayesində və nüvə energetikasında olan böyük radiasiya

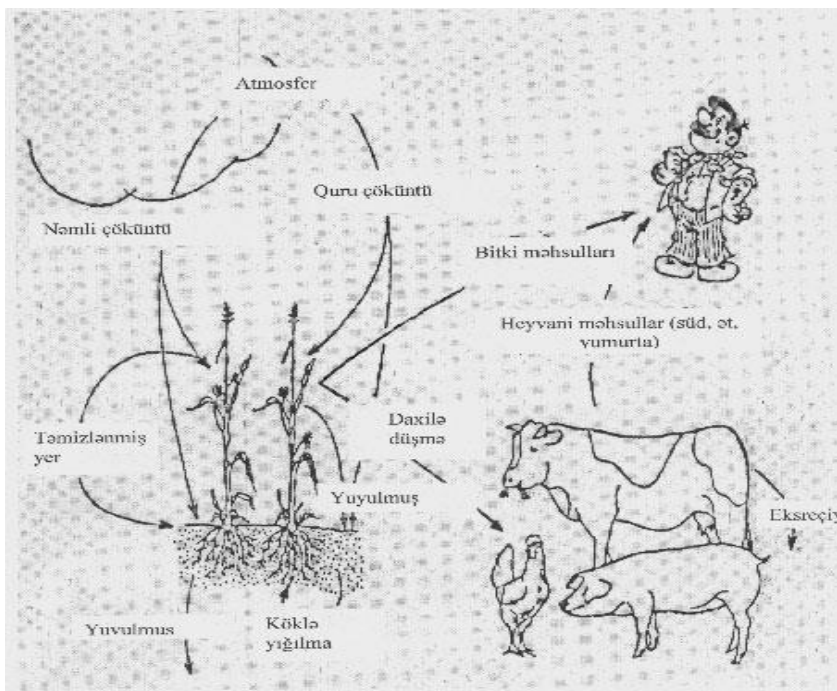
qəzalarıdır - 1957-ci ildə Cənubi Uralda yaranan qəza, Uindskeyldə (Böyük Britaniya) 1957-ci ildə və 1986-cı ildə Çernobil atom elektrostansiyasında baş vermiş qəzalar buna aiddir. Radionuklidlərin qalıq miqdarı nüvə silahının sınaqdan keçirildiyi poliqonlarda və ona yaxın olan ərazilərdə (Semipalatinsk poliqonu, yeni torpaq adası) saxlanılıb qalır. Kənd təsərrüfatının kimyalaşdırılmasının böyük vüsət alması təbii radionuklid tərkibli meliorantlar və gübrələrdən istifadəyə gətirib çıxarır. Bu həm də onunla bağlıdır ki, mineral gübrələrin əldə olunması üçün istifadə olunan dağ xammalının bəzi növləri (birinci növbədə fosfor), ^{238}U , ^{232}Th ilə və onların parçalanması zamanı əldə olunan məhsullarla zənginləşdirilmişdir.

Radioaktiv izotopların kənd təsərrüfatı zənciri üzrə dövriyyəsi

Radionuklidlərin torpaqda özünü aparması. Biosferanın torpaq qatı - pedosfera və digər sahələrdə olan qarışıqların miqdarından aslıdır (buna okeanıda daxil etmək olar). Bununla yanaşı insanın texnogen fəaliyyəti nəticəsində onu əhatə edən mühitə tullanan süni radionuklidlərin lokalizasiyasının baş verməsidir. Torpaq qatı ona mikromiqdar həcmində daxil olan süni radionuklidlərə münasibətdə qeyri-adi sorulma qabiliyyəti əldə edir. Bu da onun biosferadakı dövriyyəsində (xüsusilə də kənd təsərrüfatı zəncirində) ikili əhəmiyyət daşıyır. Bir tərəfdən, radionuklidlərin torpaq qatının üst hissəsində möhkəmlənməsi, bitki köklərinin onu udması, radioaktiv maddələrin uzun müddətə təsir göstərən təbii mənbə rolunu oynayır. Digər tərəfdən radionuklidlərin güclü sorulması torpaq qatının bərk hissəsində bitki sisteminin köklərinin onları udmasını məhdudlaşdırır. Radionuklidlərin sorulmasının bu xüsusiyyətləri yer səthinin udma kompleksi ilə yerüstü mühitdə bitkilərə toplanması prosesində radionuklidlərin uzun müddətə köməyini təmin edir.

Radionuklidlərin torpaqda dövriyyəsi onunla təyin olunur ki, onların torpaqda və bitkidə toplanması ultramikrokonsen-

trasiyalar səviyyəsində iştirak etməsidir. Məsələn, radionuklidlərin torpaqda saxlanması 37 kBk/m^2 (1 Ki/km^2)-na bərabər olarsa, onların yer səthinin əkin sahəsində kütləvi yayılma miqdarı da eynidir: ^{90}Sr ($T_{1/2}=28,5$ il) - $2,4 \cdot 10^{-12}\%$ ^{137}Cs ($T_{1/2}=30,17$ il) - $3,9 \cdot 10^{-12}\%$ ^{95}Zr ($T_{1/2}=63,98$ gün) - $1,6 \cdot 10^{-14}\%$ Radionuklidlərin yalnız az bir qrupu istisna təşkil edir: məsələn, ^{238}U -nun və ^{232}Th yer səthindəki kütləvi payı müvafiq olaraq $(3..4) \cdot 10^{-4}$ və $(4..9) \cdot 10^{-4}\%$ -ə bərabərdir. Radionuklidlərin $T_{1/2} < n \cdot 10^{-2} \cdot 10^4$ ilə çox aşağı kütləvi payı bunların davranışının yer səthindəki qatılığından və onun izotop və qeyri-izotop daşıyıcıların xassələrindən asılılığını şərtləndirir (Şəkil 20).



Şəkil 20. Radionuklidlərin təbiətdə dövriyyəsi.

Torpağa çökmüş Sr-90 mübadilə nəticəsində bitkilərin inkişafı dövründə onların kökü vasitəsilə mənimsənilərək məhsula ötürülür. Yarpaq üzərinə enmiş radionuklidlər bitki

məhsullarını çirkləndirməsi atmosferdən bu izotopların yer səthini hansı məsafədə çirkləndirməsindən, küləyin sürətindən, yarpağın enindən və uzunluğundan çox asılıdır.

Aparılan tədqiqatlardan belə məlum olmuşdur ki, torpaq tərəfindən mənimsənilən radioaktiv Sr-90 on illərlə bitki orqanizminə düşərək onları çirkləndirir. Atmosfer havasının çətin şəraitindən asılı olaraq radioaktiv stronsium yer səthinə enməsi eyni miqdarda qeydə alınmır. Bunun nəticəsində torpaq, bitki və heyvan məhsullarının çirklənməsi ayrı-ayrı sahələrdə heç də eyni səviyyədə olmur.

Kimyəvi elementlərin izotopu olaraq, radionuklidlər, bu elementlərin stabil izotopları kimi, onlara xas olan fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri ilə müqayisə olunur. Hərçənd, radionuklidlərin davranışının oxşarlığı və onların stabil izotop analoqları isə yalnız fiziki-kimyəvi formada eyni bərabərlikdə bölüşür. Radionuklidlərin bərabər paylanması dövrü yer səthinin xüsusiyyətlərindən (yer məhlulunun reaksiyası və tərkibi, yerdəki kolloidlərin miqdarı və tərkibi, gümüşün qatılığı, rütubəti və s.), həmçinin radionuklidlərin əsas fiziki-kimyəvi xüsusiyyətindən və tərkibindən çox asılıdır.

Torpağa daxil olmuş «təzə» texnogen radionuklidlər ilk zamanda təbii mühitin yeni komponentləri rolunu daşıyır və tədricən bitkilərin kök sistemləri tərəfindən udulması üçün daha da əlverişli, şərait yaradır. Bundan sonra radionuklidlərin yerin bərk qatı tərəfindən dövriyyəsinin artmasının güclənməsi, gil minerallarının kristal qəfəsinə daxil olması və s. baş verir. Texnogen radionuklidlərin aktivliyinin azalma sürəti eyni səviyyədə getmir, məsələn, ^{137}Se üçün intensiv aktivliyin azalması daha xarakterikdir, ^{90}Sr -dan ötrü isə əksinə, uzun müddət ərzində yerdə mübadilə vəziyyətdə qorunub saxlanılmaqdadır. Radionuklidlərin təzahürü yerin qəza nəticəsində çirklənməsi hallarında böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu vaxt ilk dövrdə radionuklidlər bioloji cəhətdən əlçatmaz formada olur. Yer səthi tərəfindən radionuklidlərin böyük bir hissəsinin udulması iki əsas faza əsasında baş verir bu fazalardan biri torpağın qatı və maye hissəsi (yer məhlulu),

ikinci hissəsi isə radionuklidlərin torpağın mineraloji tərkibindən asılı olması və torpaq qatları tərəfindən mənimsənilməsidir.

Radionuklidlərin yer səthində hərəkətliliyi adətən əmsal bölüşmə (K_p) ilə, radionuklidlərin yer səthinin bərk fazasında və yerin məhlulunda eyni dərəcəli qatılığı göstərilən əmsal ilə qiymətləndirilir.

Radionuklidləri torpaqda dövriyyəsinə görə bir neçə qrupa bölmək olar. Zn, Cd və Co izotopları üçün mübadilə prosesinə daxil olmaması, yer minerallarının adsorbsiyası, orqanik və orqanomineral liqandalarla yaranma kompleksi olmalıdır, bu da onların yer səthində bərkimə prosesini yaradır. Na, Rb və Sr radionuklidləri yer səthi tərəfindən əsasən dövriyyə yolu ilə mənimsənilir. Uzunömürlü texnogen radionuklidlər olan ^{90}Sr ($T_{1/2}=28,5$ il) yer səthində uzun müddət formada qalması, onun kənd təsərrüfatı məhsullarının çirkləndirilməsində ən əsas səbəblərdən biri hesab olunur. I, Ce, Pm, Zr, Nb, Fe və Ru radionuklidləri üçün kolloidlərin çöküntüsü (kooqulyasiya) və komplekslərin yaranması ilə çox formalı davranış daha xarakterikdir. ^{137}Cs üçün yerin çox bərk fazasında dövriyyə etməsi bunun üçün xarakterik əlamətdir, onu da qeyd etmək lazımdır ki, belə prosesdə gilli torpaqların böyük rolu vardır. Hərçənd, ^{137}Cs yer tərəfindən ^{90}Sr -a nisbətən çox və möhkəm mənimsənilir və radionuklidlərin bioloji əhəmiyyəti onun kənd təsərrüfatı sferasında məhsulların çirklənməsində əsas rol oynayan faktorlardan biri hesab olunur. Havadan bitkilər üzərinə və torpağa düşmüş radionuklidlər ilk dövrdə yer səthində 0.2 sm qalınlıqda toplanır, sonra isə yerin səthi ilə yerini dəyişməyə başlayır. Radionuklidlərin əkilməmiş və şumlanmamış sahədə vertikal yerləşməsi radioaktiv maddələrin tədricən bitkilərin kökü olan qatda yenidən bölüşdürülməsinə gətirib çıxarır və bununla da şüalanma dozasının aşağı düşməsinə və onların bitki kökləri sistemi tərəfindən udulmasında dəyişikliklərə səbəb olur. Yer səthində radionuklidlərin vertikal miqrasiyası zamanı adətən iki mexanizm iştirak edir və bu prosesin sürətini müəyyən edir, bu da konvektiv və kvazidiffuzion mexanizmdən ibarətdir.

Bərk və maye halında olan radionuklidlər arasında dinamik müvazinət vəziyyətinin mövcudluğu haqqında ehtimaldan çıxış edərək, radionuklidlərin miqrasiyasının yerin quruluşu üzrə təsvir edilməsi üçün adətən konvektiv diffuziyanın düzləşdirilməsi düsturundan istifadə edilir.

$$dq(x, t)dt = Dd^2q(x, t) I dx^2 - \omega dq(x, i)/dx - \lambda q(x, t)$$

burada: $q(x,t)$ -radionuklidlərin bütün fazalar üzrə orta konsentrasiyası;

$D(x,t)$ - kvazidiffuziyanın effektiv əmsalı;

ω -rütubət selinin təsiri altında radionuklidlərin daşınmasının xətt sürəti;

λ -radioaktiv çöküntünün daimiliyi.

Radionuklidlərin qeyri-köklər vasitəsi ilə bitkilərə keçməsinin xüsusiyyəti bitkilərin yerüstü hissəsinin qeyri-selektiv mənimsənilməsi kimi başa düşmək olar. Başqa cür bunu izah etsək radionuklidlərin torpaq deyil, atmosfer havasından bilavasitə mənimsəyib gövdəyə verilməsi kimi izah olunur. Burada torpaq təbii ötürücü kimi, bitki kökləri sistemi isə radionuklidləri bitkilərin mineral qidalanması qanunauyğunluğu ilə mənimsənilməsi ilə izah olunur. Radionuklidlərin torpaqdan bitkilərə daxil olunmasının intensivliyini (K) əmsalı toplanmanın köməyi, yaxud da radionuklidin konsentrasiyasının bitkilərdə və torpaqda eyni dərəcəli münasibət ilə qiymətləndirilməsi kimi qəbul olunur. Əgər radionuklidlərin bitkilərlə torpaqda akkumulyasiyası bitkilərin budaqlarını nəzərə alaraq təyin olunarsa, onda müvafiq münasibəti bioloji udulmanın əmsalı (BUƏ) adlandırılır. Xüsusilə də təcrübədə tez-tez istifadə olunan bitkilərin radionuklidləri mənimsəmə əmsalının göstəricisi kimi «K» qəbul olunmuşdur. Adətən, bitkilərin tərkibində olan çirklənmə dozası (Bk/kq)/(Bk/m²)-lə ifadə olunur və bitkilərdəki radionuklidlərin torpağın çirklənməsinin və sıxlığının eyni dərəcəli münasibətini göstərir.

Bir sıra radionuklidlərin kənd təsərrüfatı zəncirində dövriyyə tempi, əsasən torpaq-bitki sistemində radionuklidlərin

bir prosesi müşaiyət edən izotop və ya qeyri-izotop daşıyıcıların miqdarından asılıdır. Bu, hər şeydən əvvəl ^{90}Sr və ^{137}Cs , Ca və K kimi bioloji vacib mikroelementlər olan, torpaqlarda əsas qeyri-izotop daşıyıcı sayılan iki uzun ömürlü süni radionuklidlərə aiddir.

Bitkilər üzərinə çökən radioaktiv hissəciklərin saxlanıb qalması və onların sonradan yox edilməsi hissəcikləri akkumulyasiya etmək xüsusiyyətindən bitkilərin örtüyünün tutduğu meydançadan, meydançanın 1 sm məsafəsinə düşən fitokütlənin ehtiyatından, yarpaqların forması, ölçüsü və orientasiyasından, həmçinin də onun üst örtüyünün xüsusiyyətindən; küləyin sürətindən (hissəciklərin düşməsi və ondan sonrakı dövrdə); aerosol hissəciklərin ölçüsündən; düşən materialın miqdarından; çöküntü zamanı və ondan sonrakı dövrdə rütubətlikdən çox asılıdır. Bitkilərin qeyri-kök vasitəsi ilə çirklənməsi torpaqda radionuklidlərin miqdarı ilə deyil bu izotoplartın ətraf mühitdə yığılıb qalaraq üstünlük təşkil etməsi ilə izah olunur. Bu xüsusiyyət radioaktiv maddələrin ardıcıl olaraq yer səthinə çökməsi və bitkilərin yer üstü fito kütlənin çirklənməsi və bu izotopların qısa müddətdə torpaq tərəfindən mənimsənilə bilməməsi ilə izah olunur. Radioaktiv çöküntü qurtardıqdan sonra bitkilərin radionuklidlərdən təmizlənməsi əsasən yağış, külək və bu sahələrin deratizasiya edilməsi ilə əldə etmək olur. Radionuklidlərin bitkilərə keçməsi atmosferdən yer qatına yağışın düşməsi torpağın çirklənmiş qatından və eləcə də radioaktiv maddələrin digər vasitələrlə daxil olması nəticəsində baş verir.

