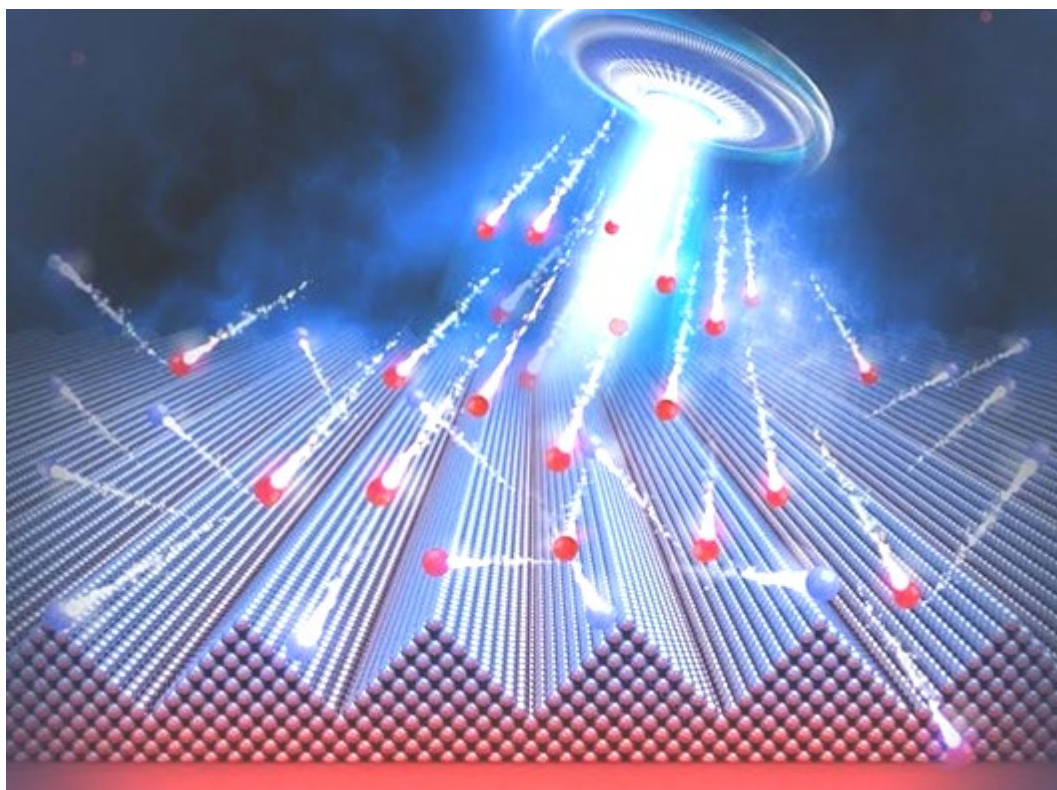


O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

RADJABOV A.I.

# IONLANUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI



Samarqand- 2020

**Radjabov A.I. Ionlanuvchi nurlar biologiyasi. Darslik.** -Samarqand: SamDU nashri, 2020. - 241 bet.

Mazkur darslik 18 ta bosh mavzularidan iborat bo'lib, bunda kirish, qisqacha tarixiy ma'lumot, ion nurlarining umumiy xossalari, turlari, manbalari, radioaktiv birliklar dozimetriya, ionlovchi nurlardan saqlanishning fizik-kimyoviy usullari hujayralarning nur ta'siriga javoban o'zgarishlari, organizmlar radiosezgirligi, odam va hayvonlarning nurlanish kasalligi radiatsiyaning embrion va homilaga ta'siri ionlovchi nurlarning oliy o'simliklarga va jonli dunyoning boshqa turlariga ta'siri, radiatsion ekologiya muammolari, ionlovchi nurlarning gigiyenik m'yorlashning ilmiy asoslari haqidagi masalalari yoritilgan.

Mazkur darslikdan universitetda biologiya va ekologiya yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar foydalanishlari mumkin.

**Mas'ul muharrir:** biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori PhD. dotsent  
**B.S. Aliqulov**

**Taqrizchilar:** biologiya fanlari doktori, professor **Jabborov A.R.**  
fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent **Yusupov A**

*Samarqand davlat universiteti, 2020.*

**MUNDARIJA:**

|          |                                                                                        |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fanining predmeti, maqsadi va vazifalari.</b>        | <b>7</b>  |
| 1.1      | Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani, uning qisqacha tarixi.                            | 7         |
| 1.2      | Ionlanuvchi nurlar biologiyasining tarkibiy qismlari.                                  | 13        |
| 1.3      | Rentgen va radioaktiv nurlarning umumiy xossalari.                                     | 17        |
| <b>2</b> | <b>Ionlovchi nurlarning turlari, manbalari va birliklari.</b>                          | <b>21</b> |
| 2.1      | Ionlovchi nurlarning turlari.                                                          | 21        |
| 2.2      | Ionlovchi nur manbalari.                                                               | 24        |
| 2.3      | Radioaktiv kattaliklar va birliklar.                                                   | 32        |
| 2.4      | Doza va uning birliklari.                                                              | 34        |
| <b>3</b> | <b>Radiasiyani qayd qilish va radioaktivlik.</b>                                       | <b>35</b> |
| 3.1      | Radiasiyani qayd qilish prinsiplari va dozimetriya uslublari.                          | 35        |
| 3.2      | Radioaktiv yemirilish qonuni                                                           | 40        |
| <b>4</b> | <b>Radiobiologik jarayonlarning fiziko-kimiyoviy asoslari.</b>                         | <b>43</b> |
| 4.1      | Ionlovchi nurlarning fizik ta'siri.                                                    | 43        |
| 4.2      | Nurlanishda lipidlarning erkin radikali perioksidli oksidlanishi.                      | 47        |
| 4.3      | Nuklein kislotalarda nur ta'sirida o'zgarishlar.                                       | 48        |
| 4.4      | Nurlanishning siklik nukleotidlar va fermentativ sistemaga ta'siri.                    | 49        |
| 4.5      | Oddiy oqsillarda nur ta'sirida ro'y beradigan o'zgarishlar.                            | 51        |
| 4.6      | Radiotoksinlar.                                                                        | 54        |
| <b>5</b> | <b>Ion nurlaridan saqlanish usullari. radioprotektorlar.</b>                           | <b>58</b> |
| 5.1      | Ximiyaviy usul. Radioprotektor.                                                        | 58        |
| 5.2      | Organizmni nur ta'siridan kimyoviy va biologik himoyalash.                             | 65        |
| 5.3      | Ionlovchi nurlardan saqlanishning fizik usullari va radioaktiv moddalardan tozalanish. | 69        |
| <b>6</b> | <b>Ionlovchi nurlarning biologik ta'siri.</b>                                          | <b>72</b> |
| 6.1      | Ionlovchi nurlarning biologik ta'siri.                                                 | 72        |
| 6.2      | Hujayralar radiosezgirligi                                                             | 74        |
| 6.3      | Hujayralar radiosezgirligini in vitro sharoitida o'rganish.                            | 76        |
| 6.4      | Nurlashning sitogenetik indikatsiyasi                                                  | 78        |
| <b>7</b> | <b>Ionlovchi nurlar ta'sirining struktura-metabolik asoslari.</b>                      | <b>80</b> |
| 7.1      | Hujayralarda struktura metabolik o'zgarishlar.                                         | 80        |
| 7.2      | Organizmning yalpi nurlanishida ro'y beradigan biologik jarayonlar.                    | 87        |
| 7.3      | Uglevod va lipidlar almashinishining buzilishi.                                        | 89        |
| 7.4      | Total nurlanishda minerallar almashinuvining buzilishi.                                | 90        |
| <b>8</b> | <b>Hujayralarning nur ta'siriga javoban o'zgarishlari hujralar</b>                     | <b>92</b> |

|           |                                                                                   |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
|           | <b>radiosezgirligi.</b>                                                           |            |
| 8.1       | Hujayralarning nur ta'siriga javoban o'zgarishlari.                               | 92         |
| 8.2       | Hujayralarda letal o'zgarishlar, hujayra o'limining turlari.                      | 95         |
| 8.3       | Hujayralar radiosezgirligining ko'rsatikichlari.                                  | 98         |
| 8.4       | Hujayraning postradiatsion tiklanishi.                                            | 102        |
| <b>9</b>  | <b>Radiosezgirlikning modifikasiyasi, kislorod effekti.</b>                       | <b>104</b> |
| 9.1       | Radiosezgirlikning modifikasiyasi.                                                | 104        |
| 9.2       | Kislorod effekti.                                                                 | 106        |
| 9.3       | Ionlovchi nurlarning nisbiy biologik effektivligi (NBE).                          | 107        |
| 9.4       | Turli nurlarning muhitni ionlashtirishi.                                          | 108        |
| 9.5       | Ionlovchi nurlar ta'sir mexanizmi haqida nazariy tasavvurlar.                     | 112        |
| 9.6       | Ionlovchi nurlar biologik ta'sirining struktura metabolik gepotezasi.             | 115        |
| <b>10</b> | <b>Organizmlar radiosezgirligi. Kritik sistemalar va radiatsion sindromlar.</b>   | <b>118</b> |
| 10.1      | Organizmlar radiosezgirligi, kritik sistemalar.                                   | 118        |
| 10.2      | Kritik sistemalar va radatsion sindromlar.                                        | 120        |
| 10.3      | Ovqat hazmi (me'da-ichaklar) yo'lida postradiatsion o'zgarishlar.                 | 125        |
| 10.4      | Nur ta'siridan kelib chiquvchi patologiyalar.                                     | 127        |
| <b>11</b> | <b>Turli organ va to'qimalar radiosezgirligi.</b>                                 | <b>129</b> |
| 11.1      | To'qimalar radiosezgirligi.                                                       | 129        |
| 11.2      | Ovqat hazimi organlarining radiatsion o'zgarishlari.                              | 133        |
| 11.3      | Yurak qon - tomir sistemasining radiatsion o'zgarishlari.                         | 134        |
| 11.4      | Nafas organlarining nurga sezuvchanligi.                                          | 135        |
| 11.5      | Bosh miya, periferik nervlar va orqa miya radiosezgirligi.                        | 135        |
| 11.6      | Endokrin bezlarda radiatsion o'zgarishlar                                         | 136        |
| 11.7      | Ajratish organlarining radiatsion o'zgarishlari.                                  | 137        |
| 11.8      | To'qimalar radiosezgirligining nisbiyligi.                                        | 139        |
| 11.9      | Individual radiosezgirlik.                                                        | 143        |
| <b>12</b> | <b>Odam va hayvonlarning o'tkir va surunkali nurlanish kasalligi.</b>             | <b>145</b> |
| 12.1      | Kvant va korpuskulyar nurlarning muhitdan o'tishi va odam tanasida taqsimlanishi. | 145        |
| 12.2      | Tekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir nur kasalligi.                            | 151        |
| 12.3      | Notekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir NK.                                     | 156        |
| <b>13</b> | <b>Nurlanishdan tiklanish jarayonlari</b>                                         | <b>159</b> |
| 13.1      | Nurlangan organizmda tiklanish jarayonlari.                                       | 159        |
| 13.2      | Nurlanish asoratlarning kelib chiqish mexanizmlari.                               | 162        |
| 13.3      | Nur kasalligini davolash prinsiplari.                                             | 163        |

|           |                                                                                                                          |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>14</b> | <b>Radiasiyaning embrion va homilaga ta'siri.</b>                                                                        | 167 |
| 14.1      | Ionlovchi nurlarning odam embrioliga ta'siri.                                                                            | 167 |
| 14.2      | Radioprotektorlarning kombinasiyali ta'siri.                                                                             | 173 |
| 14.3      | Radionuklidlarni biologiya va meditsina tadqiqotlarida qo'llanishining asoslari va printsiplari.                         | 177 |
| <b>15</b> | <b>Ionlovchi nurlarning oliy o'simliklarga va jonli dunyoning boshqa turlariga ta'siri.</b>                              | 188 |
| 15.1      | Ionlovchi nurlarning usimliklarga ta'sirining umumiy tavsifi.                                                            | 188 |
| 15.2      | O'simliklardagi nur ta'sirining fizikaviy va kimyoviy mexanizmlari.                                                      | 192 |
| 15.3      | Yadro nurlarining qishloq xo'jalik zararkunandalariga ta'siri va ularga qarshi kurashda qo'llash.                        | 194 |
| 15.4      | Ionlovchi nurlarning davolash maqsadida qo'llanishining radiobiologik asoslari.                                          | 197 |
| <b>16</b> | <b>Radiatsion ekologiya muammolari.</b>                                                                                  | 201 |
| 16.1      | Yadro portlashlari hisobiga radioaktiv moddalar bilan atrof-muhitni ifloslanishi.                                        | 201 |
| 16.2      | Radioaktiv ifloslanishdan saqlanish va uni bartaraf qilish.<br>Radioterapiya, rengenodiagnostika radionuklid diagnostika | 207 |
| 16.3      | bo'linmalarining Radioatsion tuzilishi, texnologik uskunalari, ularning ishi                                             | 209 |
| <b>17</b> | <b>Ionlovchi nurlarni gigiyenik me'yorlash</b>                                                                           | 215 |
| 17.1      | Ionlovchi nurlarni gigiyenik me'yorlashning ilmiy asoslari.                                                              | 215 |
| 17.2      | Odam organizmining turli manbalardan nurlanishi.                                                                         | 217 |
| 17.3      | Turli toifa odamlar uchun nurlanish xavfi.                                                                               | 219 |
| 17.4      | Radionukeidlar va ionlanuvchi nurlarning qishloq xo'jaligi hamda veterinariyada qo'llanilishi.                           | 221 |
| <b>18</b> | <b>Radiatsion xavfsizlikni nazorati.</b>                                                                                 | 228 |
| 18.1      | Radiatsion xavfsizlikni nazorat qilish.                                                                                  | 228 |
| 18.2      | Radiatsion xavfsizlikning umumiy masalalari.                                                                             | 232 |
| 18.3      | Xavfli o'smalarning kelib chiqishi.                                                                                      | 236 |

Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani va uning tarkibiy qismlarini o'rganish ma'lum qiyinchiliklarga ega. Birinchidan, bu integrativ fan bo'lib, fizika, kimyo, biologiya, tibbiyot fanlari bilan bog'liq va uni o'zlashtirish o'quvchilardan bu sohalar bo'yicha yetarli bilim va ko'nikma talab qiladi. Ikkinchidan, radiatsion texnika murakkab, qimmatbaho bo'lgani tufayli zaruriyat bo'yicha ilmiy maqsadlarda maxsus tashkilotlardagina qo'llanadi va talabalarga ularni namoyish qilinish cheklangan. Uchinchidan, radiatsion xavfsizlik masalalari ko'p narsani namoyish etish va amalda bajarishga imkon bermaydi. Taqdim etilayotgan ma'ruzalar kursida ionlanuvchi nurlar biologiyasiga kirish, tarixidan qisqacha ma'lumot, rentgen nurlarining xossalari Ion nurlarining manbalari va turlari, aktivligi ularning birliklari, Dozimetriya radiasiyani qabul qilish prinsiplari. Ionlanuvchi nurlardan fizik, kimyoviy va biologik muhofaza usullari, turli organ va to'qimalar radiosezgirliги, odam va hayvonlarning nurlanishi kasalligi. Ionlanuvchi nurlarning oliy o'simliklarga va ionli dunyoning boshqa turlariga ta'siri, radiatsion ekologiya muammolari aks ettirilgan.

Darslik shunday tuzilganki, ularning yordamida asosiy radioaktiv nurlar haqidagi tushunchalarga aniq tasavvurlarni shakllantirish asosida ion nurlarning tabiati, xossalari, odam va hayvonlar organizmiga ta'siri va undan himoyalanish qoidalari haqidagi talabalarning nazariy bilimlarini chuqurlashtirish imkoni yaratiladi. Albatta, ma'ruzalar kursida nuqsonlar uchrashi tabiiy. Shu bois qo'llanma haqida bildirilgan fikrlar uchun oldindan minnatdorlik bildiramiz.

## **1. IONLANUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI FANINING PREDMETI, MAQSADI VA VAZIFALARI**

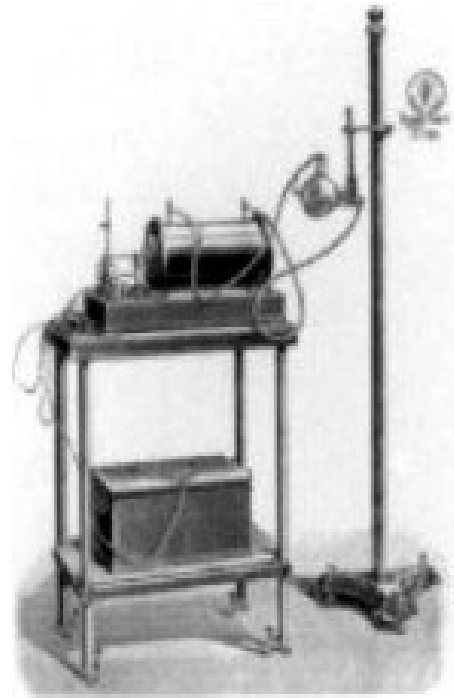
*Tayanch iboralar:* ionlanuvchi nurlar biologiyasi, radiatsion biofizika, biokimyo, sitologiya, genetika, ekologiya, gigiyena, mikrobiologiya, ionlovchi nurlar, teshib o'tuvchi nurlar ionizasiya, flyurossensiya.

### **1.1 Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani, uning qisqacha tarihi.**

Ionlanuvchi nurlar biologiyasi – ionlanuvchi nurlarning biologik mavjudotlarga ta'sir mexanizmlari va qonuniyatlarini o'rganuvchi fandir. Bu fan yadro nurlarini tibbiyotda, qishloq xo'jaligi va biosanoatda qo'llanishining poydevori hisoblanadi. Ionlanuvchi nurlar biologiyasida ionlovchi nurlardan foydalanish, zararli ta'sirlardan saqlanish nazariyasini ishlab chiqishda alohida o'rin tutadi.

Ionlanuvchi nurlar biologiyasining dunyoga kelishi - XIX asr oxirida amalga oshgan uch ajoyib kashfiyot bilan bog'liq. Ulardan birinchisi – 1895 yilda nemis olimi V.K. Rentgen tomonidan ko'zga ko'rinmaydigan, jismlardan teshib o'tuvchi, biologik o'zgarishlar chaqiruvchi, nomi kashfiyotchining ismi bilan

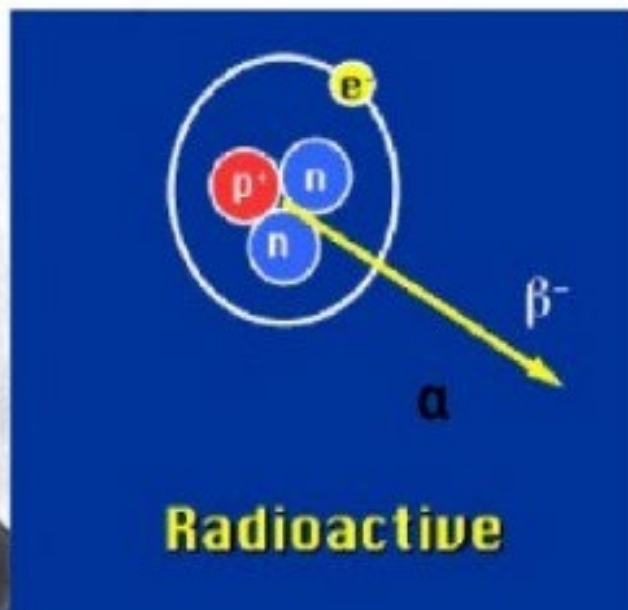
atalgan nur – rentgen nurlarining kashf etilishi. (1-rasm)



***1-rasm. Vilgelm Konrad Rentgen***

*(Rentgen nuri asoschisi, 1895)*

Ikkinchisi – 1896 yilda fransuz kimyogari va fizigi A. Bekkerel tomonidan uran moddasining, tashqi ta'sirsiz, o'z-o'zidan, rentgen nurlariga o'xshash nurlar tarqatishining aniqlanishi.(2-rasm)



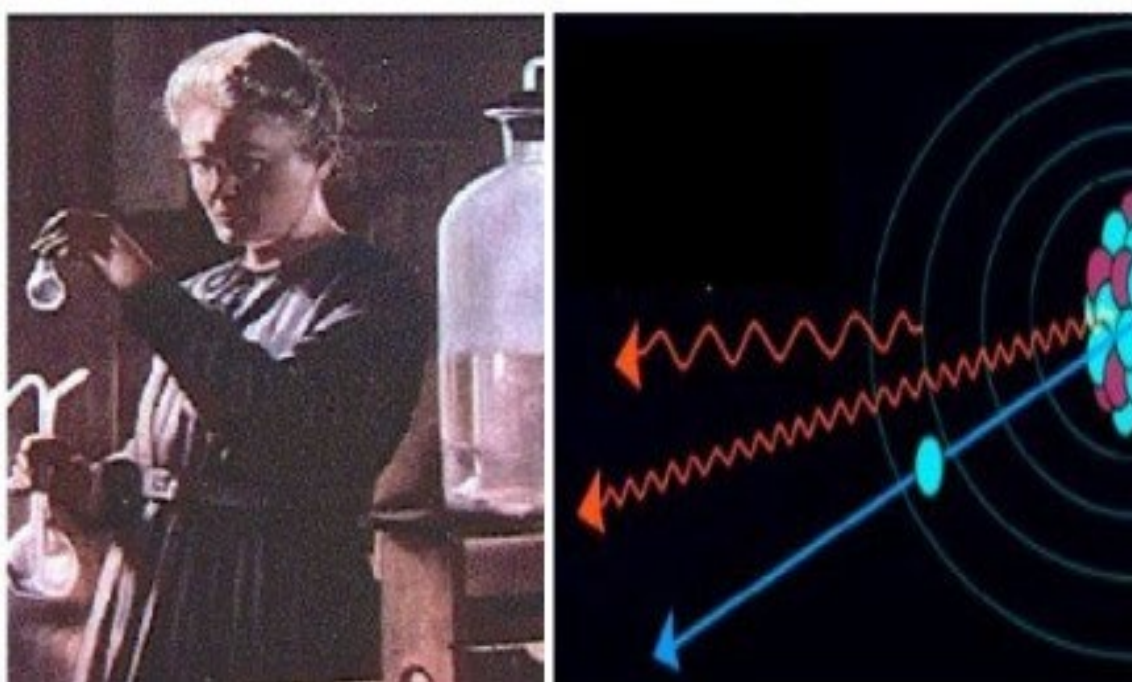


**2-rasm. Antoniyo Genri Bekkerel***(Radioaktivlikning asoschisi, 1896)*

Uchinchisi – 1898 yilda er-xotin Mariya Skladovskaya Kyuri va Pyer Kyuri tomonidan kuchli nur tarqatuvchi yangi kimyoviy elementlar - radiy va poloniyni kashf etilishi va ajratib olinishi. M.Kyurining taklifi bilan moddalarning tashqi ta'sirsiz, o'zidan nur tarqatish xossasi radioaktivlik deb, - bunday moddalar radioaktiv moddalar deb atala boshladi (radio - nur tarqatish demakdir).(3-rasm)

Rentgen va radioaktiv nurlarning biologik ta'sirini o'rganish bu nurlar kashf etilgan dastlabki yillardan boshlangan. Rus olimi I.N.Tarxanov (Tarxinashvili) 1896 yilda rentgen nurlarining asab tizimi (nerv sistemasi) ning faoliyatiga ta'sirini o'rganib, ionlovchi nurlarning tirik organizmga ta'sirini eksperimental o'rganishni boshlab berdi. 1898 yilda radiy moddasining xususiyatlarini tinglovchilarga namoyish etish maqsadida olib, kostyum cho'ntagida bir necha soat saqlagan Bekkerel tasodifan teri quyushining guvohi bo'ldi. P.Kyuri bilak sohasiga turli muddatga radiyli shisha naycha qo'yib, nur ta'siridan kelib chiqqan teri o'zgarishlarini kuzatdi (2-rasm). Rentgen va radioaktiv nurlarning organizmga ta'sirini o'rganish ko'pchilik olimlar uchun juda qimmatga tushdi. Rentgenlik nurlari bilan muhofaza vositalarsiz, birinchilar qatorida ish boshlagan ko'p vrachlar shu nurlar keltirib chiqargan kasalliklardan nobud bo'ldilar. 1936 yilda Germaniyaning Gamburg shahrida, rentgen instituti qarshisida, shu yerda uzoq yillar davomida ishlagan, nur ta'siridan kelib chiqqan rakdan nobud bo'lgan rentgenolog, vrach-olim Albers-Shonberg nomiga qo'yilgan gospital hovlisida, yodgor marmar ustun o'rnatildi. Bu ustinning old tomoniga quyidagi so'zlar yozilgan. «Yodgorlik - xotira, boshqalarning kasalliklariga qarshi kurashda o'z hayotlarini qurbon qilgan hamma

millatlarning rentgenologlari, radiologlari, vrachlar, fiziklar, kimyogarlar, texniklar, laborantlar, hamshiralarga bag'ishlanadi. Ular rentgen va radiy nurlarini tibbiyotda xavfsiz va samarali qo'llashga qahramonona yo'l ochdilar. Ular shuhrati o'lmaydi». Ustunning boshqa tomoniga radiasiya asoratlarida o'sha paytgacha o'lgan 169 kishining nomlari o'yib yozilgan. Keyinchalik memorialga yana ikki xotira taxta o'rnatib, unga yangi nomlar yozildi. So'ngra radiasiya qurbonlarining ismlari alohida albomga yozila boshladi.



**3-rasm. Mariya Kyuri**

*(Radioaktiv moddalar poloniy va radiy asoschisi, 1898)*

Rentgen va radiy nurlari ta'sirini eksperimental va klinik tarzda kuzatuvlar yildan-yilga ortib bordi, nurlarning biologik ta'siri haqida dastlabki xulosalar, gipotezalar paydo bo'la boshladi (3-rasm). Ammo o'sha davrda rentgen va radioaktiv nurlarning tabiati, ularning moddalar bilan munosabat mexanizmi haqidagi bilimlarning yetarli emasligi, radioaktiv moddalarning noyoblighi (faqat bir necha yirik institutlarga radiyga ega bo'lgan va uning ta'sirini o'rgangan) ionlanuvchi nurlar biologiyasining rivojiga to'sqinlik qildi. Rentgen nurlari,

asosan vrachlarni diagnostika nuqtai nazaridan qiziqtirgan, keng doiradagi biologlarning e'tiboridan chetda bo'lgan. Hatto G.A. Nadson va G.S. Filippovlarning tomonidan 1925 yilda ionlovchi nurlarning mutagen ta'siri aniqlangani, o'z vaqtida yetarli baholanmagan.

1934 yilda Fridrik Jolio-Kyuri va uning xotini Iren Kyuri sun'iy ravishda radioaktiv moddalar olishga muvaffaq bo'ldilar, keyinroq 30-yillarning oxiri va 40-yillarda uran atomini parchalash imkoniyati ochildi, atom reaktorlari yaratildi. Uran atomlarining parchalanishi juda ko'p miqdorda ionlanuvchi nur tarqalishi bilan kechadi. Parchalanish natijasida radioaktiv xususiyatiga ega bo'lgan turli izotoplar paydo bo'ladi. Avval ma'lum bo'lgan rentgen, alfa, betta va gamma nurlari qatoriga neytron, pozitron va boshqa nurlar ham qo'shildi. Radioaktiv bo'lmagan atomlar yadrosiga neytronlar bilan ta'sir etib atom reaktorida ularning radioaktiv moddalarga aylantirish imkoniyati paydo bo'ldi.

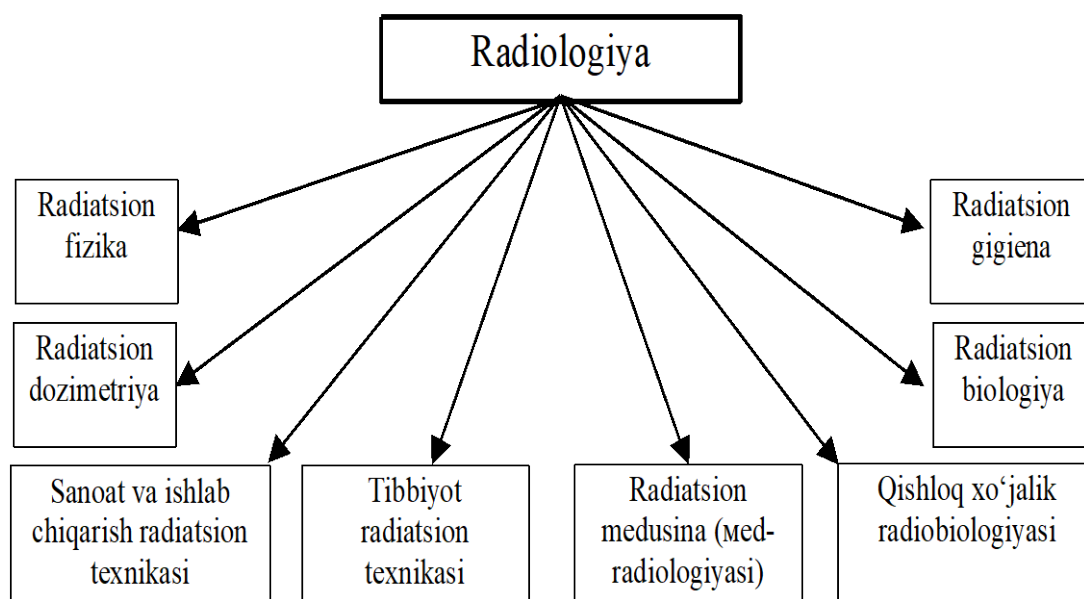
Radioaktiv moddalar ilmiy laboratoriyalarda, texnikada, tibbiyotda keng qo'llana boshladi. Ionlanuvchi nurlar bilan ishlovchi yoki uning ta'sirida bo'lganlar soni yildan-yilga ortib bordi. Bu nurlarning tirik organizmga ta'sirini o'rganishga qiziqish ortdi. Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fanining rivojiga yadro qurolining yaratilishi, Yaponiyaning Xirosima va Nagasaki katta turtki shaharlarining AQSh harbiylari tomonidan atom vositasida bombardimon qilinishi bo'ldi. Yadro sinovlari o'tkazilishi, tabiiy muhitning atom parchalanishi mahsulotlari bilan ifloslanishiga olib keldi. XX asrning ikkinchi yarmida rivojlangan mamlakatlarda atom sanoati yuzaga keldi. Uran konlari, uranni to'yintirish, qayta ishlash fabrikalari ochildi. Atom elektrostansiyalari, sanoat, ilmiy, texnik maqsadlar uchun mo'ljallangan yadro reaktorlari, atomoxod suv usti va suv osti kemalari yaratildi, uran qoldiqlari va parchalanish mahsulotlari yo'q qilish (utilizasiya) fabrikalari yaratildi. Atom energiyasidan va boshqa ionlanuvchi nurlardan xalq xo'jaligida foydalanish yanada keng tus oldi. Bu jarayonda millionlab odamlar va hayvonot dunyosining nurlanishiga sabab

bo'lgan avariya va halokatlar ro'y berdi. Atom sinovlari o'tkazilgan hududlar va ular atrofidagi radioaktiv ifloslanishlar tug'dirgan muammolarni o'rganish va hal qilish ionlanuvchi nurlar biologiyasi faniga ta'lluqlidir.

Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fanining yutuqlari orasida alohida e'tiborga sazovor hisoblanadi: Myuller (1927) tomonidan radiasiyaning naslga ta'sirini o'rganish, nurning mutagen ta'sirini ochilishi (D.Li, Angliya, 1946), N.V. Timofeyev-Ressovski va K. Simmer (Germaniya 30-40 yillar)ning nur ta'sir mexanizmini o'rganish bo'yicha olib borgan ilmiy ishlaridir. 1950 yillardan boshlab, atom va termoyadro qurolining sinovlari keltirib chiqargan radiobiologik muammolar, o'tkir va surunkali nurlanish kasalligi, mahalliy radiatsion jarohatlar o'rganildi. So'nggi o'n yilliklarda kichik dozalarda surunkali nurlanishning ta'siri, yadro halokatlari keltirib chiqaruvchi radiobiologik muammolar – bunday nurlanishning asoratlari, ularning oldini olish, davolash, genetik asoratlar ehtimoli va radiatsion ekologiya muammolari dolzarb bo'lib kelmoqda. Quyida, chizmada ionlanuvchi nurlar biologiyasining radiologiya fanlari orasida tutgan o'rni keltirilgan (1-chizma).

1-chizma

Ionlanuvchi nurlar biologiyasining radiologiya fani tizimida tutgan o'rni.



Bu fanlar o‘zaro bog‘liq bo‘lib, radiatsion tibbiyot, radiasiyalı veterinariya, – gigiyena va ekologiyaga ionlanuvchi nurlar biologiyasiga yaqin turadi.

## **1.2 Ionlanuvchi nurlar biologiyasining tarkibiy qismlari**

Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani quyidagi fanlarni o‘z ichiga oladi yoki ular bilan chambarchas bog‘langan.

*Radiatsion biofizika* - tirik organizmda nur ta’sirida ro‘y beradigan birlamchi jarayonlarning fizik-kimyoviy qonuniyatlarini - nur yutilishining dastlabki sekundlarida atom va molekualarning qo‘zg‘alishi va ionlanishi, radikallar hosil bo‘lishi, ularning o‘zaro yoki boshqa molekulalar bilan aloqa (reaksiya)larini o‘rganadi.

*Radiatsion kimyo va biokimyo* - molekulyar miqyosda radiatsion zararlanishning dastlabki etaplari, hujayra mikrostrukturasining o‘zgarishi, funksiyasining buzilishi va metabolik jarayonlarning o‘zgarishini o‘rganadi. Radiatsion biokimyo zamonaviy tadqiqot uslublari ultrasentrofugalash, xromatografiya, elektroforez, elektron paramagnit rezonans, radionukleotid indikasiyalash yordamida hujayralarning alohida qismlarida modda almashinishining ilk buzilishlarini ko‘rsatib beradi. Radiatsion biofizika va biokimyoni umumlashtirib molekulyar ionlanuvchi nurlar biologiyasi deb atash mumkin.

*Radiatsion sitologiya* – hujayra va uning alohida organoidlarida ionlovchi nur ta’sirida ro‘y beradigan funksional va morfologik o‘zgarishlarni o‘rganuvchi ionlanuvchi nurlar biologiyasining bir qismi. Radiatsion sitologiyaning o‘rganish obyekti turli xil hujayralar, mikroorganizmlar o‘simlik, hayvon, odam hujayralari hisoblanadi. Ko‘p hollarda, sut emizuvchilarning tirik hujayralari bilan olib boriladigan eksperimentlar hujayralar kulturasini in vitro sharoitida (vitrium - shisha) idishda o‘stirib amalga oshiriladi.