Radioaktiv izotopların bu yolla daxil olması və bitki orqanizmdə uzun müddət dövriyyəyə girərək onun kök vasitəsi ilə torpağın alt qatlarına keçmə miqdarının azalması torpaqda radionuklidlərin dozasının aşağı düşməsinə səbəb olur. Radionuklidlərin bitkilərdə yüksək dozada saxlanması, onların ətrafa yayılaraq sahələrin çirklənməsi radionuklidlərin (K₁₁) əmsalının toplanmasından asılıdır. «K» əmsalı nə qədər aşağıdırsa, bir o qədər də bitkilərin qeyri-kök vasitəsilə çirklənməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. ^{90}Sr və ^{137}Cs

nüvə sınaqları zamanı qlobal tozla çirklənmə üçün Rusiyanın qaratorpaq olmayan zonasında 80-ci illərdə buğda üçün 0,3... 1,4% veqetativ orqanlar üçün qidalanma isə 3...4% təşkil etmişdi. Çəmənliklər üçün isə bu bir az çox - 6... 14% miqdarında qeyd olunmuşdur.

Cədvəl 22. Radionuklidlərin bitkilərdə toplanma əmsalı

Radionuklid	K_{11}	Radionuklid	K_{11}
^{35}S	20...60	^{140}Ba	$(2...5) 10^{-2}$
^{45}Ca	$(4...6) \cdot 10^{-2}$	$^{141,144}\text{Ce}$	$6 \cdot 10^{-4}...3 \cdot 10^{-3}$
^{54}Mn	0,02... 15	^{147}Pm	$3 \cdot 10^{-5}...3 \cdot 10^{-4}$
$^{55,59}\text{Fe}$	$(1... 8) 10^{-2}$	^{185}W	0,13...0,3
^{60}Co	$4 \cdot 10^{-3}...5 \cdot 10^{-2}$	^{210}Pb	0,05...0,43
^{65}Zn	3,3...15	^{226}Ra	$1 \cdot 10^{-3}...4 \cdot 10^{-2}$
$^{89,90}\text{Sr}$	0,02... 12	^{232}Th	$1 \cdot 10^{-3}...7 \cdot 10^{-1}$
^{91}Y	$3 \cdot 10^{-5}...7 \cdot 10^{-4}$	^{238}U	$1,6 \cdot 10^4...1 \cdot 10^{-1}$
^{95}Zr	$3 \cdot 10^{-3}...8 \cdot 10^{-2}$	^{237}Np	$n \cdot 10^{-2}...n \cdot 10^{-1}$
$^{103,106}\text{Ru}$	$(2...3) 10^{-3}$	$^{239,240}\text{Pu}$	$n \cdot 10^{-8}...10^{-4}$
^{115}Cd	$(4,3...8,5) 10^{-2}$	^{241}Am	$n \cdot 10^{-6}...10^{-1}$
^{137}Cs	0,02...1,1	^{244}Cm	$n \cdot 10^{-4}...n \cdot 10^{-3}$

Bitkilər tərəfindən torpaqdakı radionuklidlərin mənimsənilməsi əsasən aşağıdakı ardıcılıqla gedir, radionuklidlərin fiziokimyəvi xüsusiyyətindən, torpağın fiziokimyəvi tərkibindən, bitkilərin biokimyəvi xassəsindən və edilən aqrotexniki qulluqlardan ibarətdir. Radionuklidlərin

bitkilər tərəfindən mənimsənilməsi onların izotop analoqların akkumlyasiyası ilə düz müntənasiblik təşkil edir.

Bitkilərdə toplanan kimyəvi elementlər 4 qrupda paylanma ilə xarakterizə olunur, zəif paylanma (1...10), akkumlyasiyanın olmaması (0,1... 1), torpaqdan keçərkən zəif dağılmanın (0,01...0,1) baş verməsi və güclü diskriminasiyanın baş verməsi qeydə alınır. Texnogen radionuklidlərdən bitkilər torpaqdan ^{90}Sr , bundan əhəmiyyətli dərəcədə zəif olan ^{137}Se -ni intensiv olaraq mənimsəyir. Bitkilərin torpaqdan ^{95}Zr , $^{103,106}\text{Ru}$, $^{141,144}\text{Ce}$ kimi orta ömürlü radionuklidlərin akkumlyasiyası çox azdır. Bitkilərə torpaqdan ən aşağı mənimsənilən radionuklid ^{239}Pu , ^{241}Am , və uran təşkil edir. Bitkilərin torpaqdan radionuklidlərin mənimsənilməsi onun fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən asılıdır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, torpağın tərkibində gümüş mübadiləsi olan kationlar, lilli və gilli fraksiyalar və münbitlik nə qədər çoxdursa, radionuklidlərin çoxunun bitkilər tərəfindən mənimsənilməsi də bir o qədər aşağıdır. Bitkilərdəki radionuklidlərin əmsalı maksimal əhəmiyyəti qranulometrik tərkibli yüngül çimli-kültorpaqlı və torflu torpaqlar üçün daha xarakterikdir.

Radionuklidlərin çəmənlik-otlaq sahələrində bitən bitkilərə daxil olması çimlikdə olan radioaktiv maddələrin yüksək dozada olmasından çox asılıdır; çəmənlikdə bitkilər şumluq sahəyə nisbətən 5... 10 və ondan da çox radionuklidlər, həmçinin ^{90}Sr və ^{137}Cs mənimsəyə bilər. Mineral qidalanmanın xüsusiyyətləri, vegetativ dövrün uzunluğunun müxtəlifliyi, yerdə köksisteminin bölünməsinin xüsusiyyətləri, məhsuldarlıqda müxtəliflik və bitkilərin digər bioloji xüsusiyyətləri radionuklidlərin müxtəlif növ kənd təsərrüfatı məhsullarına toplanmasına təsir edir. ^{90}Sr və ^{137}Cs vasitəsi ilə bitkinin akkumlyasiyası, kökatma dövründə növdən və sortdan asılı olaraq seçilə bilər.

Cədvəl 23. Bəzi kənd təsərrüfatı bitkilərinə müxtəlif növ torpaqdan ⁹⁰Sr-nın (Bk/kq)/(Bk/m²)-la toplanma əmsalı

Bitki	Məhsul	Torpaqlar			Boz Tərkibli	Şabalıdı boz torpaq və çəmən otu	Qara torpaq
		Qumlu və gilli	Yüngül və orta gilli torpaqlı	Bərk gilli torpaq			
Payızlıq buğda	Taxıl	1,0	0,6	0,3	0,4	0,2	0,1
	Küləş, saman	5,0	3,0	1,5	2,0	1,0	0,5
Payızlıq çovdar	Taxıl	1,0	0,6	0,3	0,4	0,2	0,1
	Küləş	5,0	3,0	1,5	2,0	1,0	0,5
Yazlıq buğda	Taxıl	3,0	2,0	1,0	1,3	0,5	0,3
	Küləş	15,0	10,0	5,0	6,5	2,5	1,5
Yulaf	Taxıl	6,0	3,0	1,4	2,0	1,0	0,4
	Küləş	30,0	15,0	7,0	10,0	5,0	2,0
Arpa	Taxıl	5,0	3,0	1,5	1,8	0,8	0,4
	Küləş	25,0	15,0	7,5	9,0	4,0	2,0
Noxud	Taxıl	7,0	4,0	2,0	3,0	1,3	0,6
	Küləş	35,0	20,0	10,0	15,0	6,5	3,0
Qarabaşaq	Dən	5,0	3,0	1,5	1,4	0,5	0,2
Qarğıdalı	Vegetativ kütlə	12,0	6,0	3,0	4,0	2,4	1,2
Vələmir qarışığı	Vegetativ kütlə	6,0	3,5	1,8	2,5	1,0	0,3
Kartof	Yumrusu	2,6	1,7	0,8	1,0	0,3	0,1
Mətbəx çuğunduru	Meyvə kökü	6,0	3,0	1,6	2,0	0,7	0,3
Kələm	Baş	1,2	0,6	0,3	0,4	0,2	0,1
Ləri	Çubuğu	5,0	3,0	1,5	1,8	-	-

Cədvəl 24. ^{137}Cs -in müxtəlif növ torpaqda bitən bitkilərə keçməsi
(Bk/kq)/(Bk/m²)

Bitki	Məhsul	Torpaqlar			Boz meşə örtüklü	Qara torpaq yuyulan	Torflu-qələvili
		Qumlu və gilli	Yüngül gilli	Bərk gilli			
Payızlıq çovdar	Taxıl	0,3	0,5	0,03	0,03	0,03	0,40
	Küləş, saman	0,6	0,12	0,06	0,06	-	-
Payızlıq buğda	Taxıl	0,4	0,6	0,5	0,12	-	-
	Küləş	0,6	0,12	0,6	0,05	0,05	0,50
Yulaf	Taxıl	0,2	0,15	0,10	0,05	0,05	0,50
	Küləş	1,6	0,26	0,12	0,12	-	-
Arpa	Taxıl	0,2	0,15	0,03	0,05	0,05	0,40
	Küləş	1,6	0,26	0,12	0,12	-	-
Yulaf noxud qarışığı	Vegetativ kütlə	1,0	0,6	0,05	0,05	0,05	1,20
Qarğıdalı	Vegetativ kütlə	0,2	0,2	0,2	0,05	0,07	-
Acıpaxla	Vegetativ kütlə	9,2	5,0	-	-	-	-
Kartof	Meyvəsi	0,3	0,15	0,08	0,08	0,05	0,7
Mətbəx çuğunduru	Meyvə kökü	0,5	0,4	0,2	0,15	0,10	0,25
Çoxillik otlar	Quru ot	6,0	3,0	1,0	1,0	1,0	4,50
Yonca	Quru ot	3,0	2,0	1,5	1,0	1,0	0,70
Tomat	Bəhər, bar	0,06	0,06	0,05	0,05	-	-
Qarabaşaq	Dən	0,75	0,15	0,10	0,10	-	-
Təbii otlar	Quru ot	20,0	15,0	-	9,0	-	-

Radionuklidlərin kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizminə dövriyyə vəstəsi ilə daxil olması

Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış çəmənlikdə heyvanlar otarkən radionuklidlər kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizminə daxil olur və sonra kənd təsərrüfatı heyvanlarının məhsullarına (süd, ət və s.) keçir. Tənəffüs vəstəsi ilə heyvanların orqanizminə daxil olan radioaktiv maddələr bir qədər qorxulu xüsusiyyətə malik olmur. Kənd təsərrüfatı zənciri üzrə radionuklidlərin daşınmasını bir sıra göstəricilərin köməyi ilə təsvir edirlər.

Heyvanların çirklənmiş yem ilə uzun müddət ərzində yemlənməsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$F=CM/Q$$

burada: C- radionuklidin orqanda və ya toxumalarda konsentrasiyası, Bk/q;

M-orqanın və ya toxumanın həcmi, q;

Q- heyvanın orqanizminə yem vəstəsi ilə gündəlik daxil olan radionuklidin miqdarı, Bk-Ca

F-in ölçüsü, radionuklidin heyvanlarda mübadilə tarazlığının dərəcəsi vəndən asılıdır. Bu mübadilə şəraitində təyin olunmuş tarazlıq zamanı və digər şəraitdə orqanizmə daxil olan radionuklidlərin miqdarı, ondan çıxan radionuklidlərin miqdarına bərabərdir.

Heyvan orqanizmindəki radionuklidlərinin sorulma əmsalı, radionuklidlərinin bioloji hərəkətliliyinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilir.

Qana keçmiş radionuklidin miqdarı, Bk

$$T_{\text{em}} = \frac{\text{Qana keçmiş radionuklidin miqdarı, Bk}}{\text{Yemlə daxil olmuş radionuklidin miqdarı, Bk}}$$

Yemlə daxil olmuş radionuklidin miqdarı, Bk

Heyvanların orqanizmindən (orqan və ya toxumalarından) çıxarılmış radionuklidlər bioloji yarımçıxarılma dövrünün köməyi ilə təsvir edilir. Həmin vaxt

orqanizmdən xaric olan radionuklidlərin çıxarılmasının çıxarılması ilə izah olunur. Bu zaman heyvanın orqanizmindən radionuklidlərin çıxarılması üçün eksponensial xarakterli üsul təklif olunur. Əgər radionuklidlərin orqanizmindən kənar edilməsini təmin edən və bu prosesə radionuklidlərin dağılması və parçalanması əlavə edilərsə bu aşağıdakı düsturla ilə izah edilir.

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{fiz}} \cdot T_{\text{biol}}}{T_{\text{fiz}} + T_{\text{bioloji}}}$$

Parçalanmanın effektiv dövrü radioaktiv izotopun hansı mühitə düşməyindən aslıdır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizmindən radionuklidlərin kənarlaşdırılması adətən bir və ya bir neçə eksperimentin köməyi ilə əldə edilir. Radioaktiv izotopların torpaq bitki dövrüylə zamanı heyvan orqanizminə daxil olması nəticəsində süd, ət və digər məhsullara toplanır, bu toplanmanı təyin etmək üçün toplanma əmsalından istifadə olunur.

Heyvanların orqanizminə düşmüş radionuklidlər sorulma, ayrı-ayrı toxuma və orqanlarda hərəkəti və onun kənarlaşdırılması kimi metabolik proseslərə cəlb olunur. Bu proseslərin intensivliyindən asılı olaraq heyvandarlıq məhsullarında radionuklidlərin toplanması qeyd olunur.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizmində təbii və süni radionuklidlərin böyük bir hissəsinin orqanizmdən xaric olmasını tezləşdirmək, heyvandarlıq məhsullarına (süd, ət, yumurta, əlavə məhsullara və s.) daxil olmasını məhdudlaşdıran sədd kimi baxıla bilər. Belə bir məhdudlaşdırma ilk növbədə heyvanların mədə-bağırsağ traktında ^{60}Co , ^{90}Y , $^{103}, ^{106}\text{Ru}$, $^{141}, ^{144}\text{Ce}$, ^{238}U kimi radionuklidlərin kənarlaşdırılmasının sürətləndirilməsi nəticəsində baş verir. Hərçənd, göstərilənlərdən fərqli olaraq radionuklidlərin böyük bir hissəsi məsələn, ^3H , ^{45}Ca , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs və b. mədə-bağırsağ traktından tezliklə sorulur. Bu proses nəinki radionuklidlərin

fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən, həmçinin heyvanın yaş xüsusiyyətindən və fizioloji formasından asılıdır (cavan heyvanlarda qocalara nisbətən sorulma yuxarıdır). Radionuklidlərin orqanizmdə paylanması, eləcə də onun kənarlaşdırılması bir sıra faktorlarla yerinə yetirilə bilər. Bu tədbirlərdən biri tez bir zamanda mədə-bağarsağın yuyulması, heyvanların istədiyi qədər suyun verilməsidir.

^{90}Sr və ^{137}Cs kimi radioloji mənada daha vacib radionuklidlərin 1 litr südlə keçməsi müvafiq olaraq 0,1...0,2 və 0,5... 1,5% sutkalıq yem ilə keçməsinə bərabərdir. 1 kq ətə isə çirklənmənin dozası müvafiq olaraq 0,04 və 8%-ə bərabər olur. Çəmənlik-otlaq sahəsində qarışıq yemin tərkibində ^{131}I varsa, bu izotopun qısa bir vaxt ərzində südə keçməsi nəticəsində insan üçün ən başlıca radiasiya təhlükəsi rolunu oynamış olur. Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış otlaq sahələrində heyvanların otlaması, onların qəbul etdiyi yemlə orqanizmə daxil olan radionuklidlər tərəfindən çirklənmə təhlükəsi yarandığına görə və heyvanın məhsuldarlığına təsir etməsini nəzərə alaraq bu sahələrdə radiometrik müəinələrin aparılması məqsədyönlü hesab olunur.

Cədvəl 25. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizmində radionuklidlərin paylanması

Orqanlar	Radionuklid
Dalaq	Qələvi elementlər olan radionuklidlər (^3H , ^7Li , ^{22}Na , ^{40}K , ^{86}Rb , $^{134,137}\text{Cs}$)
Skelet	Qələvi tərkibli torpaqda olan radionuklidlər (^7Be , ^{45}Ca , $^{89,90}\text{Sr}$, ^{140}Ba , ^{226}Ra , ^4Sy , ^{74}Se , ^{76}As , ^{125}Sb , ^{238}U)
Qaraciyər	^{48}V , ^{74}Se , ^{76}As , ^{125}Sb , ^{238}U
Qalxana bənzər vəzi	^{131}I

Cədvəl 26. İri buynuzlu heyvanların yem rasiyonundan radionuklidlərin orqan və toxumalara bir sutka ərzində tam bərabər toplanması %-lə

Radionuklidlər	Əzələ	Radionuklidlər	Əzələ
^{45}Ca	$1 \cdot 10^{-1}$	$^{129,131}\text{J}$	$4 \cdot 10^{-1}$
$^{89,90}\text{Sr}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$^{134,137}\text{Cs}$	8
$^{90,91}\text{Y}$	$1 \cdot 10^{-4}$	^{140}Ba	$5 \cdot 10^{-3}$
^{95}Zr	$1 \cdot 10^{-4}$	$^{141,144}\text{Ce}$	$1 \cdot 10^{-4}$
^{95}Nb	$1 \cdot 10^{-1}$	^{147}Pm	$1 \cdot 10^{-4}$
$^{103,106}\text{Ru}$	$3 \cdot 10^{-1}$	U	$1 \cdot 10^{-4}$
$^{124,125}\text{Rb}$	$1 \cdot 10^{-1}$	Pu	$1 \cdot 10^{-4}$

Cədvəl 27. Radioaktiv izotopların 1 sutka ərzində sağmal inəklərin orqanizmasından xaric olma əmsalı.