*Radiatsion genetika* – ionlovchi nur chiqaradigan genetik effektlar, uning natijasida ro‘y beradigan radiatsion mutasiyalar, nasliy o‘zgarishlar, asoratlarni o‘rganuvchi fandır. Hujayra yadro apparatining nurga ta’sirchanligining yuqoriligi sababli radiasiyaning genetik effektlari keng va chuqur o‘rganilgan. Radiatsion genetika, jinsiy hujayra nurlanishining naslga ta’sir qonuniyatlarini o‘rganish bilan cheklanmay, somatik hujayralarida nurlanish keltirib chiqargan saraton kasalligi, genetik o‘zgarishlarni o‘rganish va zararsiz nur miqdorining me’yoriy ko‘rsatkichlarini belgilash bilan shug‘ullanadi.

*Umumiy ionlanuvchi nurlar biologiyasi* – o‘simliklar, odam va hayvonlarning murakkab organizmda hujayralar, to‘qimalar, organlar va ular tizimida ro‘y beruvchi integrasiyalangan radiatsion nurlangan keyngi o‘zgarishlarni o‘rganadi. Masalan: umumiy nurlanishda markaziy asab tizimi tashqi va ichki reseptorlardan kelayotgan impulslarning katta oqimidan ta’sirlanadi. Natijada unda funksional o‘zgarishlar ro‘y beradi, bu esa o‘z navbatida boshqa organlar faoliyatining boshqarilishining o‘zgarishiga olib keladi; yoki nurga ta’sirchanligi yuqori bo‘lgan qon ishlab chiqarish tizimi, oshqozon-ichak yo‘li, immunitetning radiasiya ta’sirida zararlanishi butun organizmda ko‘p tarmoqli o‘zgarishlar chiqaradi. Umumiy ionlanuvchi nurlar biologiyasi, shular kabi organlar tizimi yoki butun organizmda nur ta’sirida ro‘y beradigan o‘zgarishlarni o‘rganish bilan shug‘ullanadi.

*Radiatsion ekologiya* - insoniyatni o‘rab turuvchi muhitning radiaktivligi, uning o‘zgarishlari, radioaktiv moddalar migrasiyasi va turli darajadagi radiativligining tabiiy biologik hamjamiyatlar - biogeosenozlarga ta’sirini o‘rganadi. Tabiiy radiatsion muhit, geologik va geografik muhitlarga bog‘liq va u turli regionlarda turlicha. Bu muhit insoniyatning faoliyati tufayli tinimsiz o‘zgarib turadi. Yadro sinovlari olib borilgan yillarda portlashlardan hosil bo‘lgan radioaktiv moddalar butun planetaga tarqalib, o‘simliklar, hayvon va odamlar organizmiga tushgan. Shunga o‘xshash boshqa yadro halokatlarida (Chernobl AES avariyasi) ro‘y bergan radioaktiv ifloslanishlar odam va

hayvonlar organizmining uzoq yillar davomida nurlanishiga sabab bo'ladi. Radioekologiya radioaktiv izotoplarining muhitda tarqalishi, ularning biosferaning turli qismlariga ko'chishi (masalan: tuproq-o'simliklar-hayvonot-odamzot; yoki dengiz suvi - dengiz maxluqlari - odamzot sistemasi bo'ylab ko'chishi) tabiatning radioaktiv muhitdan tozalanish imkoniyatlarini o'rganadi.

*Radiatsion gigiyena* - odam organizmini radiasiya ta'siridan muhofaza qilish tadbirlari, nurlanishning me'yoriy ko'rsatkichlarini belgilash va nazorat qilish bilan shug'ullanuvchi fandır. Radiatsion gigiyenaning ikki turi - kommunal va professional radiatsion gigiyenaga bo'linadi. Radiatsion gigiyena, ionlovchi nur manbalari o'rnatilgan binolar, ishchi xodimlar, bemorlar va atrofda joylashgan xonalarning sanitariya - gigiyena me'yoriy ko'rsatkichlari, muhofaza vositalarining nazorati, radioaktiv fon, qurilish materiallari, mineral o'g'itlar kabi radiaktivligi yuqori moddalarning texnogen radioaktiv foni, suv, oziq-mahsulotlar radiaktivligi, professional nurlanishning individual normativlari, radioaktiv chiqindilarni to'plash, saqlash, (ko'mish), energetik yadro qurilmalari - atomoxodlar, AES-lari chiqindilarini utilizatsiyasi bilan shug'ullanadi.

*Radiatsion immunologiya* - radiasiyaning immunitetga ta'siri va shu orqali immunologik faktorlar, ularning mexanizmlarini o'rganish bilan shug'ullanuvchi fandır.

*Radiatsion mikrobiologiya* - ionlovchi nurlarning mikrobiologik obyektlarga ta'siri, mikroblarda radiatsion mutasiya, sterilizasiya, mikrob o'zgarishlari vositasida turli radiobiologik jarayonlarni o'rganish bilan shug'ullanuvchi fandır.

Yer shari bir necha 10 km qalinlikka ega atmosfera qatlami bilan o'ralgan. Bu qatlam fazodan kelayotgan kuchli nur oqimini yutadi. Yerga kosmik nurlarining kichik bir ulushigina yetib keladi. Yer yuzasidan yuqoriga ko'tarilgan sari bu nurlarning miqdori ortib boradi, uzoq vaqt davomida 80-100

km va undan balandlikda bo'lish hayot uchun xavfli. Yer atrofidagi radiasiya, yerning magnit belbog'lari sohasida ayniqsa kuchli.

Fan va texnikaning rivoji tufayli XX asrning ikkinchi yarmida kosmik parvozlar va sayohatlar erasi boshlandi. Bu yangi muammolarni tug'dirdi. Parvozlar jarayonida radiasiyaning turli jonzodlar, birinchi navbatda odam organizmiga ta'sirini o'rganish va kosmonavtlarni fazo radiasiyasidan saqlash bilan shug'ullanuvchi ionlanuvchi nurlar biologiyasining yangi bir sohasi - kosmik ionlanuvchi nurlar biologiyasi yuzaga keldi. Bu fan sayyoralararo sayohatlarda kosmonavtlar organizmiga nur ta'siri va undan muhofazalash muammolari bilan shug'ullanadi.

Hozirgi paytda kosmik sayohatlarni ta'minlovchi yadro energetik qurilmalari yaratilgan. Bu kosmonavtlarni fazo radiasiyasidan saqlashdan tashqari, kosmik kemandagi atom dvigateli nurlaridan saqlash muammosini ham yuzaga keltiradi. Umuman, ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida, tobora keng qo'llanib borayotgan ionlovchi nurlarning jonli tabiatga ta'sirini o'rganuvchi, to'xtovsiz rivojlanib borayotgan fandır.

### **1.3 Rentgen va radioaktiv nurlarning umumiy xossalari**

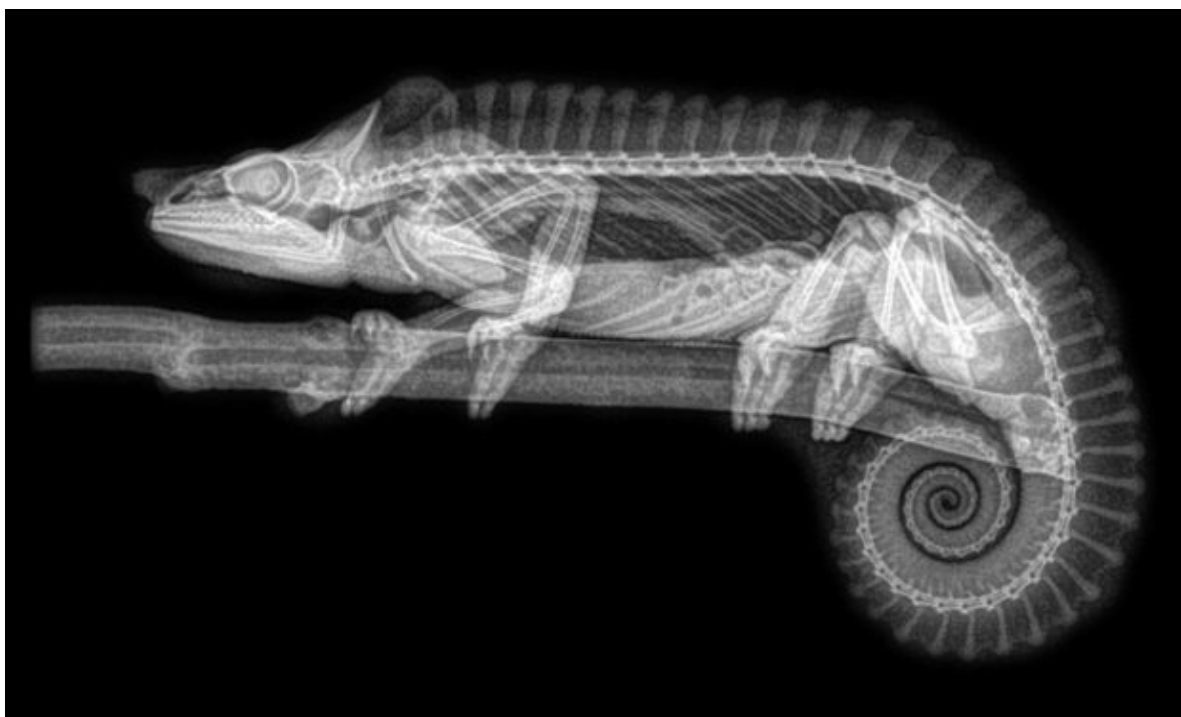
Bu xossalari quyidagilardan iborat:

1. Nur ta'sirining sezilmasligi. Bu xususiyatning ijobiy va salbiy tomoni mavjud. Ijobiy tomoni - nurlashdan iborat diagnostik yoki davolash mulojasi bemorni bezovta qilmay amalga oshiriladi. Salbiy tomoni - nurlanishning sezilmasligi nurdan saqlanishga undaydigan motivasiyani uyg'otmaydi.

2. Jismlarni teshib o'tish xususiyati. Rentgen va radioaktiv nurlar muhitdan uning tiniq-tiniqmasligidan qat'iy nazar teshib o'tadi (4-rasm). Bu xususiyat bir tomondan - nurning turi va energiyasiga bog'liq; ionlovchi nurlar orasida rentgen, gamma va neytron nurlarini o'tuvchanligi katta, alfa va beta nurlarining o'tuvchanligi kichik. Nur energiyasi ortib borishi uning o'tuvchanligini ham



oshiradi. Ikkinchi tomondan - o'tuvchanlik muhitning xususiyatlariga bog'liq. Muhitning zichligi, qalinligi va uni tashkil etuvchi atomlar massasi (tartib raqami, elektronlar zichligi)ning ortib borishi nurning ko'proq yutilishiga olib keladi. Nur, muhitda atomlar elektroniga to'qnash kelib, ularni orbitadan urib chiqaradi va bunga o'z energiyasini sarflab yutiladi. Masofa birligida elektronlar miqdorining ortishi bilan nur yutilishi ham ortadi. Elektronlarning soni atomning tartib nomeriga mos.



4-Rasm. Xamelionning rentgen nuri ta'sirida ko'rinishi.

Tog'ay to'qimasi qattiq, ammo kimyoviy tarkibi va zichligi, qon va yumshoq to'qimalarga o'xshash, shu sababdan ularda radiasiyaning yutilishi ham bir xil. Suyak to'qimasi zichligi tog'aydan deyarli farq qilmaydi, ammo u kalsiy, fosfor va boshqa og'ir atomlarga boy (o'rtacha atom massasi 14) shu sababdan suyak radiasiyani ko'p yutadi.

Radioaktiv bo'lmagan kimyoviy elementlar orasida atom massasi eng og'irlaridan biri qo'rg'oshin-  $^{207}\text{Rb}$ . Bu moddada nur ko'p yutiladi. Shu sababli

nurdan saqllovchi muhofaza vositalarida qo'rg'oshin keng qo'llaniladi. Ko'p nur yutish qobiliyati boshqa og'ir elementlar - Ag, Au, Pt, Fe uchun ham xos, ammo ularning ko'pchiligi ma'lum sabablariga ko'ra, bunday maqsadlarda ishlatilmaydi.

3. Ionlash xususiyati. Radioaktiv nurlar, atomlar elektronlari bilan to'qnashtirib, ularni orbitadan urib chiqaradi va ionlar jufti hosil qiladi. Bu jarayonda nurlar o'z energiyasini yo'qotadi va yutiladi. Ionlash xususiyati har xil nurlar uchun turlicha. Masalan: alfa nurlari masofa birligida zich ionlar hosil qiladi, tez yutiladi va kichik masofaga o'tadi; beta va gamma nurlari siyrak ionlar hosil qiladi, uzoqroq masofaga o'tadi. Elektronlar radiasiya ta'sirida o'z orbitasidan yuqoriroqqa ko'chsa, ammo atom chegarasidan chiqib ketmasa - kimyoviy aktivligi ortgan, qo'zg'algan atomlar hosil bo'ladi.

4. Flyurossensiya chaqirishi. Ionlovchi nurlar ba'zi minerallarda sho'rlalanib nur chiqaradi. Bu xususiyatdan dozimetriya va rentgenoskopiya - rentgen tasvir olish, gammatopografiya - gamma nurlovchi radioaktiv moddalarning to'planish kartasi va gamma defektoskopiya qo'llanadi.

5. Kimyoviy o'zgarishlar keltirib chiqarish (fotokimyoviy) xususiyati - nur ta'sirida atom va molekulalarning ionlanishi va qo'zg'alishi ularning kimyoviy aktivligini oshiradi va odatda uchramaydigan reaksiyalarni yuzaga keltiradi. Nur ta'siridan o'zgarmaydigan kimyoviy moddalar yo'q deyish mumkin. Ba'zi kimyoviy birikmalar nur ta'sirida tez parchalanadi. M: kumushning galloid birikmasi AgBr ning nur ta'siridan parchalanishi. Bu modda parchalanishi fragmentlardan biri kumush, kislorodli muhitda kumush oksidi Ag<sub>2</sub>O-ga aylanadi va kumush bromid surtilgan plenkaning qorayishiga olib keladi. Bu hodisadan rentgenologik surat olish (rentgenografiya) va fotokimyoviy dozimetriyada qo'llaniladi.

6. Biologik o'zgarishlar chaqirish xususiyati. Bu o'zgarishlar xilma-xil bo'lib, ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani o'rganadigan asosiy masala hisoblanadi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani va unga asos bo'lgan kashfiyotlar.
2. Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fani shakllanishida dastlabki yutuqlar va muvaffaqiyatsizliklar.
3. Sun'iy radioaktivlikning ochilishi va undan keyingi ionlanuvchi nurlar biologiyasining rivoji.
4. Ionlanuvchi nurlar biologiyasining radiologiya fani tizimida tutgan o'rni.
5. Ionlanuvchi nurlar biologiyasi fanining tarmoqlari.
6. Ionlovchi nurlarning yechadigan fan muammolar.
7. Ionlovchi nurlarning tabiiy va sun'iy manbalari.
8. Rentgen va radiaktiv nurlarning umumiy xossalari.

## 2. IONLOVCHI NURLARNING TURLARI, MANBALARI VA BIRLIKLARI

*Tayanch iboralar:* korpuskula, kvant nurlar, radiativ parchalanish, aktivlik, doza; ekspozision doza, chuqurlik, nisbiy, integrall.

### 2.1 Ionlanuvchi nurlarning turlari.

Ionlanuvchi nurlar tabiati bo'yicha ikki katta guruhga-korpuspulyar va kvant nurlarga bo'linadi. Korpuspulyar nurlar o'ta mayda, elementar zarrachalardan tartib topgan.

*Eslatma.* Moddiy muhit atom va molekulalardan tarkib topgan. Atom kimyoviy bo'linmaydigan eng kichik zarracha bo'lib, (atom - bo'linmas demakdir) tuzilishi - musbat zaryadli, og'ir yadro va uning atrofida aylanuvchi elektronlardan tarkib topgan. Atom yadrosi nuklonlar deb atalmish (*nukleus* - yadro) zarrachalardan tarkib topgan. Nuklonlar ikki xil, musbat zaryadli zarachalar - protonlar va zaryadsiz zarrachalar - neytronlardan iborat. Proton va neytronlar massasi atom massa birligiga, ya'ni 1ga teng. Protonlar zaryadi +1ga teng. Elektronlar zaryadi -1, massasi o'ta kichik,  $1/1837$  atom massa birligiga teng zarrachalardir. Atom massasini belgilashda elektron massasi e'tiborga olinmaydi. Elektronlar, protonlar, neytronlar elementlar zarrachalar hisoblanadi, ulardan atomlar tarkib topadi. Bu zarrachalar, alohida yoki turli nisbatda bog'langan holatda, nur sifatida namoyon bo'lishi mumkin. Proton va neytronlar tugal zarrachalar bo'lmay, yanada kichik zarrachalardan tarkib topgan, hozirgi paytda 40 ga yaqin zarrachalar tafovutlanadi.