Radionuklid	Keçmə əmsalı	Radionuklidlər	Keçmə əmsalı
^3H	1	^{109}Ag	5
^7Be	$5 \cdot 10^{-5}$	^{125}Sb	$2 \cdot 10^{-3}$
^{14}Ce	2	$^{129,131}\text{T}$	1
^{22}Na	1	$^{134,137}\text{Cs}$	1
^{32}P	3	^{140}Ba	$5 \cdot 10^{-2}$
^{35}S	2	^{140}La	$3 \cdot 10^{-4}$
^{40}K	1	$^{141,144}\text{Ce}$	$1 \cdot 10^{-4}$

^{45}C	1	^{143}Pr	$5 \cdot 10^{-4}$
^{51}C	$2 \cdot 10^{-1}$	^{147}Pm	$1 \cdot 10^{-4}$
^{59}Ni	$7 \cdot 10^{-1}$	^{147}Na	$5 \cdot 10^{-4}$
^{59}Fe	$3 \cdot 10^{-3}$	^{185}W	$5 \cdot 10^{-3}$
^{60}Co	$3 \cdot 10^{-2}$	^{203}Hg	3
^{64}Cu	1	^{210}Po	$3 \cdot 10^{-2}$
^{65}Zn	$6 \cdot 10^{-1}$	^{210}Pb	$6 \cdot 10^{-2}$
$^{89,90}\text{Gr}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	^{226}Ra	1
$^{90,91}\text{Y}$	$1 \cdot 10^{-4}$	^{237}Np	$5 \cdot 10^{-4}$
^{95}Zr	$1 \cdot 10^{-4}$	^{238}V	$5 \cdot 10^{-2}$
^{95}Nb	$1 \cdot 10^{-4}$	$^{239,240}\text{Pu}$	$1 \cdot 10^{-5}$
^{99}Mo	$9 \cdot 10^{-2}$	^{241}Am	$4 \cdot 10^{-5}$
$^{103,106}\text{Ru}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	^{244}Cm	$2 \cdot 10^{-3}$
^{106}Rh	1		

Radionuklidlərin aqrosenzlarda dövriyyəsi və bu proseslərin modelləşdirilməsi

Radionuklidlərin aqrosənaye istehsalı sahəsində kənd təsərrüatı zənciri üzrə hərəkəti çox zəncirli proses xarakteri daşıyır. Eyni zamanda onun miqdarına təsir edən xüsusiyyət olduqca dinamik və zaman keçdikcə dəyişilir. Qeyd etmək olar ki, bu, müxtəlif təbiət faktorlarının (biokimyəvi, istehsal-təsərrüfat və s.) təsirindən asılıdır. Radionuklidlərin kənd

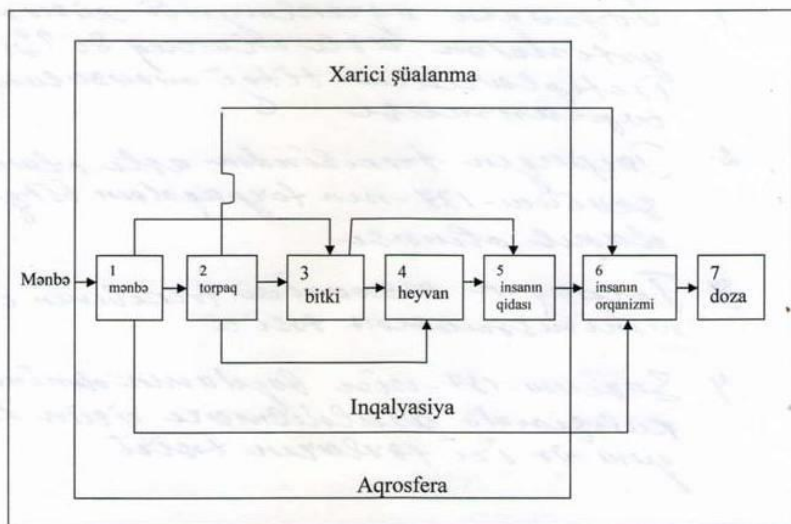
təsərrüatı sahəsində toplanma prosesinin təsvir olunması ehtiyacı, radioloji təcrübələrinin geniş sürətdə və sistemli şəkildə aparılmasını tələb edir. Bu modellərin istifadə olunmasının bəzilərindən biri radionuklidlərin aqrosenzonun konkret blokunda radionuklidlərin tərkibinin aydınlaşdırılmasıdır. Bu aydınlaşdırılmada kənd təsərrüfatında istehsal olunan süd, ət və bitki məhsullarını xarakterizə edən əlamətlər böyük əhəmiyyət daşıyır. Belə bir model BMT-nin Elmi Komitəsi tərəfindən atom radiasiyasının hərəkəti üzrə radionuklidlərin insanların orqanizminə qədər ən əsas qida zənciri vasitəsilə keçməsinin təsviri üsulu ilə izah olunur. Bu model aşağıdakı sxemdə göstərilib. Radionuklidlərin aqrosferada miqrasiyasının ayrı-ayrı bloklarda asılılığını və onların ayrı-ayrı kənd təsərrüfatı zəncirində hərəkətinin spesifik xüsusiyyətlərini 6 qrupa ayırmaq olar:

1. Radionuklidlərin torpaqda miqrasiyasının modeli;
2. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin əkilməsi zamanı radioaktiv çirklənməsinin modeli;
3. Radionuklidlərin torpaq-bitki sistemində miqrasiya modeli;
4. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizmində dövriyyə modeli;
5. Radionuklidlərin qida zənciri vasitəsi ilə dövr etmə modeli;
6. Radionuklidlərin aqrosferada (lokal, region və qlobal ölçüdə) yayılma modeli.

Belə radioloji şəraitlər radionuklidlərin kənd təsərrüfatı zənciri üzrə miqrasiyasının bir sıra faktorlarının təsiri altında yüksək intensivlik şəraitində həyata keçərkən xüsusi maraq doğurur. Radionuklidlərin belə tezləşdirilmiş yerdəyişməsinə səbəb dövretmənin ayrı-ayrı zəncirində onların müqayisə olunacaq dərəcədə yüksək hərəkətliliyi ilə izah oluna bilər; radionuklidlərin daşınmasını tezləşdirən özünəməxsus biokimyəvi şərait; ayrı-ayrı texnoloji proseslər qida məhsullarında radionuklidlərin toplanmasını yüksəltməyə şərait yarada bilər. Radioaktiv tozun küləyin sürətindən və

relyefdən aslı olaraq getdiyi məsafə və çirkləndirdiyi sahələrin istifadə istiqaməti qəbul olunmuş normativə uyğun olaraq seçilməlidir. Bunun mövcudluğu aqrosferanın radiasiya monitorinqi zamanı, AES üçün meydançanın seçilməsində böyük əhəmiyyət daşıyır.

Bu və ya digər regionun torpaq-bitki örtüyünün biokimyəvi şəraitinin özünəməxsusluğu bəzi hallarda kənd təsərrüfatı zənciri üzrə radionuklidlərin intensiv miqrasiyanın təmin edə bilər. Belə regionlar biokimyəvi anomaliyaya məxsus yerlər adını alıb, çünki radionuklidlərin dağılması ümumi biokimyəvi qanunauyğunluğa tabedir, bitki landşaftlarının dövriyyəsinin analoji parametrlərində radionuklidlər yalnız kənd təsərrüfat zənciri üzrə yox yüksək toplanma xüsusiyyəti ilə seçilir.



Şəkil 21

Belə bir anomaliyaya nümunə kimi Ukrayna və Belarus meşə sahələrini (həmçinin bir sıra Rusiyanın analoji ərazilərini-Bryansk, Ryazan, Vladimir və digər vilayətlərini) göstərmək olar. Bu rayonlardakı az məhsuldar çimli-giltorpaqlı və torflu

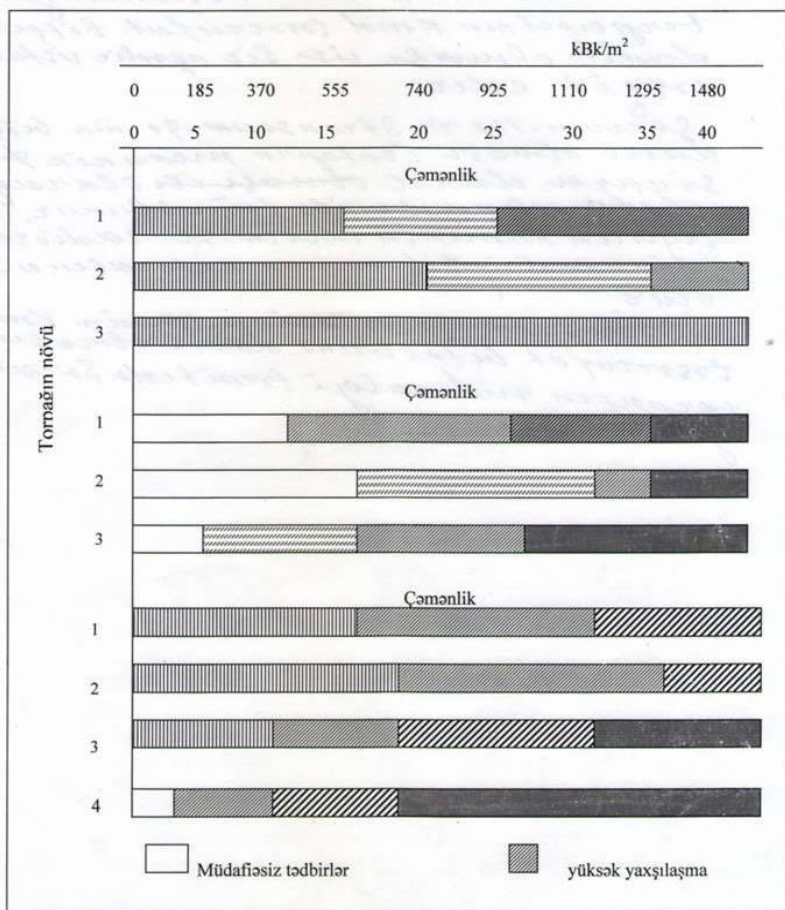
yüngül qranulometrik tərkibli torpaqlarda ^{90}Sr və ^{137}Cs -in yayılması, gümüş, kalsium və pH-la daha zəngin xüsusiyyət daşıyan bərk torpaqlara nisbətən çox yüksəkdir. Bu ona gətirib çıxarır ki, ^{90}Sr və ^{137}Cs bu rayonların torpaq-bitki sistemindəki miqrasiyanın intensivliyi ona bitişik olan ərazilərə nisbətən daha yüksəkdir.

Çəmənlik otlaq sahələrə ekoloji cəhətcə yararsız landşaftlar kimi baxmaq olar. Otlaq bitkilərində radionuklidlərin toplanmasının özünəməxsusluğu çəmənlikdə bitkilərin parçalanma xassəsinə malik olan örtülmüş qatın miqdarı ilə müəyyən olunur.

Radioaktiv çirklənmədən sonra çəmənlik-otlaq sahələrinə çökmüş radionuklidlər uzun müddət bu sahələrdə təbii və süni bitən bitkilərin çirklənməsini yaradan əsas amillərdən biridir. Beləcə bitkilər üçün ^{90}Sr və ^{137}Cs çəmənlikdə, şumlanmış ərazilərdən fərqli olaraq, 2... 10 dəfə çox qeyd olunur. ^{137}Cs -in bitkilərə daxil olması çəmənlik otlarının növlərindən və onların yetişdiyi torpaqdan çox asılıdır. Aşağıdakı qrafada Cernobıl AES-də inəklərin bu çəmənlikdə otlayarkən radionuklidlərin südə keçməsinin qiymətləndirilməsi və ya onlara lazım olan otun sərf olunması meyarı üzrə çəmənliklərin radioekoloji təsnifatı göstərilib.

Göründüyü kimi bataqlıq çəmənliyində ən əlverişsiz radioloji şərait olduğuna görə radioaktiv izotopların köklə bitkilərə daxil olması zamanı radioloji standartlara cavab verən təmiz südün alınması mümkün olmamasıdır. Süddə ^{137}Cs -in müvəqqəti mümkün ola bilən səviyyəsi (MİS) 370 Bk/l-ə bərabərdir. Səthi yumşaldılmış otlaq sahələrində aqrotexniki və aqrokimyəvi tədbirlərin aparılması bu bitkilərdə olan izotopların heyvan orqanizminə daxil olmasını azaldır və izotopun alınan süd, ət və digər qida məhsullarına keçməsinə məhdudlaşdırır.

Bitkilərin yoluxması zamanı radionuklidlərin dövriyyəsi sürətlənir və onların kök vasitəsi ilə daxil olması güclənir. Radionuklidlərin bitkilərə intensiv olaraq keçməsi çiləmə zamanı baş verir. Hərçənd, şırımlar və oyuqlar və s. vasitəsilə də radionuklidlər bitkilərə dəmyə şəraitində keçə bilər.



Şəkil 22. 1. qumlu; 2.yüngül və orta gilli; 3. ağır gilli və gilli; 4. torftərkibli.

Radionuklidlərin bitkilərin yeraltı hissəsinə, torpaqdakı dövriyyəindən asılı olmayaraq daxil olması və radionuklidlərin torpağın möhkəm qatlarından sorulması radioizotopların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətindən asılıdır. Torpaq-bitki sistemində dövriyyəyə daxil olan ⁹⁰Sr-ın payızlıq buğdada çiləmə suvarılması zamanı, dəmyə şəraitinə nisbətən 17...83 dəfədirsə,

belə bir daxil olma ^{137}Cs üçün daha üstünlük təşkil edərək 700-dən 1400 arasında dövr edir.

Dəmyə əkinçiliyindən fərqli olaraq, çiləmə şəraitində radionuklidlərin bitkilərə daha intensiv toplanması, torpağın mineraloji və kimyəvi tərkibi və ətraf mühətdə olan radioaktiv elementlərin hansı qrupa daxil olmasından asılı olaraq təsir göstərə bilər.

^{137}Se izotopu ilə çirklənmə zamanı çəmənliyin radioekoloji təsnifatı: müxtəlif mineraloji tərkibə görə və torpağın tipləri üçün ^{137}Se -in çirklənmə dərəcəsi 22-ci şəkildə göstərilib (müxtəlif meliorativ tədbirlərin standartı uyğun aparılması tərkibcə təmiz olan süd məhsulunun alınması mümkündür).

Cədvəl 28. ^{90}Sr və ^{137}Se -i izotoplarının dəmyə və suvarılan torpaqlardan payızlıq buğdaya daxil olması

Su rejimi	^{90}Sr		^{137}CS	
	Taxıl	Küləş	Taxıl	Küləş
Dəmyə şəraiti (torpaqda radionuklidlərin saxlanılma nisbətində görə)	0,003	0,03	0,0005..0,001	0,0005..0,01
Çiləmə və suvarma (radionuklidlərin çiləmə suyu ilə daxil edilən miqdarına nisbətən)	0,05...0,25	0,2...0,7	0,7	2,5

İonlaşdırılmış şüaların bitkilərə təsiri.

Bir çox radioloji şəraitdə bitkilər eyni vaxtda xarici və daxili (toxumalarda birləşən radionuklidlərdən) şüalanmaya məruz qalır. Şüalanmış fitosenozda (xarici) şüalanma mənbəyi tərkibində birləşmiş (yığılmış) radionuklidlər olan qonşu bitkilər vasitəsi ilə də baş verə bilər. Bitkilərin ayrı-ayrı orqanları üçün xarici şüalanma digər hissələrində yerləşən radionuklidlərin

təsirindən də yarana bilər, belə bir çirklənmə radionuklidlərin parçalanma müddətindən, onların verdiyi enerjinin səviyyəsindən, və toksiklik xassəsindən asılı olaraq dəyişilə bilər.

Mürəkkəb bitki orqanizmindəki canlı hüceyrələrin tərkibinə daxil olan bütün aktiv maddələrin reaksiyası ionlaşdırıcı şüaların təsirindən əmələ gəlir. Elementar radiobioloji proseslərin bioloji analizi, ionlaşdırıcı şüalanmanın biofiziki xüsusiyyətindən, effektivliyinin asılılığı üzrə əsaslandırılmış eksperimental məlumatlardan, bioloji analiz, dozanın gücü, bioloji toxumalarda xətti enerjinin itirilməsi, şüalanmanın yayıldığı hissəciklər və şəkli dəyişdirilmiş faktorları (hərərət, oksigenin qatılığı, suyun miqdarı, tərkibi və s.) 30-cu illərin ortalarında öyrənilməsi mümkün olmuşdur. Hədəf nəzəriyyəsinə uyğun olaraq ionlaşdırıcı şüaların təsiri nəticəsində bioloji xüsusiyyətlərin əsasını təşkil edən DNT-də və PNT-də müxtəlif dəyişiklərin əmələ gəlməsini mikrolokal hadisələr təşkil edir. Gücləndiricinin xüsusiyyətləri isə DNT və RNT-ın quruluşunda olan dəyişikliklər, şüalanmış hüceyrələrin tərkibində, maddələr mübadiləsində çatışmamazlıqların əmələ gəlməsinin baş verməsi ilə izah olunur.

Radiohəssas bitkilərin hüceyrələrdəki mübadilə prosesinin həcmindən asılı olan konsepsiyası daha çox yayılmış fikirdir. Müxtəlif növlü bitkilər üçün inkişafın tez dayandırılmasından ötrü tələb olunan şüalanma dozasının orta həcminin əks əlaqəsi nəzərə çarpır: iri xromosomlu bitkilər xırda xromosomlu bitkilərə nisbətən şüalanmaya daha çox həssasdırlar. Bitkilərin radiorezistentlərinin hüceyrə nüvəsinin (xromosomların) ölçüsündən asılılığı bütün bitki aləmi üçün eyni deyil.

Bitkilərin şüalanması ilə baş verən bioloji proseslər bölünən və xüsusi hüceyrələrdəki müxtəlif maddələr mübadiləsi ilə əlaqəlidir. Ali bitkilərin fərqləndirici cəhətləri ondadır ki, onurğalı canlılarla müqayisədə onlardakı orqanogenez embrional dövr ilə məhdudlaşır, bitkilərdə isə bütün həyatı boy davam edir. Bu, bitkilərdə embrional hüceyrələrin mövcudluğu bütün ontogenez boyunca hüceyrələrin bölünməsinə bacarığı

qoruyub saxlayan meristem sayəsində mümkündür. Meristemlərin radiohəssaslığı diferensial və xüsusi hüceyrələrdəkindən 10 və 100 dəfə yüksəkdir.

Bitkilərdə hüceyrə səviyyəsində olan radiasiya dəyişməsi mitotik fəallığın düşməsi, xromosomlu aberrasiyanın çoxalması (böyüməsi, artması) və apikal meristem hüceyrələrinin mitotistik silsilənin uzunluğunun (sürəkliyi) artması sitogenetik zədələnmə ilə aşkar olunur. Hüceyrə səviyyəsində şüalanmanın təsiri altında baş verən dəyişikliklər sonradan bütöv orqanizm və fitosenoz səviyyəsində özünü göstərir. Şüalanmış fitosenozda daha çox radiohissiyatlı bitki növlərinin azalması, bitkilərin sayının və meydançanın vahidinə düşən fitokütlə ehtiyatının dəyişməsi, normal mübadilə proseslərin axınının (dövriyyəsinin) pozulması və s. müşahidə olunur. Bitkilərin ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə olan cavab reaksiyası şüalanmanın dozasından asılıdır. Radiobiologiyada şüalanmanın dozası qreylə ($1Qr=1Dj/kq$), ekspozisiya dozaları isə rentgenlə ($1R=2,58 \cdot 10^{-4}Kl/kq$) ölçmək qəbul olunub. Şüalanmanın bioloji effekti ionlaşmış şüalanmanın təsirinin intensivliyindən dozanın gücündən asılıdır. İonlaşmış şüalanmanın müxtəlif növlərinin bioloji təsirini hesaba almaqla udulmuş enerjinin vahidini zivert ilə ölçürlər (1 Zv qreylə qiymətləndirilən udulmuş dozanın vahidi-nisbi bioloji təsir ölçüsünə-bərabər tutulur). İonlaşmış şüalanmanın müqayisə olunacaq dərəcədə kiçik dozalarda təsiri zamanı 5... 10 Qr toxumalar üçün isə 1..5 Qr bərabərdir.

İonlaşdırıcı şüaların toxumalara və inkişafda olan bitkilərə bioloji təsiri ölümcül və yarımölümcül dozaların -faza dövrün sonunacan bitkiləri ömürlülüyü üzrə nəzərdə tutulan LD_{100} və LD_{50} -in miqdarı ilə qiymətləndirilir. Bir çox kənd təsərrüfatı sahələrində 50-70% bitkilərin ölümü ilə nəticələnən şüalanma dozası məhsuldarlığın tam itməsinə gətirib çıxarır, ona görə də bitkilərin məhsuldarlığının şüalanma zamanı davamlılığının xarakteristikası üçün dozaya uyğun gələn, məhsuldarlığın 50% enməsinə səbəb olan UD_{50} anlayışından istifadə edilir.

Cədvəl 29. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin toxumlarının stimullaşdırıcı dozaları

Birkilərin növü	Stimullaşdırıcı doza Qr	Bitki növü	Stimullaşdırıcı doza Qr
Noxud	3...10	Xiyar	3...40
Qarğıdalı	5...10	Acı paxla	40...160
Çovdar	10	Yerkökü	20...40
Buğda	25	Kətan	20
Yemiş	40	Kələm	2,5...80
Tomatlar	2,5...10	Yonca	5...40
Pambıq kolu	5...30	Qırmızı turp	10

Cədvəl 30. Taxıl bitkisinin inkişaf fazası dövründə qamma şulanması (orta UD₅₀)

Bitkilərin şulanma anında inkişaf mərhələsi	Payızlıq buğda	Yazlıq buğda	Payızlıq çovdar	Yazlıq çovdar	Yazlıq və payızlıq	Yulaf	Düyü
Təzə cücərmiş taxıl	50	60	35	35	30	45	-
Kollanma	20	35	30	20	20	30	-
Buğum bağlama	8	13	4	4	8	16	75
Sünbüllənmə	25	24	20	15	12	10	160
Çiçəklənmə	35	40	35	35	30	35	-

Bitkilərin bu və ya digər növü üçün LD_{50} və UD_{50} 10 dəfədən və ondan da çox fərqlənə bilər. Aqrofitosenoz şüalanmaya ionlaşmanın təsiri yalnız bitkilərin inkişafına və ölçüsünə təsir edən faktorlardan biridir. Bu vəziyyətlərdə bəzi ekoloji faktorların yekun təsiri zamanı additiv, sinergik və ya kompensatorlu təsirlər qeyd oluna bilər (məsələn, quraqlıq zamanı bitkilərə ionlaşmış şüaların təsirinin sürətlə getməsi daha çox özünü biruzə verir).

Radioaktiv izotopların və şüaların yayılmasından asılı olaraq heyvanlara təsiri.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarına doza yükünü təyin edən radiasiya şəraitinin yaranmasının gedişi radioaktiv maddələrin xarici mühidə yayılması və bölünməsinin, radionuklidlərin nüvə-fiziki parametrlərin yaranmış xarici və daxili şüalanma mənbələrinin növlərinin xüsusiyyətindən asılıdır. Heyvanların xarici şüalanmasının mənbəyi ətraf mühitin müxtəlif komponentlərində bölünmüş radionuklidlər, daxili şüalanma mənbəyi isə heyvanların orqanizminə su, yem, hava və dəri qatı ilə daxil olan radionuklidlərdir.

Xarici şüalanmanın heyvanlara təsiri şüanın yayılmasının təsirindən asılıdır, belə ki, α və β şüalarının yayılması, xarici təsir zamanı böyük təhlükə yaratmır, yalnız dərinin üst qatına təsir göstərə bilər. Həmin şəraitdə γ -və neytron şüalarının yayılması, böyük yayılma və keçmə qabiliyyətinə malik olaraq heyvanların ümumi şüa zərbəsinə məruz qalmasını əmələ gətirir. Ionlaşdırıcı şüaların yayılmasının bioloji təsirini qiymətləndirmək üçün ən əsas meyarlar heyvanların ölümə nəticələnməsi sayılır. Bununla əlaqədar olaraq birdəfəlik şüalanmanın ölümcül və yarımölmüclü dozaları anlayışından istifadə edilir. Yarımölmüclü doza olan $LD_{50/30}$ -şüalanmadan sonrakı ilk 30 gün ərzində heyvanların 50%-nin ölümünə səbəb olan minimal dozadır, $LD_{100/30}$ isə bu müddət ərzində bütün şüalanan heyvanların 100%-lik ölümə nəticələnməsi deməkdir.

Cədvəl 31. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının γ -şüalanması zamanı 50% ölümlə nəticələnmə.

Heyvanın növü	R/dəqiqədə dozanın gücü	LD _{50/30}		Orta ömür uzunluğu sutka
		Havadakı doza heyvanların orta xətti üzrə, R	Dozanın hüceyrələrə keçməsi, Qr	
İri buynuzlu qaramal	0,9...6,6	200...543	1,25...1,60	20
Qoyun	0,5...4,4	276...352	1,47	23 20
Keçi	1,3...7,5	395...550	2,4...3,5	27
Donuz	10...50	313...450	1,4...2,7	35
Eşşək	0,4...0,8	620...770	2,8...2,9	46
At	1,5	400	1,6	-
Yaşlı quşlar	1,5	1100	-	-

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının radiohəssaslığına görə ardıcılığı aşağıdakı qaydada düzülür: iribuynuzlu qaramal, qoyunlar, keçilər, donuzlar, eşşəklər, atlar, toyuqlar. Məhsuldar heyvanların 3-3,5 Qr dozaya qədər birdəfəlik kəskin şüalanması onların ölümünə səbəb olmur, 7...8 Qr dozada isə bütün heyvanlar məhv olur. Ionlaşmış şüaların yayılmasının təsirinin xarakterindən asılı olaraq (kəskin və ya uzun müddətli) çox yüksək dozada udulma zamanı heyvanlarda şüa xəstəliyi yarana bilər (bu kəskin və ya xroniki ola bilər). Kənd təsərrüfatı heyvanlarında ağırlıq dərəcəsinə görə kəskin şüa xəstəliyinin 4 forması fərqləndirilir -yüngül (1,5-2 Qr dozada), orta (2,5-4 Qr), ağır (4-6 Qr) və çox ağır (6 Qr-dən) yuxarı.

Radioekoloji nöqteyi-nəzərdən, radionuklidlərlə çirklənmiş sahədə saxlanılan kənd təsərrüfatı heyvanlarının radiasiya zərbəsinə məruz qalması daha böyük maraq kəsb edir. Bu şəraitdə kənd təsərrüfatı heyvanlarının böyük bir hissəsi ionlaşdırıcı şüaların yayılması mənbəyindən ibarət şüalanma sahəsinə düşərək (otlaqlarda, ferma tikintilərində) heyvanların toz ilə radionuklidləri qəbul etməsi, yemləmə

zamanı heyvanların bədəninə təsir edən daxili şüalanma nəticəsində yoluxmaya məruz qalırlar. Müxtəlif radionuklidlər ayrı-ayrı toxuma və hüceyrələrdə toplanaraq, heyvanların bu orqanlarının yüksək dərəcədə şüalanmasına gətirib çıxarır. Orqanizmə yemlə daxil olan ardıcıl olaraq ^{131}I qalxanabənzər vəzidə toplanır, əgər radioaktiv maddələrin çirkləndirici qarışığının tərkibində bu radionuklid varsa, onda onun radiasiya zədələnməsini əmələ gətirir. Çernobıl AES-da qəza zonasında heyvanların şüa zədəsinə məruz qalması ^{131}I -in qalxanabənzər vəzidə intensiv toplanması səbəbindən baş vermişdi.

Onu da qeyd etmək vacibdir ki, kənd təsərrüfatı heyvanlarının radiasiya zədələnməsi radionuklidlərin ətraf mühətdə, qida məhsullarının tərkibində yolverilməz qatılıqda qəbul edilməsi mümkün sayılmayan dozadan daha yüksək olduğu zamanlarda baş verir. Bu radioekologiyanın əsas istiqamətlərindən birini əks etdirir: ətraf mühitin radioaktiv çirklənmə zamanı bitkiyə heyvanların radiasiya zədələnməsi müşahidə olunan və kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsal olunması qeyri-mümkün sayıldığı yerdə ekoloji standartlara normativ əsasında cavab verməməsi bu məhsulların satışa çıxarılmasına qadağa qoyulur. Cədvəldə qeyd olunan məlumatlardan görüldüyü kimi Çernobıl AES-da qəza nəticəsində ətrafa düşən radioaktiv ^{137}Se izotopunun çirklənmə dozasından asılı olaraq kənd təsərrüfat məhsullarında və heyvanlarda radioaktiv yoluxma biri-birindən fərqlənmişdir.

Kənd təsərrüfatı istehsal sahələrində radioekoloji monitoring

Kənd təsərrüfatı sahəsində radiasiya monitoring- bu arasıkəsilməyən (müşahidə/ölçmə), qiymətləndirmə və təbiətin komponentlərinin aktiv çirklənməsinin proqnozudur. Bunlar insanın kənd təsərrüfatında fəaliyyəti zamanı əldə edilən ərzaq və diyə tərkibli məhsulların radioaktiv izotoplarının təsirinə məruz qalaraq onların çirklənməsinə qarşı cavab reaksiyadır.

Cədvəl 32. Çernobil AES-də baş vermiş qəzanın radioekoloji nəticəsi

Meyarlar	Şüalanma dozası, Qr/il (qəzanın ilk dövrü)	¹³⁷ Cs-in çökməsinin qalınlığı, MBk/m ²
İynəyarpaqlı ağaclar	10	>II
Digər növ ağaclar	30	Aşkar edilməyib
Aqroekosistemlər	70	Aşkar edilməyib
Heyvanların radiasiya zədələnməsi (qalxanabənzər vəzinin ¹³⁷ I-dən şüalanması)	50	7.4
İlkin genetik təsirlər	0.1	1.9
Kənd təsərrüfatı məhsullarından ¹³⁷ Cs-in yolverilən səviyyəsinin müvəqqəti ötür keçməsi:		
Süd, 370Bk/l		0.6
Ət, 740 Bk/kq		3
Taxıl, 370 Bk/kq		>3.7

Normal çirklənmiş şəraitdə radiasiya monitorinqinin gigiyenik aspektlərinin yerinə yetirilməsi, insanın qida rasionunda istifadə olunan heyvandarlıq və bitkiçilik məhsullarında radionuklidlərin toplanmasını müəyyən-ləşdirilməsi və vaxtında qida zəncirinin radioaktiv çirklənmə səviyyəsinin təyin olunması vacib yerlərdən birini tutur. Eyni zamanda radioaktiv çirklənməyə gigiyenik yanaşma bütün hallarda insanlara və digər canlı sahələrə (bitki, heyvanlar) eyni vaxtda radiasiya təhlükəsizliyini təmin etmək mümkün olar. Radionuklidlərin təbii mühitə daxil olması zamanı bir tərəfdən insana digər tərəfdən isə ayrı-ayrı canlı obyektlərə real dozanı təsir etməsi əhəmiyyətli dərəcədə bir-birindən seçilə bilər. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bitkilər və heyvanlar tərəfindən qəbul edilmiş doza insanlardakına nisbətən bir qədər yüksək olur. Bu, onlarda qəbul olunmuş dozaların formalaşması prosesində prinsipial fərqlənməsinin mövcudluğu insan və

heyvanlar üçün isə həmçinin müxtəlif davranış və reaksiyalar ilə izah edilir.