Alfa ( $\alpha$ ) nurlar - tarkibi geliy atomi yadrosiga o'xshash, 2 proton va 2 neytrondan iborat zarrachalar oqimi ( ${}^4_2\text{Ne}$ ). Alfa zarrachaning massasi 4 atom massa birligiga teng, zaryadi +2. Bu nur asosan tabiiy radioaktiv moddalar (uran, radiy, toriy, poloniy, rodon va boshqalar) dan tarqaladi. Alfa

zarrachalarning muhitdan o'tuvchanligi kichik bo'lib, energiyasiga bog'liq holda havoda 1-16 sm (o'rta hisobda 10 sm), yumshoq to'qimalarda bir necha o'n mikronni tashkil qiladi (0,1 mm-dan oshmaydi) alfa nurlar odam terisining shox qatlamida deyarli to'liq tutilib qoladi.

Alfa zarrachalar muhitdan o'tayotib atom elektronlariga to'qnashib, ularni orbitadan o'rib chiqaradi va buning uchun o'rta hisobda 35 EV energiya sarf qiladi. Radioaktiv atomlardan uchib chiquvchi alfa-zarrachalar energiyasi 2-11 MEV (million EV) ni tashkil qiladi. Zarrachalar muhitdan to'g'ri yo'nalish bilan o'tadi, o'z yo'lida dastlab nisbatan siyrak, uning nihoyasida o'ta zich ionlar - ionizasiya ustuni hosil qiladi. Alfa nurlari vositasida tashqaridan nurlash biologik o'zgarishlar chaqirmaydi, chunki bu nurlar yutilgan terining shox qatlami o'lik hujayralaridir. Aksincha, alfa nuri manbasining organizmga kirishi (ichki nurlash) chuqur o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Bu sharoitda, nur tirik hujayralar orqali o'tadi, unda kuchli ionizasiya va biologik o'zgarishlar chaqiradi.

Beta nurlar ( $\beta$ ) asosan manfiy zaryadli zarrachalar - elektronlar ( $e^-$ ) yoki ularning aks zarrachasi pozitronlar ( $e^+$ ) oqimidir. Bu nurlar yengil zarrachalarga kiradi. Aksariyat beta nurlar sun'iy radiaktiv moddalardan tarqaladi. O'tuvchanligi havoda 10 metr, yumshoq to'qimalarda 1 smgacha, qo'rg'oshinda 0,3 mm. Beta zarracha manfiy zaryadli bo'lgani uchun muhit atomlari elektronlarining elektr maydonida itariladi, massasi kichik bo'lgani tufayli osonlik bilan o'z yo'nalishini o'zgartiradi va egri chiziqli yo'l (trek) hosil qiladi. Nur dastasi aniq cheklanmaydi. Ionlashtirish qobiliyati kuchsiz - havoda 1 sm masofada 50-100 juft ion hosil qiladi. Alfa nurlari esa shu masofada bir necha o'n ming juft ion hosil qiladi.

Beta nurlari tashqi nurlashda teri va uning osti qatlamlarida biologik o'zgarishlar chaqiradi. Ichki nurlashda alohida beta zarracha chaqirgan o'zgarishlar, ionlar zichligiga bog'liq holda, alfa-zarraga nisbatan deyarli 10

barobar kuchsiz. Radioaktiv moddalardan tarqalgan  $\beta$  nurlar vositasida tashqi nurlash tibbiyotda asosan teri kasalliklarini davolashda ishlatiladi.

Tibbiyot amaliyotida maxsus tezlatgichlarda (betatronlar va siklotronlarda hosil qilingan) yuqori energiyali (megavoltli) elektronlar oqimi ham qo'llaniladi. Bu nurlar to'qimalarda ancha chuqurlikka kirishi mumkin.

Pozitronlar - elektronlarning aks zarrachasi bo'lib, ularning zaryadi va massasining kattaligi bir xil, ammo zaryadning xarakteri teskari- musbat. Pozitronlar o'z aks zarrachalari elektronlar bilan to'qnash kelgancha yashaydi. To'qnashish ularning annigilyasiyasi, bir-birini yo'q qilishga olib keladi. Ular o'rnida ikkita kvant hosil bo'ladi. Bu kvantlar, atom elektronlariga to'qnash kelib yutiladi.

Neytronlar ( $n^0$ ), massasi 1, zaryadsiz. Asosan, og'ir yadrolarni ( $^{239}\text{U}$   $^{239}\text{Ru}$ ) yadro reaktorlarida parchalab olinadi. Bundan tashqari ba'zi transuran elementlar ( $^{292}\text{Sf}$ ) parchalanishida hosil bo'ladi. Neytron nurlarining o'tuvchanligi juda kuchli, u suvda, vodorodli muhitda ko'proq yutiladi. Biologik ta'sir kuchi yuqori, bu nurlar tibbiyotda nisbatan kam qo'llanadi. Asosan tadqiqot maqsadlarida, sun'iy radioaktiv izotoplar olish va yadrolarni parchalashda ishlatiladi.

Proton nurlari –massasi 1, zaryadi +1 bo'lgan zarrachalar, sun'iy ravishda maxsus tezlatgichlarda hosil qilinadi, o'tuvchanligi katta, ionlashtirish qobiliyati kuchli. Bu nur uchish yo'lining oxirida o'ta zich ionlash va kuchli biologik o'zgarishlar chaqiradi. Proton nurlari tibbiyotda tananing chuqur qismlarida yotgan kichik o'smalarni davolashda keyingi yillarda qo'llana boshladi. Asosan tadqiqot maqsadlarida va yangi radioaktiv izotoplar olish uchun qo'llanadi.

Deytronlar - (deyeriy  $^2_1\text{H}$  yadrosi) - 1 proton va 1 neytrondan iborat.

Tritonlar - (tretiy  $^3_1\text{H}$  yadrosi ) 1 proton va 2 neytrondan iborat zarrachalar. Tadqiqot maqsadlarida maxsus tezlatgichlarda hosil qilinadi va radioaktiv izotoplar olishda qo'llanadi.

$\pi$  - Mezonlar - massasi elektron massasidan 236 marta og'ir zarrachalar. Musbat va manfiy zaryadli  $\pi$  - mezonlar ma'lum. Manfiy  $\pi$  - mezonlar tibbiyot amaliyotida nur terapiyasida qo'llanadi. O'tuvchanligi juda katta, tanaga kirishida dastlab protonlar kabi siyrak ionlar hosil qiladi. O'tish yo'lining oxirida atom yadrolari tomonidan tutiladi va uning parchalanishiga olib keladi. Minnatyuradagi yadro portlash yuzaga keladi va shu sohada kuchli ionizasiya ro'y beradi.

Kvant tabiatli nurlar - energiya porsiyalari yoki fizikaviy iborani ishlatsak fotonlar oqimidir. Bu nurlarga radioto'lqinlar, infraqizil, yorug'lik kabi muhitni ionlashtirmaydigan, - oraliq holatdagi ultrabinafsha va ionlanuvchi xususiyatga ega rentgen, gamma, va yuqori energiyali tormozlanish nurlari kiradi. Bu nur to'lqin tabiatli. Kvant energiyasi ortib borgan sari nurning to'lqin uzunligi qisqaradi, o'tuvchanligi ortib boradi.

Ultrabinafsha nurlarning qisqa to'lqinli qismi ionlashtirish xususiyatiga ega, u to'qimalarda bir-ikki mmga o'tadi. Rentgen va gamma kvantlar energiyasi ancha katta, to'lqin uzunligi qisqa to'qimalarda 5-10 sm va undan chuqur masofaga o'ta oladi. Kvant nurlari muhit atomlari elektronlariga duch kelib ularda yutiladi va bu elektronlarga nur tabiatini baxsh etdi. Rentgen yoki gamma kvantni yutgan elektronlar muhit atomlarini  $\beta$  zarracha kabi ionlashtiradi.

## **2.2 Ionlanuvchi nur manbalari.**

Ionlanuvchi nur manbalarini ikki guruhga - tabiiy va sun'iy manbalarga bo'lish mumkin. Tabiiy manbalarga quyidagilar kiradi:

1. Kosmik nurlar. Ular tabiati jihatdan turli korpuskulyar yoki kvant nurlar oqimidan iborat.
2. Geologik jinslardagi radioaktiv moddalar. Uran, radiy, poloniy, radon va boshqa kimyoviy elementlar.

### 3. Suv, havo, odam tanasi radiaktivligi.

Tabiiy manbalardan tarqaluvchi nurlar hayot uchun zaruriy radioaktiv muhitni hosil qiladi. M. Kyuri o'z vaqtida aytganidek, radioaktiv muhit odam, hayvonlar va boshqa tirik mavjudotlar yashashi uchun zarurdir. Tirik mavjudot, shu hisobda odamlar evolyusiya jarayonida bu muhitga moslashgan va radioaktiv muhit hayot uchun zararsiz.

Ionlanuvchi nurlarning sun'iy manbalari radioaktiv fonning ortishiga olib keladi, turli asoratlarni keltirib chiqarishi mumkin. Bu manbalarga inson faoliyati tufayli yuzaga keluvchi radioaktiv ifloslanishlar, chiqindilar, turli nurlovchi uskanalar, atom reaktorlari, energetik, texnologik va tadqiqot reaktorlari, nurlovchi uskunalar va radioaktiv preparatlar kiradi. Bu manbalarni ham bir necha guruhga bo'lish mumkin.

1. Yadro sinovlari, atom elektrostansiyalaridagi avariylar, radioaktiv moddalarni qazib olish, uranni boyitish, fabrikalarning chiqindilari, uran bilan ishlovchi obyektlarida texnologik jarayonlarining buzilishidan yuzaga kelgan, tabiiy muhitdagi radiasiyaning sun'iy manbalari Qozog'istonda, Semipalatinsk yadro poligoni; AQShda Nevada shtatida va Polineziya orollaridagi yadro poligonlari hududi va uning atrofidagi radioaktiv qoldiqlar va osmondan yog'ilgan chang, Chelyabinsk shahri yaqinida Techa daryosiga radioaktiv chiqindilarni katta miqdori tushishi natijasida yuzaga kelgan radioaktiv ifloslanish havzasi, Kishtim shahri yaqinida radioaktiv chiqindilar portlashidan, Chernobl, AESning avariyesi natijasida Belorusiya, Ukraina va Rossiyaning unga yaqin viloyatlarni qamrab olgan radioaktiv ifloslanish regionlari.

2. Atom energetik, texnologik va tadqiqot qurilmalari, turli tezlatgichlar, AESlar, tadqiqot o'tkazish va radioaktiv moddalar olish uchun mo'ljallangan reaktorlar, atom suv usti va suv osti kemalari, radioizotoplar olinadigan siklotronlar eksplatastsiyasi ma'lum darajada nurlanishga sabab bo'ladi.

3. Texnologik gamma va rentgen uskunalar. Bu turdagi nur manbalariga sanoat mahsulotlari kalinligi va defektining nurli nazorat gamma ustanovkalari,



aeroportlarda va boshqa muhim ahamiyatli ishlab chiqarishda turli nazorat uskunalari misol bo‘ladi.

4. Tibbiyotda qo‘llanuvchi diagnostik va terapevtik uskunalar: turli rengenodiagnostik apparatura; rentgenoterapevtik, beta nurlovchi uskunalar, betatronlar, chiziqli tizlatgichlar, gammaterapevtik qurilmalar.

5. Radioaktiv preparatlar - diagnostika va davolash maqsadida qo‘llanuvchi turli radioaktiv moddalardir.

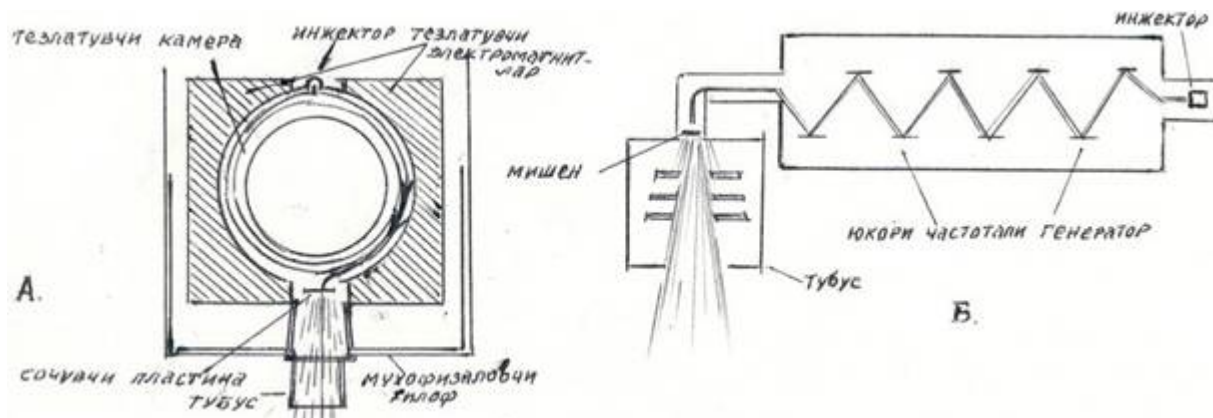
Radioaktiv preparatlar ikki guruhga bo‘linadi: ochiq va yopiq. Yopiq radioaktiv preparatlar - tashqi muhitdan germetik to‘silgan moddalardir. Bu tur preparatlar ichiga radioaktiv modda kiritilgan kavak igna, naycha, disk, granula, munchoqchalar shaklida yasalgan. Preparatning tashqi devori oltin, zanglamaydigan po‘latdan yasaladi. Radioaktiv modda sifatida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$  qo‘llanadi. Yopiq radioaktiv preparatlar devoridan faqat gamma nuri teshib o‘ta oladi, shu sababli ular vositasida gammaterapiya amalga oshiriladi. Yopiq radiaktiv preparatlar bilan ishlashda nurlanish xavfi bor. Muolaja tugagach, radioaktiv preparat tanadan chiqarib olinadi.

Ochiq radioaktiv preparatlar suyuq, kolloid yoki chin eritma, gazsimon radioaktiv moddalar bo‘lib, ular ko‘proq diagnostikada va oz miqdorda davolanish maqsadlarida ishlatiladi. Bu preparatlar og‘iz orqali ichiriladi, venalar yoki to‘qimalar orqali tanaga yuboriladi. Bu preparatlarni yuborish, tayyorlash va organizmga kiritish jarayonida personal radioaktiv moddalari bilan ifloslanishi va nurlanishi mumkin. Tanasiga ochiq radioaktiv modda yuborilgan odam yoki hayvon radioaktiv ifloslanish manbaiga aylanadi. Unda ochiq radioaktiv preparat to‘liq parchalanib bo‘lmaguncha va organizmdan chiqib ketmaguncha tanada saqlanib turadi.

*Zaryadli zarrachalarni tezlatgichlar.* Bu guruhga mansub uskunalar sun‘iy nur manbalarning asosiy qismini tashkil qiladi. Bu uskunalar zaryadli zarrachalar (elektronlar, protonlar, yengil atomlar ionlari) tutamini hosil qiluvchi va tezlatuvchi qurilmalardir. Rentgen trubka eng sodda tezlatgichlardan biri

hisoblanadi. Rentgen trubkada tezlashgan elektronlar anodda tormozlantirilib kvant nurlar hosil qilinadi. Bu qurilmalar yadro fizikasida, radiatsion biofizikada, radiatsion ximiyada, sanoatda -defektoskopiya, materiallarga radiatsion ishlov berishda va meditsinada qo'llanadi. Tezlatgichlarda zarrachalar kuchli elektr yoki magnit maydonida tezlatiladi. Tezlatiluvchi zarrachalarning tipiga qarab elektron tezlatgichlar va og'ir zarrachalarni tezlatgichlar tafovutlanadi. Zarrachalar, nur dastasi sifatida bevosita o'zlari qo'llanishi yoki ularni maxsus ichki mishenda tormozlab yuqori energiyali kvantlarga aylantirib tormozlangan nur sifatida qo'llanishi mumkin. Tezlatiluvchi zarrachalarning troektoriyasiga binoan chiziqli va siklik (xalqa yoki spiral buyicha harakatlanuvchi) tezlatgichlar tafovutlanadi.

*Betatron yoki tsiklik elektron tezlatgich* ikki asosiy qismga ega: elektron hosil qiluvchi (injektor) va elektronlarni tezlatuvchi qism. Injektordan chiqarilgan elektronlar portsiyasi, xalqasimon kamerada, kuchli elektromagnit maydonida tezlatiladi. Elektronlar, tezlatgichda o'zgaruvchan elektromagnit maydonida xalqa buylab aylanib katta tezlik va energiya oladi (15 – 30 MEV). Tezlangan elektronlarning ingichka dastasi ularning yuliga o'rnatilgan sochuvchi folgada sochilib kengayadi. Maxsus tubuslar nur dastasini lozim bo'lganda istalgan darajada cheklaydilar (5-rasm).



5-рasm . Betatronning (A) va tormozlangan nur hosil qiluvchi chiziqli tezlatgichning (B) chizma tasviri.

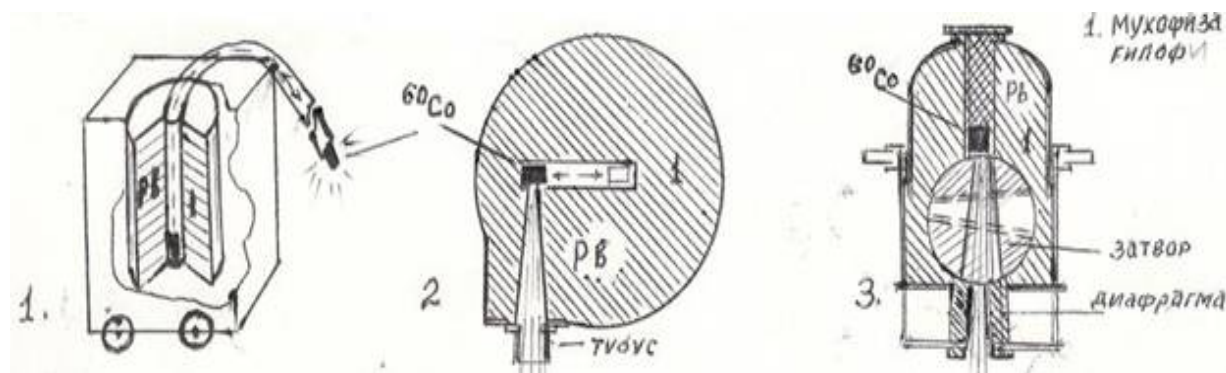
*Og'ir zaryadli zarrachalarni tezlatgichlar.* Maxsus elektrofizik uskunalar bilan jihozlangan hozirgi zamon og'ir zaryadli zarrachalarni tezlatuvchi murakkab injener – texnika inshootidir. Unga namuna tariqasida sinxrotsiklatronni keltirish mumkin. Uning asosiy qismlari injektor, spiralsimon tezlatgich kamerasi va nur dastasini shakli va yo'nalishini ta'minlovchi moslamalardan iborat. Injektordan chiqarilgan ogir zarrachalar (proton) bir jinsli magnit maydonida spiralsimon tezlatgich kamerada yuqori energiya berilgach, og'diruvchi magnit yordamida yo'nalishi o'zgartiradi, tormozlovchi filtrlar yordamida yot zarrachalardan tozalanadi va bemor tanasiga yo'naltiriladi. Proton nurlari yordamida, qisqa muddatda cheklangan sohaga 100 – 200 Gr energiya yutilishiga erishish mumkin.

*Gammaterapevtik apparatlar.* Asosiy qismi muhofazali radiatsion boshcha (golovka), yordamchi qismlari - shtativ va bemor yotqiziladigan stoldan iborat nurlash uskunasi.

Radiatsion boshchanning tashki qismi (devori) mustahkam og'ir metall, pulat qotishmalaridan yasalgan, ichi qo'rg'oshin bloklari bilan to'ldirilgan. Uning ichida radioaktiv modda o'rnatilgan kamera mavjud. Kamera ichiga nur manbasi sifatida  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Y}$  kiritilgan. Nurlash o'tkazilmayotgan paytda, radioaktiv zaryad kamera ichida nuri tashkariga chiqmaydigan holatida turadi.

Ba'zi bir uskunalarda (GUT–So–400), shlangli apparat (AGAT – V) nurlash paytida manba radiatsion golovka ichidan nur chiquvchi kanalga yoki shlang uchiga shu mexanizm yordamida siljitib o'tkaziladi va nurlash amalga oshiriladi (6-rasm). Nurlash tugagach, maxsus mexanizm radioaktiv zaryadni yana kameraning turiga tortib kiradi, «xranenie» holatiga o'tkazadi. Boshqa tur gammaterapevtik uskunalarda (Luch, AGAT, ROKUS) radioaktiv zaryad siljimaydigan qilib nur chiqish kanalining turiga o'rnatilgan. Nurlash o'tkazilmayotganda nur yuli qo'rg'oshinli to'siq-zatvor yordamida berkiladi, nurlash paytida zatvor siljib nurga tashkariga yo'l ochadi. Bu uskunalar chuqurlikda yotgan patologiyalarni nurli terapiyasida qo'llanadi.

Sanoatda, xalq xo'jaligining boshqa sohalarida qo'llanuvchi gamma uskunalarning ham nurlovchi qismi radiatsion golovka bo'lib, tuzilishi gammaterapevtik qurilmalardan printsiptial farqga ega emas.



6-rasm. Shlangli AGAT – V(1), GUT So – 400 (2), Luch (3) apparatlari tuzilishining chizma tasviri

*Radiobiologik eksperimentlarda qo'llanuvchi radiatsion uskunalar.* Bu maqsadlarda qo'llanuvchi nurlovchi qurilmalar ikki turga bo'linadi rentgen apparatlari, radionuklidli gamma apparatlar. Ularning har birini o'z afzallik kamchiliklari bor. Gamma apparatlarning sun'iy radioaktiv izotoplar bilan zaryadlangan, tibbiyotda qo'llanuvchi turi - gammaterapevtik apparatlar (AGAT, Volfram, Luch, ROKUS. GUT–So-400 va boshqa) hisoblanadi. Bu qurilmalarga 4000 Ki (yoki 148 TBk)gacha aktivlikga ega gamma nurlar

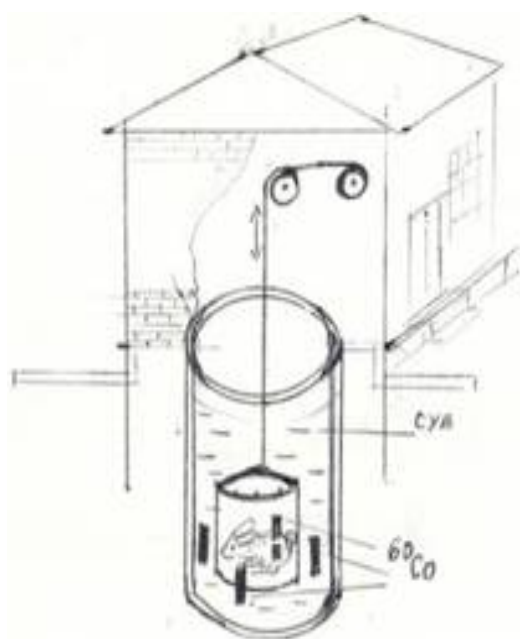
tarqatuvchi radionuklidlar  $^{60}\text{Co}$  yoki  $^{137}\text{Cs}$  o'rnatilgan. Bu radionuklidlar o'zlaridan yuqori energiyali (1,34, 0,66 MEV), o'tuvchanligi katta gamma kvantlar tarqatadilar. Bu apparatlar kichik laboratoriya hayvonlarini (sichqonlar, kalamushlar, xomyachok, dengiz cho'chqachasini) bir tomondan, nisbatan tekis nurlashni ta'min etadi. Bu qurilmalardan tarqalgan nur nisbatan doimiy, katta doza quvvatiga ega.

M. AGAT-R (S) va Luch apparatlari 50 sm masofadan 2 – 2,5 Gr/ min. nur beradi. Bu qurilmalarda bir qutichada muayyan vaqtda 2 – kalamush yoki xomyachok, 4-5 sichqonni nurlash mumkin.

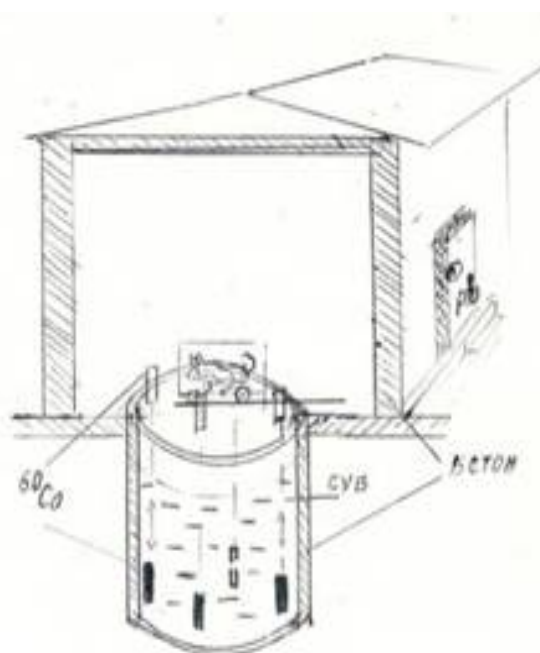
Gamma nurlovchi apparatlarning ikkinchi turi – radiobiologik eksperimentlar o'tkazish uchun muljallangan mahsus qurilmalar: EGO (eksperimentalniy gamma obluchatel), IGUR (issledovatel'skaya gamma ustanovka radiobiologicheskaya) GUB (gamma ustanovka biologicheskaya), GUBE (gamma ustanovka biologicheskaya, eksperimentalnaya), «PANORAMA». Bu qurilmalar ham  $^{60}\text{Co}$  va  $^{137}\text{Cs}$  (400 – 20000 Ki yoki 148 0740 TBk) bilan zaryadlangan. Bu qurilmalar yordamida har tomondan, aylana bo'ylab o'rnatilgan ko'p sonli manbalardan ko'p sonli mayda hayvonlarni bir yo'la va yirik hayvonlarni bittadan (alohida – alohida) umumiy nurlash mumkin.

M. EGO va IGUR tipidagi apparatlarda bir vaqtda 50 – sichqon yoki 20 kalamush yoki xomyachok, 15 – 20 dengiz cho'chqachasi bir meyorda nurlanish mumkin. Bu uskunalar qo'llanganda nurlanaetgan maydonning turli nuqtalarda doza farqi 5%-dan oshmaydi. Doza quvvati 0,5 – 6,0 Gr/minut, qisqa muddatda hayvonlarni katta dozada nur olishini ta'min etadi. EGO tipidagi gamma nurlovchi manbalar (EGO –1, EGO – 2, EGO – 20) kup tomondan nurlovchi qurilmalar bo'lib, katta aktivlikga ega. (M. EGO – 2 radioaktiv zaryadining aktivligi – 185TBk). Ularning ish printsiplari GUBE – 6000 (6000 Kyuri) ga o'hshash. Radioaktiv zaryad suv bilan to'ldirilgan tsilindrsimon quduq ichiga doira buylab o'rnatilgan. Nurlash uchun hayvonlar,

diametri 50sm, balandligi 100 sm germetik kameraga solib, suv ichiga, nur manbalari orasiga tushiriladi. Doza quvvati 3 – 6 Gr/minutni tashkil qiladi. GUB – 20.000 (740 TBk) uskunasi yirik hayvonlarni (itlar, echkilar)ni nurlash uchun mo'ljallangan (7-rasm). Bu tur qurilmalarda doira buylab o'rnatilgan radioaktiv zaryadlar nurlash paytida suv tuldirilgan quduq ichidan yuzaga ko'tarilib, maxsus qutiga (30x30x70 sm.) joylangan hayvon atrofida to'htaydi. Vaqt relesi buyicha nurlash vaqti tugatgach radioaktiv zaryad yana suv ostiga tushadi va nurlash tugallanadi.



7-rasm . GUBE  
tipidagi qurilmalarda  
nurlash sxemasi



GUB-20.000  
qurilmasi nurlash  
sxemasi

IGUR – tipidagi qurilmalar laboratoriya hayvonlarining hamma turini nurlashga mo'ljallangan. Nur manbasi sifatida  $^{137}\text{Ss}$  qo'llanadi. ( $T=30$  yil) uning zaryadini almashtirishga deyarli ehtiyoj yuq. Doza kursatgichiga 1 yilda bir marta o'zgartish kiritish yetarli. ( $^{60}\text{Co} - T = 5,3$  yil, har 3 oyda doza quvvati qaytadan hisoblanadi).

IGUR – olib – qo'yiluvchi (razborniy) qurg'oshin bloklardan yasalgan. Bu nurlagichni himoyalovchi maxsus devor bo'lmagan xonalarda ham o'rnatish mumkin. Nur manbasi  $^{137}\text{Cz}$  gamma nurlarining energiyasi nisbatan kam (0.66 MEV) bulgani uchun biroz yupqaroq muhofazalovchi ekranlardan foydalanish mumkin.

*Rentgen nurining manbalari.* Rentgen trubkasida hosil bo'luvchi nurlar uzluksiz spektrga ega va ular past energiyali kvantlar (10 –100 QEV) tarqatadi. Eksperimental hayvonlarni nurlash maqsadida RUM – 3, RUM – 11, RUM – 17 (rentgenovskaya ustanovka meditsinskaya) apparatlari qo'llanib keladi. Bu qurilmalar yordamida bir meyorda (tekis - ravnomernoy) nurlash, faqat kichik laboratoriya hayvonlarida o'tkazilishi mumkin. RUM – 17 apparatida 30 sm masofadan, anod toki kuchlanishi 180 KV, katod toki kuchi 15 mA, filtr 0,5 mm Su + 1,0 Al sharoitida olinadigan nur 0,6 Gr/ minutni tashkil etadi. Tubus 15h20 sm, F = 40sm – ni qo'llab bir vaqtda 4 sichqon yoki 2 kalamushni umumiy nurlash mumkin.

Bu apparatlar yordamida yirik hayvonlarni bir meyorda umumiy nurlashning imkoniyati yo'q. Itlar, quyonlarni faqat portsial (qisman, cheklangan qisim)ni nurlash mumkin. Yirik hayvonlar – quyonlar, qo'sh trubkali, itlar - 6- 12 trubkali apparatlar yordamida nurlanadi. Xullas, radiobiologik eksperimentning muvoffaqiyati nurlovchi uskuna va nurlash sharoitlarini to'g'ri tanlashga bog'liq.

## **2.3 Radioaktiv kattaliklar va birliklar.**

Radioaktiv moddalardan tarqaluvchi nurlar, alfa, beta yoki gamma nurlardan iborat bo'lib, atomlar parchalanishi jarayonida hosil bo'ladi. Radioaktiv atomlar parchalanishi turlicha, ammo shu modda uchun doimiy bo'lgan tezlikda ro'y beradi. Har bir radioaktiv modda uchun, tashqi faktorlarga bog'liq bo'lmagan parchalanish doimiyligi mavjud. Unda doim vaqt birligi ichida atomlarning ma'lum bir ulushi parchalanadi. Radioaktiv atomlar parchalanish tezligi amaliyotda yarim parchalanish davri - modda atomlarining yarmini parchalanishiga ketgan vaqt bilan belgilanadi. Yarim parchalanish davri T harfi bilan ifodalanadi va vaqt birliklari bilan o'lchanadi. Misol tariqasida bir nechta radioaktiv moddalarning yarim parchalanish davri va ular tarqatadigan nurlarni keltiramiz:

|                                         |                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| $^{238}\text{U}$ - $T = 4,5$ mld yil,   | alfa nurlovchi                                 |
| $^{226}\text{Ra}$ - $T = 1590$ yil,     | alfa nurlovchi, (95% $\alpha$ va 5% $\gamma$ ) |
| $^{222}\text{Rn}$ - $T = 3,2$ sut       | Alfa nurlovchi                                 |
| $^{137}\text{Cs}$ - $T = 30$ yil        | beta, gamma nurlovchi                          |
| $^{90}\text{Sr}$ - $T = 27$ yil         | beta nurlovchi                                 |
| $^{131}\text{I}$ - $T = 8,1$ kun        | beta, gamma nurlovchi                          |
| $^{198}\text{Au}$ - $T = 2,7$ kun       | beta, gamma nurlovchi                          |
| $^{24}\text{Na}$ - $T = 15$ soat        | beta, gamma nurlovchi                          |
| $^{99\text{m}}\text{Te}$ - $T = 6$ soat | gamma nurlovchi                                |

Yuqorida keltirilgan misollardan ko'rinib turibdiki, radioaktiv moddalardan yarim yemirilish davri ( $T_{1/2}$ ) ular tarqatadigan nurlari turlicha bo'lib, shu moddalarning qanday maqsadlarda qo'llanishi mumkinligini belgilaydi.

*Aktivlik va uning birliklari.* Radioaktiv moddaning miqdori uning massasi bilan belgilanmaydi. Sababi uning asosiy xarakteristikasi - nur tarqatishi vaqt birligi ichida ro'y beruvchi atom parchalanishlar soniga bog'liq. Shu sababdan radioaktivlik, bir sekunda ro'y beradigan atom parchalanishlar soni bilan belgilanadi va uni aktivlik deb ataladi. SI sistemasi bo'yicha aktivlik birligi qilib Bk (Bekkerel) qabul qilingan.



Bk - bir sekundda bir atom parchalanadigan radioaktiv modda miqdoridir, ming Bk - KBk (kilobekkerel), million Bk - MBk (mega- bekkerel) deb ataladi. Ayni bir vaqtda radioaktivlikning eski, CI sistemasiga kirmagan birligi - Ku (CI) kyuri ham qo'llanib kelinadi. 1 Ku 1 gramm toza radiy aktivligi bo'lib, unda 1 sekundda  $3,7 \times 10^{10}$  atom parchalanishi ro'y beradi, Ku katta birlik hisoblanadi. Ko'p hollarda uning ulushlari mKu (millikyuri - mingdan bir ulushi) yoki mkKu (mikrokyuri - Kyurining milliondan bir ulushi) qo'llaniladi.  $1 \text{ mkKu} = 37 \text{ KBk}$ .

## 2.4 Doza va uning birliklari.

Ionlanuvchi nurlar miqdori doza deb nomlanuvchi atama ibora bilan belgilanadi. Doza deb, muhitning massa birligida (1 gramm) yutilgan nur miqdoriga aytiladi. Yutilgan dozaning asosiy birligi CI sistemasi bo'yicha Gr - grey, (Gy) hisoblanadi. 1 Gr - 1 kg moddada 1 djoul energiya yutiladigan nur dozasi. Radiologiya amaliyotida CI sistemasiga kirmagan yutilgan doza birligi rad (rad) ham qo'llanib keindi.  $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gr}$ .

Rentgen va gamma nurlarining havoda yutilishini (ekspozision dozani) aks etuvchi birliklar ham mavjud. Ekspozision dozaning CI sistemasiga kirmagan asosiy birligi R- rentgen hisoblanadi.