Beta şüası verən nuklidlər insanın xarici şüalanmasında heç bir nəzərə çarpan rol oynamır, lakin bitkilərdə toplanan doza çox güclü təsir göstərir. İnsanın radiasiya təhlükəsizliyini təmin etmək üçün kompleks müdafiə tədbirləri işlənilib hazırlanıb (köçürülmə, çirklənmiş ərazidə tez-tez olmamaq, çirklənmiş qida məhsullarından istifadədən müvəqqəti və ya daimi dayandırılması müdafiə qurğularından və, dərini mühafizə edici paltarlardan istifadə edilməsi və.s.). Kənd təsərrüfatı bitkilərinin və heyvanlarının müdafiəsi aktiv metodlarının seçimi və ondan istifadə edilməsi texniki və ya iqtisadi səbəblər üzündən çox məhduddur.

Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış sahələrdə aqrosənaye istehsalının aparılması, bir qayda olaraq, y-şüalanması və radionuklidlərin torpaq-bitki örtüyündə çirklənmənin sıxlığının mahiyyəti göstərilmiş kartoqrafik əsasın mövcudluğunu ehtimal edir. Belə xəritələrin tərtib edilməsi ətraf mühitin radiasiya monitorinqinin əsas vacib vəzifələrindən biridir.

Kənd təsərrüfatı sahələrinin radioaktiv çirklənməsinin ölçü və xarakteristikasını müəyyən edən daha effektiv və operativ üsullar yerüstü və hava yolları vasitəsilə γ -çəkilişdir. Qamma çəkilişi zamanı şüanın yayılmasının sürəti, onların yerlərə çökməsinin müxtəlifliyi, şüaların yayılması, onların getmə məsafəsinə ətraf mühütün, relyefin və kimyəvi tərkibinə nə kimi təsir göstərməsi izah olunur. Radiasiya monitorinqinin növbəti etapu kənd təsərrüfatı obyektlərindən (bitkilər, heyvandarlıq məhsulları və b.) nümunələrin götürülməsi və onların tərkibində radionuklidlərin müəyyən olunmasıdır. Bu zaman radionuklidlərin konsentrasiyasının qiymətləndirilməsinin spektrometrik üsulları kimi çox ağır zəhmət tələb edən radiokimyəvi üsullardan da istifadə edilir. Bu zaman radionuklid tərkibli aqrosənaye məhsullarından istifadə ilə əlaqəli olan daxili şüalanmanın dozasını şərtləndirən «kritik» radionuklidlərin tərkibinin müəyyən edilməsinə xüsusi diqqət yetirilir. Kənd

təsərrüfatı sahələrinin radiasiya monitorinqi zamanı şəxsi həyatı sahələrin tədqiqatına xüsusi diqqət yetirilir. Çünki, bir çox hallarda kənd təsərrüfatı məhsullarında radionuklidlərin yığılması kollektiv formada olan insanların yoluxmasına səbəb olur. Radioloji xəritələrin növlərinin müxtəlifliyi orada olan dozayaradıcı qida məhsullarının çirklənmə səviyyəsi (süddə) və ya əhəmiyyətli dərəcədə olan nuklidlərin (^{90}Sr , ^{137}Cs) kənd təsərrüfatı məhsullarına torpaqdan (Kn) daxil olma səviyyəsi ilə izah olunur.

Kənd təsərrüfat istehsalının aparılması prinsipləri və yüksək radionuklidlərlə çirklənmiş ərazilərdə kompleks müdafiə tədbirlərinin yerinə yetirilməsi.

Yüksək tərkibli radionuklidlər olan ərazilərdə aqrosənaye istehsalının təşkil olunmasında tələb olunan qərarlar zamanı əsas problemlər, radioloji standartlara cavab verən kənd təsərrüfatı məhsullarının alınması və şüalanma zonasında şüalanma dozasının minimuma endirilməsidir. Radioloji standartları qida məhsullarında radionuklidlərin ehtimal edilən konsentrasiyası növündə ifadə olunur (onlar Bk/kq-la ölçülür). Bu konsentrasiyanın təyin olunması, həmin mühtdə olan radionuklidlərin çirkləndirdiyi qida məhsullarının qəbul olunması zamanı inkişafda olan insanın şüalanma dozəsindən asılı olaraq yaranması ilə izah olunur. Bu yolla, aqrosferada olan radionuklidlərdən insanın şüalanmasının məhdudiyət doza prinsipi ilə realizasiya olunur (şüalanmanın təsiri onun dozəsindən asılıdır). Kənd təsərrüfatı sahəsində radionuklidlərin ehtimal edilən tərkibinin törəmə meyarları kimi müəyyən radionuklidlər tərəfindən onların çirkləndirilməsi sıxlığından istifadə edilir (onlar Bk/m²-də ifadə edilir). Bu zaman güman edilir ki, istehsal olunan kənd təsərrüfatı məhsullarında radionuklidlərin qatılığı, onların tərkibində yol verilən dozəsini keçməsidir. İnsanın orqanizmində olan radionuklidlərin əmələ gətirdiyi şüalanma dərəcəsi onun dozəsindən asılıdır. Kənd təsərrüfatı sahələrindəki radionuklidlərin çirklənmə meyarlığı

ətraf mühitə düşən radioizotopların çirklənmə sıxlığından istifadə edilir, (bu Bk/m²-lə ifadə olunur). Bununla bərabər güman edilir ki, kənd təsərrüfatı sahələrinin çirkləndirilmə sıxlığı olan ərazidə istehsal olunan kənd təsərrüfatı məhsullarındakı radionuklidlərin qatılığı ehtimal edilən təbii konsentrasiyadan çox deyil.

Cədvəl 33. Ağır radiasiya qəzaları zamanı ətraf mühitin çirklənmə sahəsi

Qəza baş verən yer	Ümumi (yekun) tullantı, Bk	⁹⁰ Sr, Bk	¹³¹ I, Bk	¹³⁷ Cs, Bk	Şəxsi təsərrüfatdan çıxarılmış ərazi km ² 1000	Tullantıların qeyd olunduğu ərazi, km ²
Cənubi Ural, 1957-ci il	7,4.10 ¹⁶	2,0.10 ¹⁵	-	2,7.10 ¹³		15000
Uindskeyl, 1957-ci il	-	7,4.10 ¹⁴	7,4.10 ¹⁴		2,2.10 ¹⁴	500
Çernobl AES, 1986-ci il	1,85.10 ⁸	8,1.10 ¹⁵	(3,7...6,3) 10 ¹⁷	7,4.10 ¹⁶	3000	20000

Aqrosənaye istehsal sahəsində ətraf mühitə radioaktiv maddələrin tullantısı ilə müşayiət olunan və olduqca geniş ərazilərin çirklənməsi ilə nəticələnən üç ən böyük radiasiya qazıntısından sonra ciddi problemlər yarandı. 1957-ci ildə Cənubi Uralda radioaktiv tullantıların saxlandığı kütlənin istilik partlayışı baş verdi (ümumi tullantı 2 MK; (7,4.10¹⁶Bk) burada əmələ gələn radioaktiv elementlər əsasən aşağıdakılardan ibarət olmuşdur. [⁹⁰Sr, ¹⁴⁴Ce+¹⁴⁴Pr, ⁹⁵Zr+⁹⁵Nb, ¹⁰⁶Ru+¹⁰⁶Rh]. 1957-ci ildə Uindskeyldə (Böyük Britaniya) plutonium reaktorunda baş verən yangından sonra yaranan reaksiyanın nəticəsində yeni

radioaktiv məhsulların ətrafa düşməsi baş vermişdir. 1986-cı ildə Çeronbil AES-də reaktorun fəal zonasının dağılması dünya atom energetikası tarixində ən böyük qəza ilə nəticələndi. Atmosferə 50 Mki ($1,85 \cdot 10^{18}$ Bk) həcmində radionuklidlər düşdü. Bunların içərisində aqrosənaye istehsalına ən çox ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu və başqaları təsir göstərdilər. Cədvəldə bu nüvə qəzalarını izah edən əsas məlumatlar verilmişdir.

Ətraf mühitə radioaktiv tullantıların atılması və kənd təsərrüfatı sahələrinin çirkləndirilməsi ilə nəticələnən radiasiya qəzalarının vəziyyəti aşağıdakı qaydada izah etmək olar, aqrosənaye sahəsində məhsulların minimal çirkləndirilməsini təmin etmək və kənd təsərrüfatı heyvanlarına doza təsirinin məhdudlaşdırılmasına qarşı tələbatın yerinə yetirilmə qaydasına nəzarəti gücləndirmək. Əhalinin radiasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün də analoji dövrə bölünmə tədbirləri həyata keçirilir: bu yuxarıda göstərilən dövrlərdən bir az fərqlənə bilər, hərçənd bu tədbirlərdə ümumi oxşar cəhətlər də var. Çirklənmiş ərazilərdə müdafiə tədbirlərinin həyata keçirilməsi üçün kənd təsərrüfatı mütəxəssislərindən ötrü radiasiya təhlükəsizliyi normalarına cavab verən şəraitin təmin edilməsi də həyata keçirilməlidir. Əgər ətraf mühitə düşən radioaktiv izotoplar müxtəlif parçalanma dövrünə malik olan izotoplar qarışığından ibarətdirsə reaktorun aktiv zonasında parçalanma məhsullarından yeni əmələ gələn β və γ şüaları, həmçinin nüvə bölünməsindən yaranan α -şüalanması nəticəsində, ilkin dövrdə yerlərdə dozanın gücü maksimal həddə çatır.

Bitkilərin çirkləndirilməsi, ən əsas radionuklidlərin torpağın üst qatına, birbaşa çökməsi zamanı özünü göstərir. Kəskin fazanın davam etməsi tullantının ətrafa düşməsindən sonra bir ilədək davam edir. Bitkilərin radioaktiv çirklənməsinin dərəcəsi ilin qəza baş verən dövründən asılıdır. Əgər radioaktiv çirklənmə yaz və yay aylarında baş verirsə, onda radionuklidlər bitkilərdə daha çox toplana bilər, ona görə ki, bitkilər bu vaxt vegetasiya dövründə olur. Qəzanın ilkin mərhələsində kənd təsərrüfatı heyvanlarının şüa zədələnməsinə məruz qalması da istisna olunmur, ona görə ki, bu dövrdə udulmuş doza böyük

(ölümcül hala kimi) təsir edici səviyyədə ola bilər. Qəzanın kəskin dövründə qısa ömürlü bioloji əhəmiyyətli radionuklidlər vacib rol oynayır (radionuklidlərdən, birinci növbədə ^{131}I). Bu izotopun heyvan orqanizmindən qısa bir müddətdə ərzində südə keçməsi və bu məhsulun insan orqanizmi üçün təhlükə yaratması əsas amillərdən biridir. Orqanizmə normadan artıq daxil olan I-131 izotopu qısa bir müddət ərzində qalxanvari vəzinin tərkibinə toplanır, dozanın səviyyəsindən asılı olaraq müxtəlif tərkibli patoloji proseslərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Təsadüfi deyil ki, qəzanın ilkin dövrü «yodlu təhlükə» dövrü hesab edilir.

Radiasiya qəzasının ikinci mərhələsini orta mərhələ adlandırırlar, bu tullantıdan sonrakı 2-4 ili əhatə edir. Bunun üçün dozanın gücünün aşağı düşməsi xarakterikdir, ona görə də bitkilərin çirklənməsində əsas rolu radionuklidlərin torpaq qatından mənimsənilməsi nəticəsində yaranır. Aqrar mühitdə radioaktiv izotopların dozasının aşağı düşməsi ilə əlaqədar olaraq radioloji vəziyyət stabilləşməyə başlayır. Qəza nəticəsində baş verən çirklənmədən 4-5 il sonra başqa bir mərhələ yaranır. Bu zaman bitkiçilik və heyvandarlıq məhsullarının radioaktiv çirklənməsi uzunömürlü radionuklidlər (^{90}Sr və ^{137}Se) ilə müəyyən olunur. Ətraf mühitə tullanan ^{90}Sr və ^{137}Se qarışığı elə bir vəziyyət yaradır ki, çirklənmiş kənd təsərrüfatı sahəsində radiasiya təhlükəsi çox böyük vaxt ərzində (onillərlə) ətraf mühitdə qalır.

Kənd təsərrüfatı sahələrinin idarə olunmasının xüsusiyyətləri, həmçinin radioloji standartlara cavab verən məhsulların alınmasına yönəldilən müdafiə tədbirlərinin intensivliyi radioaktiv çirklənmənin sıxlığı ilə aşkar olunur. Bu zaman çirklənmiş sahələr müəyyən tərkibli radionuklidlər olan ərazilərə bölünür. Radioaktiv çirklənmənin sıxlığı üzrə ərazilərə bölünmə əsas kənd təsərrüfatı məhsullarındakı (süd, ət, bitkiçilik və s.) bioloji əhəmiyyətli radionuklidlərin bir səviyyədə olmayan toplanması ilə müəyyən edilir. Belə ki, 1986-cı ildə baş vermiş Çernobil AES-dəki qəza regionunda APK-də ^{137}Cs (çox ağır radionuklid): $5\text{Ki}/\text{km}^2$, ($185\text{ kBk}/\text{m}^2$) kimi, 5-15 (185-555),

15-40 (555-1480) və 40 Ki/km² (1480 kBk/m²)-dən yuxarı sıxlığı olan çirklənmə zonalarına ayrılmışdı. Qeyd olunmuş zonaların hər birində radioloji standartlara cavab verən məhsulların alınmasını təmin edən aqrosənaye istehsalının diferensiyallı sistemi tətbiq olunmuşdu. ⁹⁰Sr-in çox ağır xüsusiyyətə malik olan radionuklid olduğu üçün Şərqi-Uralda radioaktiv çirklənmiş sahələrdə zonalaşdırılma bu radionuklid üzrə aparılmışdı. 1 Ki/km² (37 kBk/m²) -yə qədər olan ⁹⁰Sr sıxlığı çirklənmə zonasında kənd təsərrüfatı işlərinin aparılması üzrə heç bir məhdudiyət qoyulmamışdır. ⁹⁰Sr 1...2 Ki/km² (37...74kBk/m²) çirklənmə səviyyəsi müşahidə olunan ərazilərdə taxılçılıq və yemçilik məhsullarının əkilməsi və yetişdirilməsi, bununla bərabər südçülük və ətçilik istiqamətdə heyvandarlığın inkişafına heç bir məhdudiyət qoyulmamışdı. ⁹⁰Sr 2-4 Ki/km² (74-148 kBk/m²) sıxlığı ilə çirklənmiş ərazilərdə toxumçuluq və yemçilik üçün nəzərdə tutulan taxıl növlərinin becərilməsinə; donuzçuluq və quşçuluq təsərrüfatlarına və ⁹⁰Sr-in minimal tərkibli çirklənmə norması ilə yemlənən heyvanların yetişdirilməsinə icazə verilmişdir. 4Ki/km² (148kBk/m²)-dən yuxarı ⁹⁰Sr sıxlığı ilə çirklənmiş zonalarda aqrosənaye istehsalı dayandırılmışdı.

Çirklənmiş ərazilərdə aparılan zərərsizləşdirmə tədbirlərinin əsas məqsədi qida məhsullarında və kənd təsərrüfat bitkilərində radioaktiv izotopların minimuma endirilməsi və torpağın üst hissəsində olan çirklənmənin zərərsizdirilməsi bu sahələrdə yetişdirilən qida məhsullarından istifadə etməsi mümkün olsun. Məlum olduğu kimi, radionuklidlərin kənd təsərrüfatı məhsullarına keçməsi birbaşa kənd təsərrüfatı sahələrinin radioaktiv izotoplar tərəfindən çirkləndirilməsi sıxlığından asılıdır. Bundan əlavə bu keçmə həmçinin təbii mühitdən ən əsası isə torpaq qatının növündən asılıdır. Ona görə də, əgər çirklənmə müxtəlif tipli torpaq qatı olan regionları əhatə edibsə, onda bir növdə olan kənd təsərrüfatı məhsulları torpaq qatından asılı olaraq əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənə bilər. Bununla əlaqədar olaraq çirklənmiş əraziləri (kənd təsərrüfatı yerlərini) doza prinsipi üzrə, əhalini işlə təmin etmək üçün

şüalanma dozası üzrə zonalara bölmək daha məsləhətdir. Hərçənd, təcrübi nöqtəyi-nəzərdən ətraf mühitin ilkin qəza mərhələsində çirklənməsi zamanı bu prinsipin həyata keçirilməsi müəyyən çətinliklər yaradır. Radioaktiv tozun ətraf mühütə düşməsi zamanı baş verəcək qəzalardan kənar olmaq üçün bu izotopları kənd təsərrüfatı zənciri üzrə yayılacaq sahələrdə zərəsizləşdirmək, bu sahədə yaşayan insanların həmin vaxt istehsal olunan qida məhsullarından istifadə olunmasına qadağanın qoyulması kütləvi formada yoluxmanın qarşısını ala bilər.

Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış torpaqlarda aqrosənaye istehsalının aparılması zamanı məqsəd radioloji standartlara cavab verən məhsulların alınması və radionuklid tərkibli ərzaq məhsullarından istifadə edən əhalinin şüalanma dozasının minimumlaşdıran bir sıra müdafiə tədbirləri həyata keçirilməsidir. Aqrosənaye sahəsində aparılan tədbirlər radioekoloji göstəricilərə kənd təsərrüfatı məhsullarında radionuklidlərin toplanmasının aşağı düşməsi üzrə, radioekoloji meyarlar üzrə tərkibində radionuklid olan kənd təsərrüfatı məhsullarından istifadə zamanı əhalinin şüalanma dozasının azaldılmasına görə və radioekoloji-iqtisadi göstəricilərə (şüalanma dozasının hər vahidinə iqtisadi sərfələr) görə qiymətləndirilir.

Qəzanın nəticələrinin aradan qaldırılması əsasən müdafiə tədbirlərinin effektivliyindən və daxili şüalanmanın törətdiyi fəsadlardan (əhalinin daxili və xarici şüalanmasının dozasının qarşılıqlı əlaqələrindən) asılıdır.

Radioekoloji şərait haqqındakı biliklər, əhalinin daxili və xarici şüalanmasının əhəmiyyətini qabaqcadan planlaşdırmağa və bu əsaslar üzrə müəyyən profilaktik tədbirlərin həyata keçirilməsinə köməklik edir. Hərçənd, bu mənbələrin ümumi dozada radiasiya təsirinin törətdiyi fəsadlar hətta radioloji prosesin bir növü üçün də əhəmiyyətli dərəcədə şəraiti dəyişdirə bilər. Xarici şüalanmadan çirklənmiş zonalarda yaşayan və əmək fəaliyyəti ilə məşğul olan əhalinin ərzaqla təchizi zamanı daxili şüalanma üstünlük təşkil edərsə, çirklənmiş ərazilərin

daxilində olan qida məhsullarından istifadəyə qadağa qoyulmalıdır. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, çirklənmiş ərzaq məhsullarından istifadəyə qadağa qoyulması daxili şüalanmanın azalması imkanı, xarici şüalanmaya nisbətən daha azlıq təşkil edir. Böyük ərazilərdə yaşayan əhalinin xarici şüalanma dozasının aşağı düşməsi üçün bir qayda olaraq bu sahələrdə aqrokimyəvi dezaktivasiya və digər tədbirlərin aparılması məsləhət görülür.

Radioaktiv maddələrlə çirkləndirilmiş ərazilərdə aparılan müdafiə tədbirlərini iki qrupa bölmək olar: ənənəvi (adi) və xüsusi. Birincinin tətbiqi zamanı eyni zamanda iki məqsəd əldə edilir: bir tərəfdən torpaq qatının məhsuldarlığının artırılması, bitkiçilik məhsullarının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması və heyvanların məhsuldarlığının artırılması, başqa tərəfdən isə - aqrosənaye məhsullarında radionuklidlərin toplanmasının aşağı salınması. Xüsusi qrupa aid olan əks tədbir zamanı, kənd təsərrüfatı məhsullarında radionuklidlərin konsentrasiyasının aşağı salınması vəzifəsi ən əsas tədbirlərdən biri sayılır.

Cədvəl 34. Radioaktiv çirklənmə zamanı aparılan meliorativ tədbirlərin əhəmiyyəti

Müdafiə tədbirləri	^{90}Sr və ^{137}Cs qatılığını məhsulda aşağı salınması
Torpağın üst qatının çirklən-məsindən sonra aparılan aqrotexnik tədbirlər	1,2...1,6
Turş torpaq qatının əhəng ilə işlənilməsi	1,8...2,2
Mineral gübrələrin verilməsi	1,5...3,5
Bişənək və otlaq sahələrinin, çirklənmədən sonra zərərsizləş-dirilməsi	5...10-dək
Məhsulun texnoloji emalı	10...20-dək

Əkinçilikdə çirklənmiş ərazilərdə adi müdafiə tədbirlərindən biri torpaq qatının emalıdır. Radionuklidlərin

sahəyə düşməsindən sonra torpaq qatının çirklənməsi şümlənmiş sahədə eyni səviyyədə paylanmır və izotopların bitki kökləri tərəfindən mənimsənilməsi, torpaqda bu izotopların aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Bu isə həmin sahədə çalışan insanların şüalanma dozasının azaldılması üçün çox vacibdir. Torpaq qatının işlənilməsi müxtəlif aqrotexniki üsullarla həyata keçirilir ki, bu da bitkilərin təkrar çirklənməsinin qarşısını alır və mexanizatorların işinin sanitar-gigiyena şəraitini yaxşılaşdırır.

Məhsuldar ağır torpaq qatında qranulometrik üsulla, torpağın yuxarı qatından olan radionuklidlərin 50 sm alt qatlara salınması da ən əhəmiyyətli tədbir sayılır ki, bu da radioizotopların bitkilərə keçməsi səviyyəsini azaldır.

Çirklənmiş sahələrdə radionuklidlərin toplanmasını aşağı salmaq üçün vacib üsullardan biri aqrokimyəvi tədbirdir. Mineral gübrələnmə və əhənglə işlənilmə zamanı radionuklidlərin torpaq qatından bitkilərə keçməsinin aşağı endirilməsi müşahidə olunur. Torpaq qatında gedən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində radionuklidlərin bitkilər üçün qorxulu şəraitin yaradılması baş verə bilər. Bioloji mənada vacib uzunömürlü ^{90}Sr və ^{137}Cs və onların kimyəvi analogları -Ca qeyri-izotop daşıyıcıları (əhəngləmə) və K kalium bu kimi radionuklidlərin bitkilər tərəfindən mənimsənilməsində antaqonizm rolunu yerinə yetirir beləliklə bu izotopların torpaqdan bitki tərəfindən mənimsənilməsinin miqdarını aşağı salır.

Bitkiçilik sahəsində radionuklidlərin kənd təsərrüfatı məhsullarına daxil olmasının endirilməsi üçün vacib üsullar işlənilməli və radionuklidlərin minimal toplanması ilə xarakterizə olunan bitki sortlarının seçilməsi vacib şərtlərdən biridir. Çəmənlik və yem istehsalı sahəsində radioekoloji göstəricilər üzrə ən effektiv (bitkilərdə radionuklidlərin toplanmasının aşağı endirilməsi) üsullar azməhsuldarlı təbii otların əhəngləmə və gübrələmə ilə süni otlara çevrilməsidir. Çirkləndirilmiş sahələrdə yetişdirilən bitkilərin müdafiəsində əsas vacib rol kimyəvi müdafiə xarakterli maddələrin tətbiq edilməsinin ərzaq məhsullarında toksik

maddələrin tərkibinin minimuma endirilməsini təmin edən üsullardan biridir. Radiobiologiya standartlarına cavab verən standartlara uyğun olaraq heyvan məhsulları almaqdan ötrü heyvanların təmiz qida məhsulları ilə yemlənməsi və onların gigiyenik şəraitinin yaxşılaşdırılması, heyvanların ətliyə verilməsindən bir neçə gün əvvəl verilən yemlər ardıcıl olaraq yoxlanılmalı və təmiz yemlərin heyvan tərəfindən mənimsənilməsinə ciddi nəzarət edilməlidir. Heyvandarlıq məhsullarına radionuklidlərin daxil olmasını məhdudlaşdırmaq üçün süd və ətdə Se^{137} izotopunun daima təyin olunması və kalsium kimi yemə daxil edilməsi ilə əldə etmək olar.

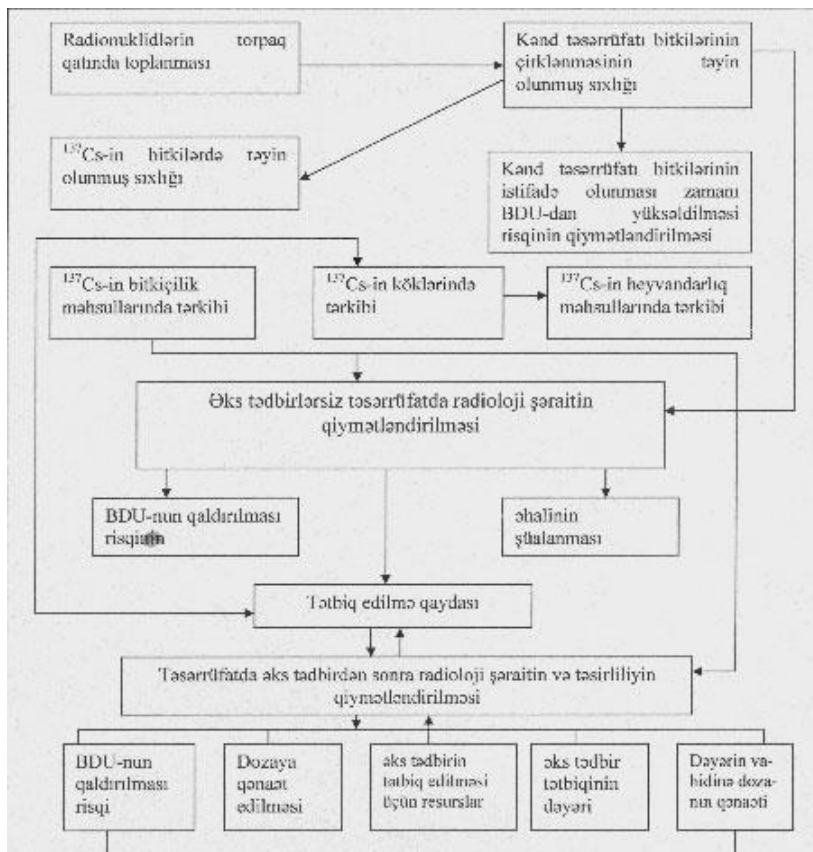
Baytarlıq təbabətində heyvanların çirklənmiş ərazilərdə saxlanması zamanı şüalanma hallarının istisna olunmasına yönəldilmiş kompleks tədbirlər həyata keçirilir. Radionuklidlərin heyvanların orqanizminə daxil olmasının məhdudlaşdırılması və bununla şərtləndirilən daxili şüalanmanın dozasının aşağı endirilməsi, xarici şüalanmanın azaldılmasından ötrü dezinfeksiya, deratizasiya və dezaktivasiya kimi tədbirlərin aparılması vacib şərtlərdən biridir.

Emal sahələrində radionuklidlərin xammaldan fərqli olaraq ərzaq məhsullarında daha az konsentrasiyasını təmin edən bir sıra texnoloji proseslərdən istifadə edilir bu üsullardan aşağıdakıları qeyd etmək olar: südün yağa çevrilməsi emalı, şəkərin, bitki yağının və nişastanın alınması.

Kənd təsərrüfatı bitkilərinin güclü radioaktiv çirklənməsi zamanı iqtisadi və radiasiya-gigiyenik nöqteyi nəzərdən qeyri-rasional məhsulların alınması mümkünsüz olur. Bu zaman APK-nın müxtəlif sahələrinin düzgün istiqamətləndirilməməsi halda insan kənd təsərrüfatında fəaliyyətinin tam dayandırılması da tam uyğun ola bilər. Məsələn, bu cür tədbir Çernobl vilayətinin 30 km-də zonasında və Şərqi Ural ərazisində radioaktiv izin baş verməsi ilə əlaqədar aparılmışdır. Belə hallarda çirklənmiş kənd təsərrüfatı sahələrinin təcridlə reabilitasiyası və onların radioloji xarakteristikasını və iqtisadi sosial faktorları nəzərə almaqla təsərrüfat dövriyyəsinə qaytarılmayan problemi yaranır (radionuklidlərin dağılması, onların aqromühitədə bioloji

hərəkətliyinin azalması ilə nəticələnməsi). Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış ərazilərdə APK-nın quruluşundakı dəyişikliklər ümumiləşdirilmiş qaydada aşağıdakı sxemdə verilmişdir.

Çirklənmiş ərazilərdə kənd təsərrüfatı istehsalının aparılması üçün qəbul olunmuş müdafiə sisteminin sxemi. (Fesenko 1997)



Şəkil 23

Yüksək tərkibli radionuklidlər olan (radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış) ərazilərdə aqrosənaye istehsalının

aparılmasının təşkili zamanı ortaya çıxan çoxfaktorlu və çox variantlı məsələlər, radioloji standartlara cavab verən kənd təsərrüfatı məhsullarının alınmasına yönəldilmiş informasiya-analitik dərslik üçün üsulları və proqramlar sisteminin işlənilib hazırlanması və realizasiyanın vacibliyini ortaya çıxarır. Belə bir sistemin sxemi yuxarıda qeyd olunmuşdur. Burada çirklənmiş sahələrdə radioloji şəraitin analizi və təmizlənməsi, həmçinin müdafiə tədbirlərinin modelləşdirilməsi üzrə istiqamətləndirilmiş lazımı tədbirlərdən istifadə olunması nəzərdə tutulub. Sonda kompleks müdafiə tədbirlərinin həyata keçirilməsi ilə aqrosənaye istehsalının tədbirləri işlənilib hazırlanmışdır.

Cədvəl 35. Çirklənmiş ərazilərdə radioloji təsir və torpaqdan istifadənin sosial-iqtisadi nəticələri.

Dəyişikliklər	Radionuklidlərin qatılığının aşağı düşməsi əmsalı*	Sosial-iqtisadi zərərlər
Bir növdə olan bitkilərin sortlarının dəyişdirilməsi (əvəz edilməsi)	2...4-əqədər	Çox cüzi
Radiasiyaya həssas olan bitkilərin başqa növ bitkilərlə əvəz edilməsi	2...3-ə qədər	Eyni qaydada
Tərəvəzçilikdən taxılçılığa keçsi	5-ə qədər	Ciddi
Dənli bitkilərdən qida təyinatlı digər bitkilərin istehsalına keçilməsi (məsələn, şəkər çuğunduru, yağ verən bitkilər)	10	Cüzi
Taxılçılıq təsərrüfatından texniki bitkilərin	»10	»

istehsalına keçid		
Bitkiçiliyin heyvandarlığa dəyişdirilməsi	10...100	Çox ciddi
Xırda buynuzlu heyvanlardan iri buynuzlu heyvanlara keçmə	10-a qədər	Cüzi
Südcülük təsərrüfatından ətçilik təsərrüfatlarına keçmə	Texnoloji imkanlardan çox asılıdır	»
Bitkiçilikdən meşəçilik təsərrüfatına keçmə	»100	Çox ciddi
Heyvandarlıqdan meşəçilik təsərrüfatına keçmə	»100	Çox ciddi

Radionuklidlərin torpaqda qatılığının aşağı salınması əmsalı, radioaktiv izotopların alternativ məhsulda qatılığının endirilməsi yolu ilə əldə etmək mümkündür.

Alternativ əkinçilik sistemi və onların ekoloji əhəmiyyəti.

Radioaktiv çirklənmə zamanı kənd təsərrüfatını inkişaf etdirmək üçün radiasiyaya davamlı kənd təsərrüfat bitkilərinin seçilməsi və torpağın keyfiyyətindən asılı olaraq radioaktiv izotopların qısa bir vaxtda torpağın alt qarlarına endirilməsi həmən sahənin inkişafı üçün əsas tədbirlərdən biri hesab olunur. Onu da xatırlamaq yerinə düşərdi ki, XX əsrdə inkişaf etmiş ölkələrdə dənli bitkilərin orta məhsuldarlığı haradasa 3 dəfə artmışdır. İnkişaf etmiş ölkələrdə, xüsusilə də Meksika və Hindistandakı «yaşıl inqilab» xalqların taleyində vacib dəyişikliklər yaratdı.

Radiasiya sahəsində aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, qısa və uzun müddətli yaşama xasisəsinə malik

olan kənd təsərrüfat bitkilərinin genetik xüsusiyyətindən asılı olaraq hər hansı bir şüalanmaya qarşı cavab reaksiyası vermə xüsusiyyətinə malikdir, odur ki, torpağın çirklənməsi zamanı bitkilərin bu xüsusiyyətindən asılı olmayaraq ilk əvvəl torpağın tam neytrallaşdırılması və bitkilərin bu sahədən kök və yarpaq vasitəsi ilə izotopları qəbul edə bilməməsi tam əmin olmaqla kənd təsərrüfat işlərinin aparılması həyata keçirilə bilər.