1 Rentgen -  $1 \text{ sm}^3$  havoda normal atmosfera sharoitlarida ( $0^\circ\text{C}$ , 760 mm Hg) zaryadlarining yig'indisi bir elektrostatik birlikka teng ionlar ( $2,1 \times 10^9$  juft) hosil qila oladigan nur miqdoridir.

Rentgenning ulushlari mavjud: mP milli rentgen, mkR mikrorentgen. CI sistemasi bo'yicha ekspozision doza birligi qilib kulon/kg - bir kg moddada 1 kulon energiya yutilishi qabul qilingan.

Vaqt birligi ichida yutilgan nur-doza quvvati deb ataladi va u R/soat, R/min., R/sek., Gr/min., rad/min. kabi birliklar bilan o'lchanadi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Ionlanuvchi nurlarning guruhlari va turlari.
2. Korpuskulyar nurlar, ularning xarakteristikasi.

3. Kvant nurlar, ularning xarakteristikasi.

### **3. RADIASIYANI QAYD QILISH VA RADIOAKTIVLIK.**

*Tayanch iboralar:* dozimetriya, fizikaviy, kimyoviy, biodozimetriya, dezaktivasiya.

#### **3.1 Radiasiyani qayd qilish prinsiplari va dozimetriya uslublari.**

Dozimetriya - fizikaning ionlanuvchi nurlar miqdorini o'lchash bilan shug'ullanuvchi bir bo'limi. Bu maqsadlarda qo'llanadigan asboblarda dozimetrlar deyiladi. Ayni vaqtda rentgen va gamma nurlarning terapevtik maqsadlarda qo'llanuvchi miqdorini o'lchash asboblari rentgenometrlar, radioaktiv nurlari qayd qiluvchi va o'lchovchi asboblarda radiometrlar deyiladi.

Dozimetrlar qanday maqsadlar uchun qo'llanishiga qarab 4 turga bo'linadi:

1. Radiatsion - kimyoviy jarayonlarning nazorati uchun mo'ljallangan dozimetrlar. O'lchov diapozoni  $10^4 - 10^{10}$  rad, (100 - 100.000.000 Gr).

2. Klinik va radiobiologik amaliyotlarda qo'llanuvchi dozalarni o'lchovchi dozimetrlar. O'lchov diapozoni 1 -  $10^4$  rad, (0,01 - 10 Gr).

3. Individual dozalarni o'lchovchi dozimetrlar. O'lchov diapozani 0,01 - 100 rad, (0,0001 - 1Gr).

4. Radiatsion xavfsizlikni nazorat qilish dozimetrlari. O'lchov diapozoni  $0,1 - 10^3$  mk rad/sek.

Registrasiya qilinadigan nur turiga qarab quyidagi dozimetrlar bo'lishi mumkin: rentgen va gamma nurlar uchun beta dozimetrlar, neytronlar va aralash nurlar uchun (M.: beta va gamma; gamma va  $n^0$ ).

Dozimetriya usullari nur ta'sirida muhitda ro'y beradigan o'zgarishlarni qayd qilishga asoslangan. Shunga binoan dozimetriyaning fizikaviy (ionizatsion, lyumenssent kalorimetriya, yarim o'tkazgichli), kimyoviy (fotokimyoviy) va biologik usullari mavjud.

Dozimetriyaning ionizasion usuli nur ta'sirida ionlashgan havoning elektr o'tkazuvchanligini aniqlashga asoslangan. Ionizasion dozimetrlar eng keng qo'llanadigan turi bo'lib, soddalashtirilgan namunasi uch qismdan iborat: detektor, o'zgarmas tok manbai, o'lchovchi qismi. Detektor (datchik-sezuvchi qism) sifatida ionizasion kameradan foydalaniladi. U sodda variantda tok ulangan ikki plastikadan yoki silindrsimon kondensator, angishvona (o'ymoqcha) shaklida yasalgan. Silindr devorlari va markazga o'rnatilgan sterjen elektrodlar rolini o'ynaydi. Ionizasion kamera sezgir galvanometr va akkumlyator-batareyaga (transformator va vipramitelga) ulangan (chizmaga qarang). Kamera elektrodleri orasidagi havo izolyator. Shu tufayli nurlanish bo'lmagan sharoitda undan tok o'tmaydi. Agar ionizasion kamera nur ta'sirida bo'lsa undagi havo ionlashadi va u elektr o'tkazuvchan bo'lib qoladi.

Ionlanish darajasi nur dozasiga proporsional, kamera orqali o'tuvchi tok miqdori ham shunga mos bo'ladi. Bu tok ionizasion tok deb ataladi va uning miqdorini sezgir galvanometr ko'rsatib turadi. Shu tariqa nur dozasi ionlashgan havoning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash asosida o'lchanadi. Shu prinsipda, davolash maqsadida qo'llanadigan rentgen va gamma nurlarining miqdorini o'lchovchi uskunalarning qancha nur bera olishi aniqlanadi. Bu tipdagi dozimetrlar rentgenometrlar deb ataladi, ular yordamida katta dozalar o'lchanadi.

Ionlashgan gazlarning tok o'tkazishi asosida kichik dozalarni o'lchovchi dozimetrlar ham mavjud. Masalan: muhofazani nazorat qilish dozimetrlari va individual dozani o'lchovchi dozimetrlar. Bu dozimetrlarda ionizasion kamera hajmi turlicha silindrik kondensator tariqasida yasalgan. Bu kondensatorga ish boshida maxsus zaryadlovchi- o'lchovchi uskuna yordamida ma'lum bir elektr zaryadi beriladi, so'ngra kamera nur ta'siriga qo'yiladi.

Nur ta'sirida kondensator plastinkalari (elektrodleri) orasidagi havo ionlana boshlaydi. Ionlar qarama-qarshi zaryadli elektrodlar tomon harakatlanib, vaqt o'tishi bilan kondensator zaryadning kamayishiga olib keladi. Ish kuni yoki

haftaning oxirida kondensatorlarda qolgan zaryad o'lganadi. Kondensatorning razryadlanish darajasi unga ta'sir etgan dozaga proporsional bo'ladi.

Individual kondensatorli dozimetrlar avtoruchkaga o'xshash yasalgan. Ular turli hajmdagi ikki silindirdan iborat va turli kattalikdagi dozalarni o'lchashga mo'ljallangan. KID-1, KID-2, KID-20, KID-60 individual dozimetrlari rentgen va gamma nurlarni 0,01-50 rad diapozonida ko'rsata oladi. Lyumenssent yoki flyuorissent usuli nur ta'sirida ba'zi minerallarda ro'y beruvchi chaqnashlar, nur tarqatishini qayd qilishga asoslangan.

Dozimetriyaning kimyoviy usullari, nurlanish chaqirgan kimyoviy o'zgarishlarni qayd qilish asosida amalga oshiriladi. Bu xususda ko'p yillardan buyon dozimetriyaning fotokimyoviy usuli qo'llanib kelinadi. Kumushning galloid birikmalaridan biri AgBr fotoimulsiyaning asosini tashkil qiladi. Fotoimulsiya AgBr ning jelatinadagi butkasi bo'lib, u foto, kino, rentgen va boshqa plyonkalar yuziga bir tekis surtiladi. Nurga ta'sirchan bu plyonkalar maxsus kasseta ichiga joylashtiriladi. Ish jarayonida ionlovchi nurlar kasseta devoridan o'tib plyonka yuzasiga surtilgan. AgBr-ni tarkibiy qismlarga parchalaydi. Nurlangan plyonka maxsus eritma - «ochqich»ga tushirilsa unda fotoimulsiyadagi erkin kumush atomlari oksidlanadi,  $\text{Ag}_2\text{O}$  hosil bo'ladi va nurlangan plyonka qorayadi. Plyonkaning qorayish darajasi ta'sir qilgan nur dozasi bog'liq. Doza plenkaning qorayish darajasini o'lchab fontometrid belgilanadi. Hozirgi paytda individual dozani aniqlashda, ichiga rentgen plyonkasi solingan plastmassa kassetadan iborat individual fotografik nazorat (IFK) dozimetri keng qo'llanadi. IFK-dozimetrlari beta, gamma va rentgen nurlarining individual dozasini ko'rsatadi.

Kimyoviy dozimetriya boshqa kimyoviy moddalarda nur ta'sirida ro'y beruvchi o'zgarishlar asosida ham amalga oshiriladi. M. temir sulfatning o'zgarishi (ferrasulfat usuli), seriy sulfatning o'zgarishi (seriy usuli) benzol, zangori metilen va galloyidlarning organik birikmalarining o'zgarishiga asoslangan dozimetriyalardir.

Kolorimetriya usuli - nur yutilishida moddalardan issiqlik energiyasi ajraladi. Shu jarayonda ajralgan infraqizil nurlarni qayd qilish asosida nur miqdorini aniqlash mumkin. Ammo ajralgan issiqlik energiyasi o'ta kichikligi va uni aniqlash murakkabligi tufayli bu usul kundalik amaliyotda qo'llanilmaydi.

Yarim o'tkazgichlar usuli - nur ta'sirida yarim o'tkazgichlarning tok o'tkazishi o'zgaradi (dozaga proporsional ravishda ortadi), shu asosda nurning dozasi aniqlanadi. Aytish kerakki, yarim o'tkazgichlar detektorlarning sezgirliги ionizasion kameraga nisbatan yuqori. Yarim o'tkazgichli detektorlar juda kichik, ularni turli sohalarda qo'llab dozimetriya o'tkazish mumkin.

Dozimetriyaning biologik usullari to'qimalar, organlar va butun organizmda nur ta'siridan kelib chiquvchi o'zgarishlarni qayd qilishga asoslangan. Rentgeno - radiologiyaning dozimetriya muammosi hal qilinmagan dastlabki davrlarda, nur miqdori teridagi o'zgarishga qarab belgilangan. O'sha paytlarda imperik yo'l bilan rentgen va gamma nurlarning terining cheklangan sohasiga qisqa muddatli ta'siridan eritema keltirib chiqargan miqdori aniqlangan. Bu miqdorni eritema dozasi deb atalgan va u o'lchov birligi rolini o'ynagan. Hozirgi paytda teridagi o'zgarishlarga qarab dozani aniqlash amalda qo'llanilmaydi. Uning sabablari, birinchidan, terining, umuman odamlarning nurga ta'sirchanligi turlicha, demak eritema dozasi aniq ko'rsatgich emas. Oq teri nuri sezuvchan, bug'doyrang teri - chidamli. Hatto bir odamda ham nurga sezuvchanlik o'zgarib turishi mumkin. Terining ho'lligi, giperimiyasi - qon aylanishining kuchayishi, haroratning yuqoriligi nurga ta'sirchanlikni oshiradi. Badan turli sohalarining terisi turlicha sezuvchanlikka ega: qovoq, qultiq osti, bilakning ichki yuzasi, chov-chot sohasi nurga sezuvchan. Ikkinchi sabab, eritema nur ta'siridan ancha keyin (ikki hafta o'tgach) yuzaga chiqadi. Uchinchidan, ta'sirchanlik nurning turi va energiyasiga bog'liq: uzun to'lqinli, past energiyali rentgen nurlari terini tezroq qizartiradi va kuydiradi, qisqa to'lqinli nurlar kamroq ta'sir qiladi. Biologik dozimetriyaning kamchiliklariga

qaramay, teri o'zgarishlari o'smalar nurli terapiyasi jarayonida qo'shimcha nazorat testi sifatida xizmat qiladi.

Tashqaridan qaraganda dastlab nurlangan odam yoki hayvon nurlanmagandan dastlab farq qilmaydi. Shu sababli nur ta'sirida organizmda rivojlanadigan o'zgarishlarni qayd qilishning biodozimetriyada ahamiyati katta. Rivojlanayotgan o'tkir nurlanish kasalligining og'irlik darajasi va yutilgan nur dozasini dastlabki 2-3 sutkaning oxirida, nurga eng sezuvchan to'qima-lifoid to'qimada hosil bo'luvchi shakliy elementlar ya'ni limfositlar miqdoriga qarab aniqlash mumkin. Keyinroq 7-10 sutkalarda leykositlarning umumiy soni kamayadi. Bu paytda leykositlarning umumiy soni bioindikasiya ko'rsatgichi bo'lishi mumkin (1-jadval).

1-jadval

Turli og'irlikdagi o'tkir nurlanish kasalligida hayvonlar periferik qonida  
limfositlar va leykositlar sonining o'zgarishi

| Kasallikning og'irlik darajasi va doza | 2 - 3 sutkada limfositlar soni | 7 - 10 sutkada leykositlar soni |
|----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Yengil (1 - 2 Gr)                      | 1000 (20%)                     | < 3000                          |
| O'rtacha (2 - 4 Gr)                    | 500-1000 (6-20%)               | 2000-3000                       |
| Og'ir (4 - 6 Gr)                       | 100-400 (1-5%)                 | 1000-2000                       |
| O'ta og'ir (<6 Gr)                     | > 100 (>1%)                    | >1000                           |

Nurlanishni, suyak ko'migidagi o'zgarishlar, hujayralar umumiy sonining kamayishi, ko'mik hujayralarida xromosoma abberasiyalarini sanash asosida dastlabki 15-30 soatda aniqlash mumkin. Bundan tashqari nurlanishni aniqlashda qondagi boshqa shakliy elementlar, trombositlar, retikulositlar hamda biokimyoviy o'zgarishlar diagnostik va prognostik ahamiyatga ega.

### 3.2 Radioaktiv yemirilish qonuni

Har xil turdagi yadroviy nurlanishni aniqlash va ulardan muxofaza usullarini qo'llash uchun nurlarning moddalardan o'tish qonunlarini bilish shart. Alfa va gamma zarrachalar moddalardan o'tishda, atom elektronlari va elektr maydoni bilan to'qnashib, natijada energiyasini ionizasiyaga yo'qotadi.

*Ionizatsiya bu* – elektronlarni atomdan uzilishi va atom molekulalarini qo'zg'alishi va parchalanishi natijasida ionlarni hosil bo'lishi.

*Tormozlovchi ta'sir qonuni:* Elektron maydoni ta'sirida zaryadlangan zarracha o'z harakat yo'lini o'zgartiradi va shu vaqt rentgen nurlanishga o'xshash nurlanish kuzatiladi. Bu hodisalar asosan  $\beta$ - nurlanishga xos. SHu sababli amaliyotda betta nurlari bilan ishlaganda past molekulyar materiallar: plestiglaz shisha va polimerlar qo'llaniladi. Alfa zarrachalardan oddiy kiyim saqlaydi.

*Gamma nurlar* - kvantlar (grekcha - to'xtatib bo'lmas) energiyasi bir necha Kev to mega yev teng. Mev= mln. Kev. Gamma nurlari moddalardan o'tishda 3 effekt natijasida o'z energiyasini yo'qotadi:

1.Fotoeffekt.

2. Kompton effekti.

3. Juftlar paydo bo'lishi .

*1. Fotoeffekt hodisa-* mayin kvant energiyasi 0,05 MEV oshmaydi. K qavatdagi elektron bilan to'qnashib, energiyasini butunlay elektronga berib o'zi yo'qoladi - annigilyasiyaga uchraydi - nurga aylanadi. Elektron gamma - kvant energiyasiga ega bo'lib, K-qavatdan chiqib ketadi, bo'sh K qavatga , L qavatdagi elektron o'tadi, uni o'rniga M- qavatdagi elektron o'tadi v.h.k. (K.L.M.N.O.R.K.)

Havoda, suvda va biologik to'qimada bu hodisadan keyin, 60 KEV energiyaga ega bo'lgan zarrachalar 50%, 120 MEV ega bo'lgan - 10% va 200 MEV 100% ega bo'lsa, Komton effekti yoki tarqalish qonuni kuchga kiradi.

2. *Komton effektida* o'rta mayin K- kvantlar qatnashadi. Energiyasi 0,05 MEV oshiq. Gamma-kvant elektron bilan to'qnashib, bir biriga energiya o'tqazib o'z harakat yo'lini o'zgartiradi. Elektron energiyasi ionizasiyaga sarflanadi.

*Juft ionlar bo'lishi.* Qattiq gamma nurlarni energiyasi 1.02 MEV oshiq bo'lsa, moddalardan o'tishdan kuchli elektron maydoni ta'siridagi modda bo'laklaridan elektron va pozitron shakillanadi. Keyinchalik ular ikkilamchi gamma-kvantga aylanadi, bunda energiyasi 0,511 MEV teng. Ikkilamchi kvantlar faqat Kompton effektida qatnashadi va qolgan energiyasini elektron bilan to'qnashishda yo'qotadi. Yuqorida ko'rsatilgan prosesslar natijasida radioaktiv nurlanishlarning moddalardan o'tishida susaytirish qonuniga asoslanadi.

*Gamma nurlanishdagi o'zgarishlar.* Alfa va betta – susaytirish qonunlaridan farqlanadi. To'siqlardan qanaqasi bo'lishidan qat'iy nazar, 8 MEV dan oshiq bo'lgan gamma kvantlarni butunlay to'xtatib bo'lmaydi. Bular qo'yidagicha ifodalanadi:

$$A = Lo - I$$

ya'ni A-gamma nurlar to'siqdan o'tganidan keyingi aktivligi  
Lo - to'siqga tushadigan nurlarning aktivligi.

I - 1sm to'siqni quchishda alfa nurlanishni kuchsizlanish koefitsienti. Gamma nurlarining aktivligi 4sm kalinlikdagi qo'rgoshin, 30sm yer qatlami, yoki yogochdan o'tkanida 50%i yo'qoladi.