Aqrosistemin parametrlərinin pisləşməsi son nəticə APK-nın iqtisadi göstəricilərində özünü göstərmişdir. Aqroistehsal sahəsində iqtisadi effektivliyi tənzimləmək üçün mümkün olan vasitələrdən istifadə edilməlidir. Ətraf mühitin təbii çirklənməsinin qarşısını almaqdan ötrü, torpaq qatının məhsuldarlığını qoruyub saxlamaq və tələb olunan məsrəflərin tətbiq olunmasını yerinə yetirmək. Bunlar həmçinin ekoloji cəhətcə təmiz olmayan və normativlərə cavab verməyən məhsulların alınması zamanı bitkilərin yeniləri ilə əvəz olunması üçün də tətbiq olunur.

Müasir kənd təsərrüfatı istehsalı, hər bir aqroekoloji sistemdə istifadə olunan məhsullarınmaksimal həcmnin alınmasına yönəldilir.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi kənd təsərrüfat bitkilərinin məhsuldarlığını artırmaq üçün bir tərəfdən təbii ehtiyat resurslarından, digər tərəfdən isə texnikanın səviyyəsindən, bitkilərin müdafiəsində gübrələrdən və müxtəlif müdafiə tədbirlərindən, fitohormonlardan, yeni sortların yaradılmasından, intensivləşdirmə faktorları kompleksindən və s. istifadə olunmalıdır. Hərçənd, intensivləşdirmə texnokratik yanaşma ilə şərtləndirilmiş neqativ nəticələrə səbəb olmuş çoxsaylı faktorlar, necə deyərlər «bioloji əkinçilik» marağın artmasına səbəb olub. Buna misal olaraq xüsusi jurnalların yaranmasını, beynəlxalq bioloji əkinçilik mərkəzinin yaradılmasını, elmi konfransları misal göstərmək olar.

Kənd təsərrüfatının ənənəvi üsulları ilə yanaşı bir çox ölkələrdə alternativ əkinçilik də inkişaf etməkdədir.

Quru sahənin 10%-ə qədəri intensiv istismara cəlb edilərək kənd təsərrüfat istehsalı bir çox hallarda ətraf təbii

mühitdə tənəzzül proseslərinin inkişafına həlledici təsir göstərir. Müəyyən vəziyyətlər zamanı intensivləşdirmə faktorları, məsələn, mineral gübrələrin normativ tələbatı aşmış, dozalarla verilməsi, boyu nizamlayan və bitkilərin müdafiəsi üçün nəzərdə tutulan kimyəvi vasitələrdən həddən çox istifadə edilməsi ekoloji tarazlığın pozulmasına gətirib çıxarır, aqro-ekosistemin təbii bioenerji potensialının funksional imkanlarını təcrid edir.

Alternativ (bioloji) əkinçiliyin əsası aqroekosistemə təsirinin minimum dərəcəyədək azaldılması, onun şəxsi biopotensialının tam istifadəsi üçün lazım olan əlverişli şəraitin yaradılmasıdır.

Nəzəriyyələr sistemində Parettonun sistemi ilə yanaşı digər sistemlər də mövcuddur. Bu sistemdə əsasən ayrı-ayrı komponentlərin vəziyyətinin bir qədər dəyişilməsinə baxmayaraq bütövlüklə bu tarazlıq normadan kənara çıxmır və nəticədə sistemin bütün qarışıqlarının ümumi yaxşılaşdır-masına gətirib çıxarır.

XI FƏSİL

RADIOAKTİV TƏHLÜKƏSİZLİYİN ƏSASLARI VƏ RADIOAKTİV MADDƏLƏRLƏ GÖRÜLƏN İŞLƏRİN TƏŞKİLİ.

Radioaktiv maddələrlə işləyən şəxslərin və ümumiyyətlə bütün əhalinin ionlaşdırıcı şüalanmanın zərərli təsirindən qorunması üçün beynəlxalq komissiya tərəfindən «Radioaktiv təhlükəsizlik» (RTN) işlənilib hazırlanmışdır. Radioaktiv təhlükəsizlik şüalanmanın yol verəcək ən çox dozası ilə qiymətləndirilir. Hal-hazırda şüalanmanın A, B və V kateqoriyaları ayırd ediləlidir:

A- kateqoriyası bilavasitə radioaktiv şüalanma mənbələri ilə işləyən şəxslərə aid olunur və onlar üçün şüalanmanın yol veriləcək ən çox dozası il ərzində 5 BER-dən çox olmamalıdır.

B- kateqoriyası isə radioaktiv maddələrlə iş aparılan otaqların qonşuluğundakı otaqlarda olan şəxslərə aid edilir və həmin şəxslər üçün şüalanmanın ən çox dozasının il ərzində 1,5 BER-dən artıq olmasına yol verilməməlidir.

V- kateqoriyası isə bütün əhalinin məruz qaldığı şüalanmalıdır. Bu kateqoriya üçün şüalanmanın yol veriləcək ən çox dozası il ərzində 0,5 BER-dən yuxarı qalxmamalıdır.

Radioaktiv maddələrlə işləyən zaman ionlaşdırıcı şüaların arasındakı məsafənin artması şüalanma müddətinin qısaltılması, radioaktiv şüaların udulması üsulları ilə qorunmaq olar. Radioaktiv izotoplar açıq və ya qapalı formada istehsal olunur. Açıq formada istehsal olunan radioaktiv elementlərin bir yerdən digər yerə daşınması zamanı ətraf mühitin çirklənmə təhlükəsini yaradır. Bu radionuklidlər maye, toz və qaz halında hazırlanır. Bir yerdən digər yerə aparılan zaman ətraf mühitin çirklənmə təhlükəsini yaratmırsa bu izotoplar qapalı izotoplar adlanırlar və bunlar kristal formasında istehsal olunur. Kimyəvi tərkibindən, şüalanmanın növündən və enerjisindən, aktivliyindən, yarımparçalanma dövründən asılı olaraq yuxarıda

göstərilən mühafizə yollarının birindən və ya eyni vaxtda bir neçəsindən istifadə etmək olar.

Şüalanmadan qorunmanın birinci üsulu radiaktiv maddədən olan məsafənin artırılması, mühafizəedici paltarların geyilməsi və iş otağına havanın verilməsi, xüsusi hava təmizləyicilərlə yerinə yetirilir.

Şüalanma müddətinin azaldılması isə bir tərəfdən iş gününün qısaldılması, digər tərəfdən isə radioaktiv maddə ilə aparılan iş prosesinin sürətləndirilməsi ilə mümkündür.

Şüalanmadan qorunmanın üçüncü üsulu radioaktiv maddənin suda, turşuda, qələvidə və s. həlledicilərdə aktivliyinin azaldılması ilə əldə etmək olar.

Şüalanmadan qorunmanın dördüncü üsulu, preparatın aktivliyinin $>0,1$ Md-ekv Ra olduğu hallarda tətbiq olunur. Bu üsulun mahiyyəti radioaktiv maddənin buraxdığı şüaların müxtəlif ekranlar tərəfindən qarşısının alınmasıdır. α -şüalar üçün qoruyucu ekran kimi adətən pleksiqlasdan istifadə edilir. Xalat, papaq, ayaqqabı və rezin əlcəklər vasitəsilə də α və β hissəciklərdən mühafizə olunmaq mümkündür. γ -şüalardan qorunmaq üçün yalnız qurğuşun, volfram və s. kimi atom çəkisi və sıxlığı böyük olan maddələrdən istifadə etmək lazımdır.

Radioaktiv izotopların orqanizm daxilinə düşməsinin qarşısının alınmasında şəxsi gigiyena qaydalarına əməl edilməsi məsələsi mühüm yer tutur. Radioaktiv maddələrlə işlənən laboratoriyalarda qidalanmaq və siqaret çəkmək olmaz. Yemək və siqaret çəkməzdən əvvəl əlləri sabunla möhkəm yumaq lazımdır. Əgər əllərin açıq yerinə radioaktiv maddə düşərsə, onda əlləri isti su ilə yumşaq şotka ilə yumaq, sonra dozimetrik cihaz vasitəsilə əldə radioaktiv maddənin qalıb-qalmamasını yoxlamaq lazımdır. Əgər əldə yenə radioaktiv maddə qalmış olarsa onda əlləri «Novost» və ya OP-5, OP-8 xüsusi dezaktivləşdirici maddə ilə yumaq məqsədyönlü hesab olunur.

Orqanizmin şüalanma təhlükəsinin azalmasına təsir göstərən amillərdən biri də radioaktiv izotoplarla işlənən laboratoriyanın daxili quruluşunun təşkili məsələsidir.

Laboratoriyanın döşəməsi radioaktiv maddələri özündə zəif saxlayan materialla (linolium, plastikat və s.) örtülməli, divarlar 2 m hündürlüyündə yağlı boya ilə rənglənməlidir. Laboratoriyanın mebeli asanlıqla təmizlənə bilən materialdan hazırlanmalıdır. İzotoplarla aparılan bütün işlər hava təmizləyici skafalarda və ya bokslarda yerinə yetirilməlidir. Bütün növ radioaktiv izotoplar və şüalanma mənbəyi xüsusi konteynerlərdə və qoruyucu seyflərdə saxlanılmalıdır.

Əlavələr

Cədvəl 1. Radiobiologiyada istifadə edilən süni radionuklidlərin fiziki xüsusiyyəti

Elementl ərin sıra nömrəsi	Elementl ərin simvolu	Çəki miqdarı	Yarımbölmün mə dövrü T 1/2	Şüalanma nın növləri	β - zərrəciklər i
1	2	3	4	5	6
1	H	3	12,46 il	β -	0,01795
6	C	14	55,68 il	β -	0,155
7	N	13	10,48 dəq.	β +	16,6
8	O	15	1,97 dəq	β +	1,6
9	F	18	1,8 saat	β +	0,6
11	Na	22	2,58 il	∫ β + 85% ∫ E 11 γ	0,540 —
12	Mg	28	21,3 saat	∫ β ∫ γ	0,4
15	P	32	14,3 gün	β -	1,708
16	S	35	87,1 gün	β -	0,1674
19	K	42	12,4 saat	∫ β ∫ γ β	2,07(81%) 3,58(75%) 0,261 0,7(81%)

1	2	3	4	5	6
20	Ca	45	152 gün	β	2,0(19%)
20	Ca	47	4,3 gün	$\int \beta$	0,49(72%)
21	Sc	47	3,4 gün	$\int \lambda$	
24	Cr	51	27,5 gün	$\int E$ $\int e$ $\int \gamma$	— — —
26	Fe	56	29,4 il	E	—
26	Fe	59	46,3 gün	B γ	0,271(458%) 0,462(53,9%) 1560(0,3%)
27	Co	57	270 gün	$\beta+$ E γ	0,320 - -

1	2	3	4	5	6
27	Co	58	71,3 gün	$\beta +$ E γ	- 0,49(15%) -(85%)
27	Co	60	5,24 il	$\beta -$ E- γ	0,312 - -

29	Cu	64	12,80 saat	$\beta -$ $\beta +$ E	0,571(39%) 0,657(19%) -(42%)
----	----	----	------------	-----------------------------	------------------------------------

30	Zn	65	246 gün	$\beta +$ E γ	0,224(1,5%) -(98,5%)
31	Ga	67	3,2 gün	γ	0,09(73%) 0,18(22%) 0,3(2%)
34	Se	75	121 gün	E γ	-
35	Br	82	1,49 gün	$\beta -$ $\gamma -$	0,181;0,32 3 0,447
36	Kr	85	10,3 gün	$\beta -$ $\gamma -$	0,672
37	Rb	86	18,68 gün	$\beta -$ $\gamma -$	0,716 (15%) 1,782 (85%)

1	2	3	4	5	6
38	Sr	87	2,7 saat	γ	-
38	Sr	89	50,5 gün	β^- γ	1,463
38	Sr	90	25 il	β	0,6
39	Yn	90	2,58 gün	β^-	2,260
39	Yn	91	57 gün	β^-	1,56
42	Mo	99	2,8 gün	β^- e-	0,41(14%) 0,80(3%) 1,18(93%)
43	⁹⁹ mTc	99	6,04 saat	γ	-
49	İn	111	27 gün	γ	-
49	İn	113	105 dəq	γ^-	
53	i	131	56gün	β^-	
53	i	132	2,26saat	e- γ β	- - 0,73(15%) 0,0(20%) 1,16(23%) 1,53(24%) 2,12(18%)
53	I	133	20,8 saat	β^- γ	1,3 -

1	2	3	4	5	6
55	Cs	129	1,29gün	β^- γ	0,3
55	Cs	137	30il	β^-	0,514(92 %)
61	P _m	197	3.7	γ β	1,18(8%) 0,2

69	T _m	170	120 gün	β^- γ	0,884(24 %) 0,968(76 %)
70	Ib	169	33 gün	γ	-
73	Ta	182	117 gün	β γ	0,9
77	Ir	192	74.37 gün	β (95.5%) E(0.5%) e, γ	0,67
79	Au	198	2.697	β^- - - e	0,290(1,7 9%) 0,980(98, 3) -
80	Hg	197	2.7 gün	γ	-
80	Hg	203	46.9 gün	β^- e - γ	0,208 -
81	Ti	201	75 saat	γ	-
81	Ti	204	2.7 il	β^-	0,8
86		222	3.2 gün		5,4
90	Th	232	1,3.10 ⁻¹⁰	$\beta^- - \gamma$	3,9
98	Cf	252	2, il	Neytronlar	0,07(B)

Cədvəl 2. Radiologiyada işlədilən β - şüalanma mənbələrinin əsas xassələri

Elementlər	Nuklid	Yarımbölünmə dövrü	P-şüalanmanın maksimal /MeV/
Hidrogen	${}^3_1\text{H}$	12,46 il	0,01795
Karbon	${}^4_3\text{C}$	5568 il	0,155
Fosfor	${}^{32}_{15}\text{P}$	14,30 gün	1,701
Kükürd	${}^{35}_{16}\text{S}$	87,1 gün	0,1670
Xlor	${}^{36}_{17}\text{Cl}$	4,4.105 il	0,714
Kalsium	${}^{45}_{20}\text{Ca}$	152 gün	0,254
Mərgümüş	${}^{77}_{33}\text{As}$	38 saat	0,700
Stronsium	${}^{89}_{38}\text{Sr}$	53 gün	1,463
İttrium	${}^{90}_{38}\text{Y}$	19.9 il	0,61
İttrium	${}^{90}_{39}\text{Y}$	61 saat	1,04(91%) 0,80 (1%)
Gümüş	${}^{111}_{47}\text{Ag}$	7,6	0,70 (8%)
Bismut	${}^{210}_{83}\text{Bi}$	50,2 gün	1,17

Cədvəl 3.Şüalanma dozasının gücünü ölçmək üçün müxtəlif vahidləri arasında əlaqə

Dozanın gücü	P	P	P	P	mP	mP	mkP	mkP	mkP	
	saat	Dəq	min	Saat	dəq	san	saat	san	san	
P\il	1,14. 10 ⁻⁴	1,9. 10 ⁻⁹	3,18. 10 ⁻⁹	0,114	1,9.10 ⁻³	3,18. 10 ⁻⁵	114	19	3,18. 10 ²	
P\saat	760	1	1,67. 10 ⁻²	2,78. 10 ⁻⁴	1000	1,67	0,278	10 ⁶	1,67. 10 ⁻⁴	278
P\dəq	25600	60	1	1,67. 10 ⁻²	60000	1000	16,7	6.10 ⁷	10 ⁶	1,67. 10 ⁻⁴
P\san	31536. 10 ³	3600	60	1	36.10 ⁵	60000	100	36.10 ⁸	6.10 ⁶	10 ⁶
mP\s	76	10 ⁻³	2,67. 10 ⁻⁵	2,78. 10 ⁻⁷	1	1,67. 10 ²	2,78 ⁻⁴	1000	16,7	0,278
mP\dəq	25,6	0,06	10 ⁻³	1,67. 10 ⁻⁵	60	1	1,67. 10 ⁻²	60000	1000	16, 7
mP\san	1536	3,6	0,06	10 ⁻³	3600	60	1	36.10 ⁵	6.10 ⁴	1000
mkP\saat	76.10 ⁻³	10 ⁻⁶	1,67. 10 ⁻⁸	2,78. 10 ⁻¹	60 ⁻⁶	1,67. 10 ⁻⁵	2,78. 10 ⁻⁷	1	1,67. 10 ⁻²	6,78. 10 ⁻⁴
maP\dəq	5256	6.10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	1,67. 10 ⁻⁸	6.10 ⁻²	10 ⁻³	1,67. 10 ⁻⁵	60	1	1,67. 10 ⁻²
mkP\san	1,536	3,6. 10 ⁻³	6.10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	3,6	6.10 ⁻²	10 ⁻³	3600	60	1

$$1P=10^3 mP-10^8 mkP$$

$$1kP=10^{-3} mP=10^{-6} P$$

Cədvəl 4. Müxtəlif kvant enerjisinin rentgendən radiuma keçmə koefisientinin əhəmiyyəti