*Eritish effekti* - bu holatlarda kuchsiz eritmalaridagi molekulalar konsentratsiyasiga bog'lik emas, ekspozitsion dozalar o'zgarmas. Chunki bu holatlarda aktivlashgan radikallar miqdorlari o'zgarmaydi. Eritish effekti in vitro- tirik organizmda, tekshirtirilganda eritmalar va suspenziyalar mikromalekulalari, virus, faglar va x.k. Bular-nurlanishlarga vositali ta'sirini o'zgartirishini ko'rsatadi. Lekin effekt suspenziyalarni nurlanishda, hayvonlar to'qimasida va hujayralarida sezilmasligi ham mumkin, chunki bu holatlarda



suvni aktiv radikallari yuzaki metabolitlar bilan o'ziga singdiriladi va hujayra mikromalekulalarigacha yetmaydi.

*Kislorod effekti* - nurlanishda birlamchi reaksiyalarni rivojlanishi bioobektlarda kislorod effektiga bog'lik. Tashqi muhitda nurlanadigan obektlarda kislorod konsentratsiyasini ko'payishi nurlar ta'sirini kuchaytiradi, lekin kislorod miqdorini - konsentratsiyasini kamayishi nurlanish darajasini kamaytiradi. Bu holatlar kislorod effekti deb ataladi. Kislorod effektining ta'sirini o'zgarishi har xil nurlarda farqlanadi. Gamma va rentgen nurlarini ta'sirida maksimal effekt kuzatiladi, alfa zarrachalardan minimal yoki umuman kuzatilmaydi. Kislorod effekti hamma radiobiologik reaksiyalarida kuzatiladi - biokimiyoviy reaksiyalar kuchayishi yoki pasayishi, biokimiyoviy proseslar mutatsiyalarida (o'simliklar va hayvonlarda) va makromalekulyar, subhujayralar, hujayralar va to'qimada kuzatiladi.

Kislorod effekti klinik tabiyotda shishli rak kasalliklarni davolashlarda qo'llaniladi. Shikastlangan, nurlangan tuqimalarda kislorod miqdorini oshiradi - nurlanish darajasi pasayadi (sog' hujayralarda).

To'qimalarda kislorod miqdorini pasaytirish bilan, hayvonni radiorezistentligini oshirish mumkin. Kislorod miqdorini tashqi muxidda va nurlanish obektlarida oshirilishi postradiasion tiklanishga salbiy ta'sir etadi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Dozimetriya qanday maqsadlar uchun qo'llaniladi?
2. Radioaktiv yemirilish qonuni izohlang.
3. Radioaktiv ifloslanishdan qanday saqlanish mumkin?

#### **4. RADIOBIOLOGIK JARAYONLARNING FIZIKO-KIMIYOVIIY ASOSLARI**

*Tayanch iboralar:* biologik ta'sir, «mishen» nazariyasi, ionizasiya, suv radiolizi, radikallar, perioksidlar, lipidlar, nuklein kislotalar, fermentlar, oqsillar, aminokislotalar.

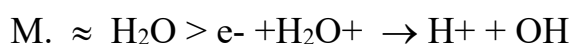
#### **4.1 Ionlanuvchi nurlarning fizik ta'siri.**

Ionlanuvchi nurlarning biologik ta'siri, rentgen-radiologiyaning dastlabki oylaridanoq vrachlar va biologlarga ma'lum bo'ldi. 1996 yilning oxiriga qadar rentgen tasvirlar olish jarayonida bemorlar va texniklar terisida ro'y bergan o'zgarishlar haqida 23 ta ma'lumot ilmiy matbuotda chop etildi. Biologik o'zgarishlarning kelib chiqish mexanizmlari haqida turli fikrlar bildirildi, gipotezalar yuzaga keldi. Ma'lum vaqt davomida nur yutilishida ajralgan issiqlik ta'sirida hujayrada o'zgarishlar ro'y beradi degan faraz hukumron bo'ldi. Ammo keyingi kuzatuvlar va hisoblar, hatto to'qimalar nekrozini chaqiradigan dozada nurlanishda ajralgan issiqlik miqdori, e'tiborga arzigudek emasligini ko'rsatdi. M.100 Gr nur to'qimalarda chuqur nekroz chaqiradi, bu paytda ajralgan issiqlik 0,2 mKal ni tashkil etadi. So'zsiz bu miqdor issiqlik sezilarli o'zgarish chaqirishga qodir emas. Uzoq vaqt davomida hujayraning hayot uchun ahamiyatli nurga suzuvchan kichik bir qismi-mishen», zararlanishi, uning yemirilishiga olib keladi deb taxmin qilindi, ammo bunday «mishen» topilmadi (avval bu mishen hujayra yadrosi, keyinroq-yadrocha deb taxmin qilingan edi), gipoteza isbotlanmadi.

Hozirgi zamon nazariyasiga binoan, ionlanuvchi nurlar ta'sirida ro'y beruvchi fizik prosess bo'lib, - biosubstrat atomlarining ionlanishi va qo'zg'alishidan iborat. Nur ta'sir etgan atomdan elektron uchib chiqadi, natijada bu atom musbat zaryadli atomar ion holatiga o'tadi. Atomdan ajralgan elektron nur ta'sir etmagan boshqa atom orbitasiga qo'shiladi va uni shunday zaryadli atom, ionga aylantirishi mumkin.  $\approx A \rightarrow ye^- + A^+ \quad ye^- + B \rightarrow B^-$  Bu jarayon  $10^{-13}$  sekund ichida ro'y beradi. Kvant atom elektroniga to'qnash kelib unda yutilgach

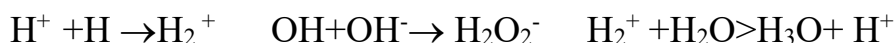
yo‘qoladi, karpuskulyar nurlar ham atom elektroniga o‘z energiyasini berib sekundning o‘ta kichik ulushi ichida nur sifatida yo‘qoladi.

Tirik mavjudot organizmi, shu hisobda odamlar va hayvonlar, ma’lum bir tipdagi molekulalardan tashkil topgan. Suv odam massasining 75% tashkil qiladi, mineral tuzlar-10%, yog‘lar, uglevodlar va oqsillar qolgan 15% ni tashkil etadi. Ehtimollar nazariyasiga binoan, atomlar ionlanishi shu molekulalarning har birida bo‘lishi mumkin va u turli biologik o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin. Organizmning asosiy massasi suv molekulalaridan iborat bo‘lgani uchun nurning aksariyati shu molekulalarda yutiladi. Nur, suv molekulasini atomlaridan elektron urib chiqarib, bu molekulaning ionlanishiga olib keladi. Ma’lumki atom va molekulalar, ionlashgan va qo‘zg‘algan holatda kimyoviy aktivlik ortadi va odatda kuzatilmaydigan jarayonlarni yuzaga keltiradi. Birinchi navbatda molekulada atomlarning o‘zaro bog‘lanishining buzilishi, suvning radiolizi ro‘y beradi:

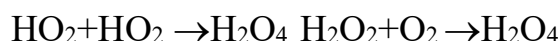


Suvning radioliz produktlari-vodorod va gidroksil ionlar hamda aktiv erkin radikallar o‘zaro ekzotermik reaksiyalarga kirishadi va turli birikmalar hosil qiladi.

Parchalanish mahsulotlarining bir qismi o‘zaro birikib molekula tiklanishi mumkin, shu bilan birga molekulyar vodorod perioksidlar hosil bo‘lishi mumkin:



Bulardan tashqari radioliz produktlari muhitdagi kislorod atomlari bilan birikib quyidagi moddalar hosil qilishi mumkin:



Bu moddalar perioksidlar guruhiga kiruvchi moddalar bo'lib, kuchli oksidlovchi hisoblanadi. Biologik muhitdagi suvning radiolizi fizik jarayonidir. Radioliz mahsulotlaridan perioksid birikmalarining hosil bo'lishi kimyoviy jarayonlar hisoblanadi va u kimyoviy qonunlar bilan kechadi. Bu jarayonlar birlamchi Radiatsion kimyoviy jarayonlar deb ham ataladi va sekundning juda kichik bir ulushida,  $10^{-10}$  sek ichida ro'y beradi.

Yuqorida keltirilgan reaksiyalar natijasida hujayralarda ko'p miqdorda faol (aktiv) oksidlovchi radikallar va qo'zg'algan molekularlar hosil bo'ladi ( $\text{OH}$ ,  $\text{HO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Erkin radikallar, ionlanuvchi radiasiyaning boshqa organik birikmalari va molekularlarga ta'siri natijasida ham hosil bo'ladi:  
 $\text{RH} + \text{OH} \rightarrow \text{R} + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{R} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}$ ;  $\text{RH} + \text{HP}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{R}$ ;  $\text{R} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}$ ;  
 $\text{ROO} + \text{HOH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{OH}$

Hisoblar bo'yicha organizmda 10 Gr nur yutilgan taqdirda hujayrada 1000.000 radikallar hosil bo'ladi. Ularning har biri kislorod ishtirokida oksidlanish zanjir reaksiyasi berishi mumkin:  $\text{RH} \rightarrow \text{PH}^+ \rightarrow \text{R} + \text{H}^+$

Organik moddalar, shu hisobda turli makromolekulalarda, ro'y beruvchi bu reaksiyalar nur yutilishi jarayonida suvning radiolizi bilan bir vaqtda yoki undan bir lahza kechroq, sekundning ulushlaridan so'ng ro'y beradi. Nurlanishda hosil bo'luvchi radikallar orasida uzoq yashovchi vodorod perioksidi molekularlari ham mavjud. Ular paydo bo'lgan joydan ancha nariga yetib borishi va nur ta'sir etmagan organik molekularlarni oksidlashi, shu yo'sinda hujayraning ichki strukturalarida ikkilamchi o'zgarishlar chaqirishi mumkin. Radikallar hosil bo'lishi jarayoni hamma organik moddalar uchun universaldir. Ayni shunday jarayonlar hujayraning hayot uchun ahamiyatli turli molekularlari - oqsillar, fermentlar shu hisobda DNK molekularlarida rivojlanishi mumkin. Hozirgi paytda eng nurga ta'sirchan jarayonlar sifatida yog'larning, to'yinmagan yog' kislotalarining perioksidli oksidlanishi, DNK molekulasining degradasiyasi uning tuzilish strukturasining buzilishi, hujayra membranasining zararlanishi hisoblanadi.

Birlamchi biofizik jarayonlarni sxematik ravishda quyidagi uch etapdan iborat deb tasavvur qilish mumkin:

1. Biologik membrana lipidlarida radikallar, birlamchi perioksidlarning hosil bo'lishi va to'planishi.
2. Antioksidant sistemalar aktivligining pasayishi.
3. Ikkilamchi radikallar hosil bo'lishi va perioksidlarning to'planishi; ionlanuvchi nurlarning biomolekulalarga bevosita ta'siri bilan bir qatorda erkin radikallar va perioksidlar orqali ikkilamchi ta'sir ko'rsatishi. Bu davrda lipidlarning oksidlanish imkoniyatlari, yopishqoqligi, gidrofilligi o'zgaradi, avtoregulyator mexanizmlar ishga tushadi. Lipidlar bilan bir qatorda DNK, RNK, turli fermentlar va oqsil molekulalarda nur ta'sirida ionlanish, radikallar hosil bo'lishi, molekulyar - strukturada - atomlar bog'lanishining buzilishi, makromolekulaning bo'laklarga (fragmentlarga) ajralishi ro'y beradi.

Ionlanuvchi nurlarning bevosita va vositali ta'siri tafovutlanadi. Bevosita ta'sir deb biosubstratning hayot uchun ahamiyatli molekulalarda, birinchi navbatda oqsillarda nurning to'g'ridan - to'g'ri yutilishi, molekulalarning ionlanishi, radikallar hosil bo'lishi natijasida rivojlanadigan biologik o'zgarishlar tushuniladi.

Vositali o'zgarishlar - suv radiolizi mahsulotlari, boshqa organik birikmalar ionlanib parchalanishida paydo bo'luvchi vodorod va gidroksil ionlar hamda erkin radikallar ta'siri ostida nur bevosita ta'sir etmagan biomolekullar yemirilishi natijasida yuzaga keluvchi jarayonlar tushuniladi. Murakkab tuzilishli tirik mavjudotda nurlanish chaqiradigan biologik o'zgarishlarning aksariyatini vositali ta'sir tashkil qiladi. Hujayradan kichik mavjudotlarda, M: viruslarda postradision o'zgarishlar asosan bevosita ta'sir natijasida yuzaga keladi. Viruslar, bir necha o'nlab yirik makromolekulalardan, asosan aminokislotalardan tarkib topgan. Uning zararlanishi nur ta'sirida virus makromolekulalar ichki bog'lanishining uzilishi natijasida yuzaga keladi. Murakkab tuzilishga ega mavjudotlarda, nur ta'sirida ro'y beruvchi o'zgarishlar,

ko‘proq vositali ta’sir orqali chaqiriladi. Nur ta’sirida biosubstratning asosiy tur molekulalari va strukturalarda ro‘y beruvchi o‘zgarishlarni ko‘rib chiqaylik.

## **4.2 Nurlanishda lipidlarning erkin radikali perioksidli oksidlanishi**

Ko‘p hujayrali mavjudotlarda, hujayralarda lipidlarning perioksidli oksidlanishi kuchsiz va turg‘un (bir xil) bo‘ladi. Bu jarayon biomembranalar tarkibiga kiruvchi lipidlarning yangilanib «buzilib - tuzilib» turishini ta’min etadi. Lipidlarning perioksidli oksidlanishi endogen antioksidlovchi moddalar nazorati ostida turadi. Oksidlanish jarayonlari lipidlarning normal tarkibini saqlaydi, biomembranalarning yopishqoqligini me’yorda bo‘lishini ta’minlaydi. Bular orqali hujayra metabolizmiga, ta’sir ko‘rsatadi, membranalar bilan bog‘liq fermentlar, siklik nukleoproteidlar sistemasi bilan aloqa qiladi.

Nur ta’sirida biomembranadagi lipidlarning erkin radikalli perioksidli oksidlanishi shiddatli ravishda faollashadi. Postradision davrda hosil bo‘luvchi gidroperioksidlar, perioksidlar va lipidlar oksidlanishining boshqa mahsulotlari biomembranadagi fermentlar, inaktivasiyasi, oqsillar yemirilishi, biomembranalar funksiyasi va strukturasining buzilishiga olib keladi. Nurlanishda biomembrana lipidlari oksidlanishining kuchayish sabablaridan biri hujayralarda bu jarayonni bog‘lovchi antioksidlash faktorlarining kuchsizlanishidir.

## **4.3 Nuklein kislotalarda nur ta’sirida o‘zgarishlar.**

Nuklein kislotalar - yadro oqsillari tarkibining asosiy qismi bo‘lib, ko‘p biostrukturalarning (xromosoma, ribosoma, infrosoma) va viruslarning tarkibiga kiradi. Bu makromolekulalar ichida eng ahamiyatlisi yadro DNK-si hisoblanadi. Ionlovchi nurlar tanlanib to‘planadigan alohida hujayra strukturalari yo‘q. Atomlarning qanday birikma yoki hujayra strukturasini tarkibiga kirishidan qat’iy

nazar, nur yutilishi atomlar elektronlarining zichligiga bog'liq. Nur, hujayradagi turli makromolekulalar qatori DNK molekulasida ionlanish, radikallar hosil bo'lishi, unda atomlarning o'zaro bog'lanishining buzilishi, ya'ni molekulalar strukturasining o'zgarishi, molekulyar zanjirning birlamchi uzilishiga olib kelishi mumkin. DNK molekulasining ayni shunday o'zgarishlari, suv va boshqa molekulalar radiolizi natijasida paydo bo'lgan erkin radikallar va perioksidlar vositasida ham ro'y beradi. DNK polinukleotidlari zanjir iplarining uzilishi, DNK - membrana kompleksi (DNK-membrana) bog'lanishlarning buzilishiga, DNK yemirilishiga olib keladi. Ayni bir vaqtda DNK - DNK, DNK - oqsil chatishmalari, agregasiyalari hosil bo'ladi. Nur ta'sirida DNK-katobolizmi (DNK - degradasiyasi), - dezoksinukloziuriya pirimidin, dezoksiribonukleozidlar, timidin, dezoksiuridin va dezoksisitidinning siydik bilan ajralishining ortishi sifatida aks etadi. Bu o'zgarishlarning darajasi rivojlanayotgan patologiyaaning og'irligiga, yutilgan dozaga bog'liq. Kichik dozalar DNK - membrana bog'lanishini kuchsizlantiradi, katta dozalar DNK strukturasini dissosiasiyasining buzilishi, DNK - membrana kompleksining uzilishi DNK degradasiyasiga olib keladi.

#### **4.4 Nurlanishning siklik nukleotidlar va fermentativ sistemaga ta'siri**

Siklik nukleotidlar hujayra metabolizmining fiziologi, biokimyoviy boshqaruvchilari (regulyatorlari) hisoblanadi va ular zararli tashqi ta'sirlarda darhol endogen resurslarni safarbar qiladi; patologik jarayonlarda hujayra va to'qimalarni nerv va garmonal faktorlarga ta'sirchanligining oshishiga, patologiyaaning chuqurlanishiga sabab bo'ladi.