Enerji KEV	P/rad keçmə koefisenti			
	Hava	Su, əzələ	Piy	Sümük
10	0,83	0,87	0,44	4,75
20	0,83	0,84	0,46	4,75
40	0,83	0,84	0,55	4,00
60	0,83	0,87	0,73	2,65
80	0,83	0,90	0,85	1,71
100	0,83	0,91	0,91	1,27
120	0,83	0,91	0,92	1,00
140	0,83	0,92	0,94	0,93
160	0,83	0,93	0,95	0,91
180	0,83	0,93	0,96	0,90
200	0,83	0,93	0,96	0,88
400	0,83	0,93	0,97	0,84
600	0,83	0,93	0,97	0,83
800	0,83	0,93	0,97	0,83
1000	0,83	0,93	0,97	0,83
2000	0,83	0,93	0,97	0,83
4000	0,83	0,92	0,95	0,86
6000	0,83	0,91	0,92	0,88
8000	0,83	0,91	0,90	0,90
10000	0,83	0,90	0,88	0,92

Cədvəl 5. Radioaktiv kobaltın aktivliyinin dəyişməsi (^{60}Co) və əmsalı (Θ)

Vaxt	Aktivlik 0/0	Əmsal(Θ)
0	100,00	1,000
1 ay	98,92	1,011
2ay	97,83	1,022
3 ay	96,78	1,033
4ay	95,73	1,044
5 ay	94,70	1,055
6ay	93,67	1,067
7ay	92,66	1,079
8ay	91,64	1,094
9ay	90,66	1,103
10 ay	89,68	1,115
11 ay	88,70	1,127
1 il	87,74	1,139
1 il 3 ay	84,91	1,177
1 il 3 ay	82,19	1,216
1 il 9 ay	79,53	1,257
2İl	76,99	1,298
2 il 3 ay	74,50	1,342
2 il 3 ay	72,11	1,356
2 il 9 ay	69,79	1,432
3İl	67,54	1,480
3 il 3 ay	65,37	1,529
3 il 3 ay	63,27	1,580
3 il 9 ay	62,23	1,638
4il	59,27	1,687
4 il 3 ay	57,35	1,743
4 il 3 ay	55,51	1,802
4 il 9 ay	53,72	1,861
5il	52,00	1,923

5 il 3 ay	50,32	1,987
5 il 3 ay	48,71	2,052
5 il 9 ay	47,14	2,121
6il	45,62	2,192

Cədvəl 6. Dozanın miqdarından asılı olaraq orqanın və hüceyrələrin həssaslığı

Orqan	Hüceyrənin növləri	Radio hissiyyat	Zədələnmənin ilk əlaməti	Ağır zədələnmə	Hüceyrə ölümünün nəticəsi
Embrion	Embrion hüceyrələr müxtəlif inkişaf mərhələsində	Yüksək	25	250-300	Abort,eybəcərlik
Limfatik hüceyrələr dalaq,qalxanvari vəzi, retikuloendotelial sistem	Limfositlər, redi kulyar hüceyrənin birləşdirici toxuması		25-50	400-800	Limfopeniya
Xayalıq	Sperma togenlər		50	30-400	Aspermiya
Sümük ilişi	Eritrsahələr, mielositlər, mielsahələr, meqakariositlər		50-100	500-600	Anemiya, qranulositopeniya,trombositopeniya
Nazik bağırsağ	Nazik bağırsağ hüceyrələri		100-200	800	Enterit əlamətləri
Dəri	Piy,tər vəziləri, tükün soğanağı	Orta	300	850-1800	Tüklərin tökülməsi,dəridə quruluq, tərləmənin dayanması və atrofiya

Selikli qışalar	Hüceyrənin hermentativ qanı		300	850-1800	Yaraların əmələ gəlməsi,
Göz	Billur qışanın epitelisi		400-400	800-1000	Katarakta
Sümük	Qığırdaq Hüceyrələri, ostesahələr		400-600	800-1000	
Daxili sekresiya vəziləri	Vəzili epiteli	Aşağı			Orqanın atrofiyası
Qaraciyər	Qaraciyər hüceyrəsi				
Böyrək	Kanalciq hüceyrəsi		1000-4000	800-1000	
Ağciyər	Alveolyarın epitelisi		3000-4000	3000-6000	

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev C.Ə., Abdullayev M.A. Azərbaycanın bitki və torpaq örtüyündə stronsium-90 və sezium-137 izotopları. – Az. Elmi tədqiqat Yerquruluşu institutu, “Elm nəşriyyatı”, Moskva, 1983
2. Baxşiyev B.Ə. Tibbi radiologiya - “Maarif nəşriyyatı”, Bakı, 1982
3. Cəfərov X.X. Radiobiologiya (dərs vəsaiti) – Kirovabad, 1987
4. Əlizadə Ə.M. Baytarlıq radiobiologiyası (dərs vəsaiti) – Kirovabad, 1977
5. Белов А.Д., Киршин В.А. Ветериинарная радиобиология – М.: Агропромиздат, 1987
6. Белов А.Д., Косенков А.С. Методическое пособие по практическим занятиям – М.: МВА, 1979
7. Белов А.Д., Косенков А.С. Практические занятия по ветеринарной радиобиологии – М.: 1988
8. Гулякин И.В., Йодинцова Е.В. Сельскохозяйственная радиобиология – М.: Колос, 1973
9. Даниленко А.И., Шевченко И.Н. Природная β-радиоактивность растений, животных и человека – Киев, «Наукова думка», 1981
10. Крылов В.Ф. и др. Радиационная гигиена (учебное пособие) – М.: Медицина, 1988
11. Рачинский В.В., Лурье А.А. Практикум по применению изотопов и излучений в сельском хозяйстве – М.:, 1969
12. Рачинский В.В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве – М.: Атомиздат, 1974
13. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных – М.: Высшая школа, 1984
14. Беленький О.С. Военная ветеринарная радиология и токсикология – М.: Военное изд., 1990
15. Кириллов В.Ф., Книжников В.А., Коренков И.П. Радиационная гигиена – М.: Медицина, 1988

16. Карташов П.А., Киршин В.А., Ильин В.Т. Лучевая болезнь с/х животных – М.: Колос, 1978
17. Барабай В.А. Радиобиология – Киев, Наукова думка, 1988
18. Макеншов М.Т.Оджагов Т.О. Радиоактивное загрязнение и его измерение –Баку, «Маариф», 1984
19. Фрейдин Л.М. справочник по рентгенологии и радиологии – М.: Медицина, 1972
20. Федюнин Б.К. Ядерное излучения тел различной формы – Изд. Ленинградского университета, 1973
21. Зубовский Т.А. Соскин А.М. Учебное пособие по медицинской радиологии – М.: 1973
22. Максумов Д.Н. , Шакиров Э.А. Внешняя радиометрия в диагностике заболеваний органов пищеварения – Ташкент, 1972
23. Ковальский В.В., Блохина Р.И. Биологическая роль йода – М.: Колос, 1972
24. Маргулис У.М. Радиация и защита - М.: Атомиздат, 1974
25. Акоев А.Г. Проблемы постлучевого восстановления – М.: Атомиздат, 1970
26. Саксонов П.П. Шашков В.С., Сергеев П.В. Радиационная фармакология – М.: Медицина, 1976
27. Троицкий В.Л. и др. Радиационная иммунология – М.: Медицина, 1965
28. Абдурасулов Муратжаев Н.К. Радиоизотопное сканирование – Ташкент, 1968
29. Воккен Т.Т. Радиобиология – М.: Высшая школа, 1967
30. Волков Т.Д., Липин В.А., Черкасов Д.П. Радиобиология – М.: Колос, 1964
31. Каравшев В.М., Коляков В.Л., Коржевенко Т.Н. Ильин В.Т. Защита животных от поражения ядерным оружием – М.: Колос, 1970

Mündəricat

Səh.

Giriş.....	
Radiobiologiya bir elm kimi.....	
I Fəsil	
NÜVƏ FİZİKASININ ELEMENTLƏRİ.....	
Kütlə defekti. Kütlə ilə enerjinin əlaqəsi.....	
Radioaktivlik.....	
Təbii və süni radiaktiv izotoplar.....	
Nüvə reaksiyaları.....	
Radioaktiv parçalanma qanunu.....	
Nüvə şüalanması.....	
Radioaktiv şüaların maddə ilə qarşılıqlı əlaqəsi.....	
Atomun quruluşu.....	
İzotoplar.....	
Neytronun kəşfi.....	
Nüvənin bölünməsi, zəncirvari nüvə reaksiyası.....	
Atom bombası.....	
Hidrogen bombası.....	
Atom partlayışı.....	
Zərbə dalğası.....	
İşıq şüalanması.....	
Nüfuzedic radiasiya.....	
Atom enerjisinin dinc məqsədlərlə işlədilməsi.....	
II Fəsil	
İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN DOZİMETRİYASI VƏ RADIOMETRİYASI.....	
İonlaşdırıcı şüaları qeydə alan üsullar.....	
İonlaşma üsulları ilə şüalanma dozasının təyini.....	
Şüalanmanın miqdarı və xassəsi.....	
Şüalanmanın dozası ilə aktivliyi arasında əlaqə.....	
İonlaşdırıcı şüalanmanın aşkar edilməsi və ölçülməsi üsulları.....	
Dozimetrik cihazların təsnif edilməsi və işləmə qaydası.....	
III FƏSİL	

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN MƏNBƏYİ VƏ ƏTRAF MÜHİTİN RADİOAKTİV ÇİRKLƏNMƏSİ

IV FƏSİL

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN BİOLOJİ TƏSİRİ.....

Şüalanmanın birbaşa və dolayı yolla təsiri.....

İonlaşdırıcı şüaların toxumaya təsiri.....

İonlaşdırıcı şüaların gözə təsiri.....

Heyvanların radiohəssaslığı.....

Ətraf sinir sisteminə ionlaşdırıcı şüaların təsiri.....

İonlaşdırıcı şüaların vegetativ sinir sisteminə təsiri.....

Maddələr mübadiləsi.....

Zülal mübadiləsi.....

Fermentlər.....

Karbohidratlar mübadiləsi.....

Oksidləşmə reaksiyası.....

İonlaşdırıcı şüaların dəriyə və birləşdirici toxumaya təsiri.....

Şüalanmanın birləşdirici toxumaya təsiri.....

Endokrin vəzisinə ionlaşdırıcı şüanın təsiri.....

Qan və qan doğuran orqanlara ionlaşdırıcı şüaların təsiri.....

Neytrofillərin sayının dəyişməsi.....

Şüalanma zamanı qan laxtalanmalarının zəifləməsi.....

Həzm orqanlarına ionlaşdırıcı şüanın təsiri.....

İonlaşdırıcı şüanın tənəffüs üzvlərinə təsiri.....

İonlaşdırıcı şüanın sümüyə, əzələyə və qığırdağa təsiri.....

V FƏSİL

RADİOAKTİV ELEMENTLƏRİN

TOKSİKOLOGİYASI

Radioaktiv izotopların toksikogenliyinə şərait yaradan faktorlar.....

Fizo – kimyəvi maddələrlə radioaktiv elementlərin orqanizmə daxil olması.....

Radioaktiv maddələrin orqanizmdə paylanması.....

Radioaktiv izotopların toksiklik səviyyəsini təyin edən faktorlar.....

VI FƏSİL

KƏND TƏSƏRRÜFAT HEYVANLARININ ŞÜA XƏSTƏLİYİ.....

Kənd təsərrüfat heyvanlarında şüa xəstəliyi zamanı diaqnozun qoyulması.....

Profilaktika.....

Qoyun və keçilərin şüa xəstəliyi.....

Toyuqların şüa xəstəliyi

İonlaşdırıcı şüaların irsiyyətə təsiri.....

Kənd təsərrüfat heyvanlarının şüa xəstəliyi.....

VII FƏSİL

BAYTARLIQ NƏZARƏTİ MƏNTƏQƏLƏRİNDƏ RADİOMETRİK VƏ RADİOKİMYƏVİ EKSPERTİZASININ APARILMASI.....

VIII FƏSİL

İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN HEYVANDARLIQDA VƏ BAYTARLIQDA TƏTBİQİ.....

Radioaktiv izotopların diaqnostikada və heyvanların müalicəsində tətbiq olunması.....

IX FƏSİL

TƏBİİ RADİOAKTİV ELEMENTLƏRİN TORPAQDA VƏ BİTKİLƏRDƏ DÖVRİYYƏSİ.....

Radioaktiv parçalanma məhsullarının yarpaqdan bitkiyə daxil olması.....

Torpağın aqrokimyəvi xüsusiyyətindən asılı olaraq radioaktiv parçalanma məhsullarının dövriyyəsi.....

Radioaktiv parçalanma məhsullarının torpaq tərəfindən mənimsənilməsinə torpağın mexaniki və mineraloji təsiri.....

Torpağın mexaniki və mineraloji tərkibindən asılı olaraq stronsium-90 və seziyum-137-izotoplarının bitkilərə daxil olması.....

Stronsium-90 və seziyum-137-izotopunun torpaqdan bitkilərə daxil olması.....

Seziyum-137 və kalsiumun torpaqda və bitkidə dövriyyəsi.....

Müxtəlif növ torpaqlardan stronsium-90 və sezium-137 izotoplarının bitkilər tərəfindən mənimsənilməsi.....

X FƏSİL

KƏND TƏSƏRRÜFATI RADİOEKALOGİYASININ ƏSASLARI.....

Radionuklidlərin aqrar mühitdə mənbələri.....

Radioaktiv izotopların kənd təsərrüfatı zənciri üzrə dövriyyəsi.....

Radionuklidlərin kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizminə dövriyyə vasitəsi ilə daxil olması.....

Radionuklidlərin aqrosenzlarda dövriyyəsi və bu proseslərin modelləşdirilməsi.....

İonlaşdırılmış şüaların bitkilərə təsiri.....

Radioaktiv izotopların və şüaların yayılmasından asılı olaraq heyvanlara təsiri.....

Kənd təsərrüfatı istehsal sahələrində radioekoloji monitoring.....

Kənd təsərrüfatı istehsalının aparılması prinsipləri və yüksək radionuklidlərlə çirklənmiş ərazilərdə kompleks müdafiə tədbirlərinin yerinə yetirilməsi.....

Alternativ əkinçilik sistemi və onların ekoloji əhəmiyyəti.....

XI FƏSİL

RADİOAKTİV TƏHLÜKƏSİZLİYİN ƏSASLARI VƏ RADİOAKTİV MADDƏLƏRLƏ GÖRÜLƏN İŞLƏRİN TƏŞKİLİ.....

Əlavələr.....



Cəfərov Xəzadə Xəlil oğlu

Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Baytarlıq və zoomühəndislik fakültəsinin «Yoluxmayan xəstəliklər» kafedrasının dosenti, 110-a yaxın elmi əsərlərin müəllifidir. Bunlardan 10-u dərs vəsaiti, monoqrafiya və metodik göstərişdir. Əsərləri baytarlıq radiobiologiyası, ətraf mühitin radioaktiv çirklənmədən mühafizəsi, radioekologiya, qida məhsullarında radioaktiv fonun təyini, ətraf mühitin radioaktiv çirklənmə problemləri, keçid məntəqələrində radioloji nəzarətin aparılması sahələrinə həsr edilmişdir

Elmi tədqiqatlarda ətraf mühitin fauna və florasında radioaktiv fona nəzarət, radioaktiv izotopların ətrafa düşməsi zamanı insanların və heyvanların mühafizəsi, qida məhsullarında təbii radioaktiv fona nəzarət və onlardan istifadə yolları öyrənilmişdir.

X.X.Cəfərov bir çox elmi toplantıların: simpozium, konfrans və s. iştirakçısı olmuş, əsərləri dövrü mətbuatda geniş çap olunmuşdur.