Siklik nukleotidlarning postradiatsion buzilishlari quyidagilardan iborat. Nurlanishning birinchi kunlardan oq SAMF doimiy konsentrasiyasining pasayishi; SAMF-ning ortishi; SAMF sistemasining garmonlariga nisbatan reaktivligining o'zgarishi; SAMF va SGMF miqdorini boshqaruvchi fermentlar aktivligining o'zgarishi; SAMG-ga bog'liq oqsillar fosforlanishining buzilishi.

Ma'lumki, fermentlar organizmda biokatalizatorlar rolini o'ynaydi. Tirik mavjudotning hujayra va to'qimalarida ro'y beradigan har qanday biologik jarayon shunga mas'ul maxsus fermentlar ishtirokida ro'y beradi.

M. RNK, DNK, sintezi RNK-za DNK-za ishtirokida, hujayra nafas olishi - kislorodni o'zlashtirish - oksidaza fermenti ishtirokida va hokazo. Nurning bevosita yoki bilvosita ta'siri natijasida ferment molekulasida strukturasidagi uzilish va qayta tuzilish uning inaktivatsiyasiga olib keladi, molekula zanjirining uzilishlari uning yemirilishiga olib kelishi mumkin. Natijada hujayrada biokimyoviy jarayonlar izdan chiqadi. Fermentativ o'zgarishlar tufayli ro'y beradigan jarayonlar uch yo'nalishda bo'lishi mumkin:

1. Hujayra fermentlarining zararlanishidan kelib chiquvchi to'qimalardagi biokimyoviy o'zgarishlar.
2. Nerv, endokrin sistemasining funksiyasini ta'minlovchi fermentlar inaktivatsiyasi tufayli ro'y beradigan regulyatorlar buzilishlar.

Misol uchun: qalqonsimon bezda tutilgan anorganik yod tirozin bilan tirozinaza ishtirokida birikib iodtirozinlar hosil bo'lishining buzilishi. Yod peroksidaza fermenti ishtirokida oksidlanadi, so'ng tirozinaza fermenti ishtirokida yodtirozinlar hosil bo'ladi. Yodtirozinlar qo'shilib diodtirozin, ular birikishidan triyodtironin va tetrayodtironin (tiroksin) hosil bo'ladi. Bu jarayonlar maxsus fermentlar ishtirokida amalga oshadi. Nalqonsimon bez garmonlari sintezining buzilishi organizmda shu garmonlar ishtirokida ro'y beradigan jarayonlarning buzilishiga sabab bo'ladi. Nerv gangliylarida elektr impulslari bir sinapsdan ikkinchisiga uzatuvchi ferment asetilxolin inaktivatsiyasi turli organ va to'qimalarda kechuvchi jarayonlarni markaziy nerv



sistemi tomonidan boshqarilishining buzilishiga olib keladi, ya'ni nerv impulslari periferiyadan markazga yetib bormaydi va aksincha.

3. Ma'lum bir tur yadro oqsillari, shu jumladan yadro DNKsi sintezini ta'minlovchi fermentlarning nur ta'sirida zararlanishi, nukleotidlar sintezining buzilishiga, bu esa o'z navbatida hujayra bo'linishining buzilishiga sabab bo'lishi mumkin. Fermentlar aktivligining nur ta'siri ostida o'zgarishi ma'lum diagnostik ahamiyatga ham ega - ba'zi fermentlar aktivligining o'zgarishi asosida nurlanishni aniqlash mumkin. Fermentlarning nurlanishni indikatsiyasi uchun yaroqliligi turlicha bo'lib, ularni ikki kategoriyaga bo'lish mumkin.

1. Nurlanishni aniqlash uchun yaroqsiz: DNK-aza, RNK-aza, aminotransferaza, katepsinlar, proteaza, achchiq fosfataza, katalaza va uning izofermentlari, tripsin, xolinesteraza, laktatdehidrogenaza va uning izofermentlari. Bu yuqorida nomlari keltirilgan fermentlar nur ta'sirida kam zararlanadi degan ma'noni anglatmaydi, faqat ularning qon va siydikdagi konsentratsiyasi bu fermentlarning o'zgarishlarini to'liq aks ettirmaydi.

2. Radioindikatsiya uchun yaroqli fermentlar:  $\alpha$ -aldolaza

$\alpha$ -amilaza va ishqoriy (shelochnaya) fosfataza.

$\alpha$ - aldolaza - fruktozaning ishqoriy parchalanishida ishtirok etadi. Nurlanishdan keyin (10-14 Gr) dastlab bu fermentning bosh miya, buyrak va mushaklardagi miqdori kamayadi va bu fermentning inaktivatsiyasi natijasida yuzaga keladi. Keyinchalik nurlanishdan 2-18 soat o'tgach, fermentning qondagi miqdori kamayadi.

$\alpha$ - amilaza fermenti so'lak tarkibiga kiradi va u kraxmalni glyukoza va maltozaga parchalaydi. So'lak bezining nurlanishdan 10-12 soat o'tgach  $\alpha$ -amilaza sintez qiluvchi hujayralar yemirilish natijasida bu fermentning qondagi miqdori shitob bilan ko'tariladi (normaga nisbatan deyarli 20 marta ortadi).

Ishqoriy fosfataza - qon plazmasi fermenti bo'lib, u fosfor kislotasining turli eritmalarini parchalaydi. Nurlanishdan keyin bu fermentning to'qimalardagi miqdori o'zgaradi. Misol uchun ishqoriy fosfataza granulositlar

(neytrofillar)dagi aktivligi nurlanishdan keyin kamayadi va bu kamayish yutilgan dozaga bog'liq. Bu fermentning aktivligi nurlanishni biokimyoviy indikatsiyasi maqsadlarida qo'llanishi mumkin.

#### **4.5 Oddiy oqsillarda nur ta'sirida ro'y beradigan o'zgarishlar.**

Boshqa ko'pgina yuqori polimerli moddalar qatori oddiy oqsillarda nur ta'sirida quyidagi o'zgarishlar ro'y beradi.

1. Oqsilning fizika - kimyoviy, biologik xossalari va molekulyar massasi o'zgarmagan holda molekulaning shakli (konfiguratsiyasi) o'zgaradi.
2. Oqsil molekulalari agregatsiyasi - o'zaro yopishishi ro'y beradi molekulyar og'irlik ortadi.
3. Molekulaning yemirilishi, uning uglevodli bog'lanshilarining uzilishi, molekulyar og'irlikning kamayishi ro'y beradi.
4. Agregatsiyalangan oqsil molekulalari tuzilishining usti va ichki qismidagi aktiv gruppalarning kimyoviy o'zgarishlari, birinchi navbatda oksidlanish va tiklanish jarayonlar yuzaga keladi.

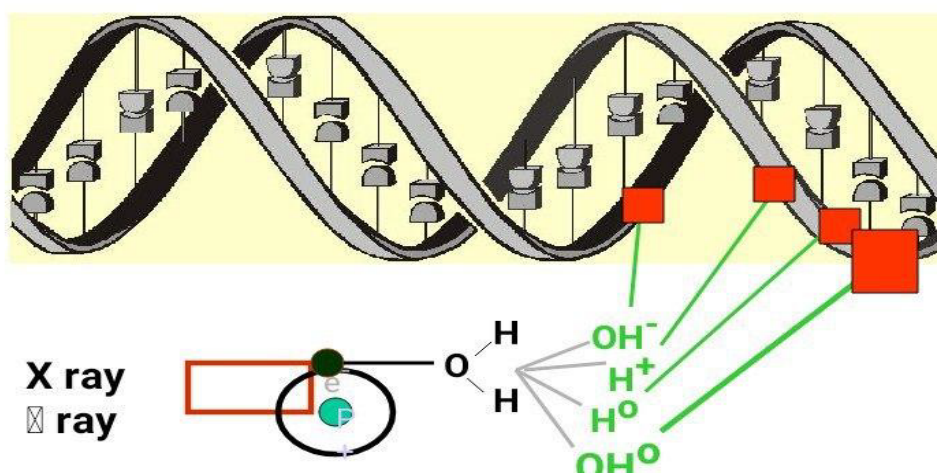
Bu o'zgarishlar turli kombinatsiyalarda bo'lib, ular umumiy nom bilan oqsil denaturatsiyasi - hayotiy xususiyatlarning yo'qolishi deb ataladi. Radiatsiya ta'siridan yuzaga kelgan o'zgarishlar oqsillarni ultrasentrifugalashda sedimentatsiya tezligining ortishi, oqsil eruvchanligining kamayishida ko'rish mumkin. Nurlash dozasining ortishi oqsillar agregatsiyasini kuchaytiradi.

Molekulalar agregatsiyasi, disulfid bog'lanmalar hisobiga chatishmalar hosil bo'lishi ultrabinafsha nurlar yutilishining, yorug'lik nurining sochilishining o'zgarishda o'z aksini topadi.

*Aminokislotalar.* Aminokislotalarning eritmalari yetarli darajada katta dozalarda nurlanganda (bir necha ming Gr), ularda, oksidlanuvchi dezaminlash va ammiak ajralishi, oksidlanishli dekarboksillanish, oksikislotalar hosil bo'lishi hamda ularga mos aldegidlar hosil bo'lishi kuzatiladi. Sulfagidril guruhlarga ega

aminokislotalar (tioaminokislotalar) nurlanishida SH guruhni disulfid guruhga aylanishi, disulfid ko‘priklari  $HS=SH$  hosil bo‘lishi, oltingugutli vodorod ajralishi ro‘y beradi. M. Glyutationning nurlanishi uni disulfid shakliga keltiradi; metioninning nurlanishi uni disulfid shakliga keltiradi, merkaptan hosil bo‘lishiga olib keladi.

*Purinlar va pirimidin asoslari.* Purinlar (adenin, guanin, siydik kislota) va pirimidin asoslar (timin, urasil, sitizin) nurlanishida amin guruhning yo‘qolishi, aminsizlanish, halqaning oksidlanishi oksidlar va perioksidlar hosil bo‘lish yuzaga keladi (10-rasm).



10-rasm. Radiatsiyaning DNK molekulasiga ta‘hiri.

*Uglevodlar.* Oddiy uglevodlar (shakar) eritmasining nurlanishi, ularning oksidli parchalanishiga va uran kislotalar hosil bo‘lishiga olib keladi. Uglevodlar zanjiri qisqaradi, shakar molekulasidan aldegidlar ajralib chiqadi. Xuddi shunday, glyukozaning nurlanishi uning molekulasini turli kislotalarga (glyukuron, glyukon, kant kislotalari) ga, farmaldigid arabinoza,  $\alpha$ -eritrozalarga parchalanishi, dioksiaseton hosil bo‘lishiga olib keladi. Disaxaridlar (maltoza, saxaroza, laktoza) va trisaxaridlar nurlanganda kislorod bog‘lamlari uzilib, ular shakarga aylanadilar.

*Yog‘lar va yog‘ kislotalari.* Yuqorida nurning organizmda lipidlarga nurning ta‘hiri haqida so‘z yuritilgan edi. Neytral yog‘lar va yog‘ kislotalarini «in vitro» sharoitida katta dozalarda nurlash, ularning parchalanishi va organik

perioksidlar hosil bo'lishiga olib keladi, kislotalarning qo'sh bog'lanishlari ortib borishi bilan nur ta'sirida o'zgarishida turli fizikaviy va kimyoviy sharoitlar ma'lum rol o'ynaydi. Misol uchun perioksidlar hosil bo'lishi tezlashadi.

Nur ta'sirida turli moddalarning o'zgarishida fizikaviy va kimyoviy sharoitlar ma'lum rol o'ynaydi. Masalan, perioksidlar hosil bo'lishining zaruriy sharti kislorodning ishtiroki hisoblanadi. Ikkinchi muhim sharoit, suvli muhitning mavjudligi. Har qanday modda quruq holatda past kimyoviy reaktivlikka ega yoki mutlaq aktiv emas. Kimyoviy aktivligi moddalarning eritma holatida, molekulalar dissosiasiyalangan sharoitda namoyon bo'ladi va ma'lum bir konsentrasiyada optimal darajaga yetadi. Nator eksperimental tadqiqotlar turli kimyoviy birikmalarning nur ta'sirida o'zgarishni ham, ularning konsentrasiyasiga bog'liqligi, moddaning nurga ta'sirchanligining optimal konsentrasiyasi mavjudligi, undan yuqori yoki past konsentrasiyalarda ta'sirchanlik pasayishi aniqlangan. Buning sabablaridan biri, suvning radioliz mahsulotlari  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari aktiv radikallar va ulardan hosil bo'lgan perioksidlar ikkilamchi ta'sir ko'rsatib o'zgarishlarni chuqurlashtirishi hisoblanadi. Ta'sirchanlik radiasiya yutilishida hosil bo'luvchi ionlar zichligi, harorat, muhitda kislorod miqdori va boshqa faktorlarga ham bog'liq.

#### **4.6 Radiotoksinlar.**

Nurlanish patologiyasi rivojlanishning molekulalar mexanizmlari orasida radiotoksinlar muhim ahamiyatga ega. Radiotoksinlar paydo bo'lish vaqti va biologik ta'sir qarab ikki guruhga - birlamchi va ikkilamchi radiotoksinlarga bo'linadi. Birlamchi radiotoksinlar, lipidlar, nuklein kislotalar, oqsillar va boshqa organik tabiatli makromolekulalarda ro'y beradigan dastlabki radiobiologik o'zgarishlarning mahsuli bo'lib, ular hayot uchun ahamiyatli turli molekulalar, shu hisobida DNK bilan munosabatga kirishib uning strukturasi,

genetik kodining buzilishiga olib kelishi, biologik membranalarni zararlashi, fermentativ reaksiyalarni o'zgartirishi mumkin.

«Radiotoksin» degan ibora XX asrning 50 yillarida mashhur patofizolog-radiobiolog olim P.D. Gorizontov tomonidan fanga kiritilgan. Radiotoksinlar nurlangan to'qimalarda buzilgan, anomal metabolizm tufayli hosil bo'lgan biologik aktiv gumoral moddalar bo'lib, ular nurlangan organizmda ortiqcha miqdorda to'planadi va tarqaladi. Organlar, to'qimalar hamda turli tizimlarga zaharli ta'sir ko'rsatadi, funksional va strukturaviy o'zgarishlar chaqiradi, nurning ta'sirini chuqurlashtiradi.

Ko'p olimlar yagona nur radiotoksinni izlashgan, ammo universal radiotoksin topilgan emas. Radiotoksinlar turli biologik makromolekulalarning dizmetabolik mahsulotlaridir. Ular orasida xinonlar va semixinonlar muhim o'rin tutdi. Bu moddalar nur ta'sirida fenollar oksidlanishining kuchayishi natijasida yuzaga keladi. Xinoid radiotoksinlarning hosil bo'lishi quyidagicha tasavvur qilinadi: nurlanish paytida hujayrada biosubstratinning aktiv radikallari hosil bo'ladi, ular hujayrada fenollarni oksidlaydi, oksidlanish mahsulotlari hujayra fermentlarning ham aktivligini o'zgartiradi va ko'p miqdorda ortoxinonlar hosil bo'lishi imkon tug'dirdi. Xinoid radiotoksinlar hujayra yadrosida so'riladi va unda DNK sinteziga to'sqinlik qiladi. Yadro DNK- si sintezining bog'lanishi, hujayra bo'linishining buzilishiga va uning o'limiga sabab bo'ladi.

Nur kasalligi rivojlanishida toksimiyaning ahamiyatini P.D. Gorizontov itlarda qon aylanishi hosil qilib o'tkazilgan eksperimentlarida yaqqol ko'rsatib bergan. Qon aylanish hosil qilingan itlarning birini nurlash, ikkinchi itda ham nurlanish kasalligiga xos bo'lgan o'zgarishlar keltirib chiqaradi.

Ma'lumki, nur ionlar hosil qilib o'sha lahzada yo'qolib ketadi va tanadan tanaga qon orqali ko'chib o'tishi mumkin emas. Ammo nur ta'sirida to'qimalarida hosil bo'lgan va qonga tushgan toksinlar ikkinchi itga o'tib toksik o'zgarishlar chaqiradi. Radiotoksinlarning nurlanish patologiyasiga qo'shgan

miqdorini o'lchash qiyin. Ko'p olimlar fikricha bu «hissa» organizmdagi radiasiya chaqirgan effektining 50% dan ko'pini tashkil qiladi. Buning isboti tariqasida, o'tkir nur kasalligining klinikasida dastlabki kunlaridanoq intoksikasiya alomatlari ustun turishi, bu kasallikni bir necha kun ichida 100% o'limga olib keluvchi toksemik formasi mavjudligi, o'tkir nurlanish kasalligini davolashda detoksikasion terapiyaning effektivligini ko'rsatish yetarli.

Radiotoksinlarning talay qismini lipid radiotoksinlar tashkil etadi. Bu moddalar va yog' kislotalariga nur ta'siridan kelib chiqqan gidroperoksidlar, peroksidlar, epoksidlar, aldegidlar, ketonlar, to'yinmagan erkin yog' kislotalardan tashkil topgan (11-rasm). Lipid radiotoksinlarning to'qimalarda to'planishi nurlanishning dastlabki minutlaridayoq boshlanadi va radiatsion toksemyada bosh rolni o'naydi. Yuqorida keltirilgan ko'pdan ma'lum va o'rganilgan radiotoksinlar - xolin, xinonlar, oqsil - lipid radiotoksinlardan tashqari, endi o'rganilayotgan toksik moddalar ham ma'lum. Bular poliglyumat va uning analoglari - timidin, absiz kislota, sial kislota, malonoldegid, kabi kichik molekulyar biologik aktiv moddalar, aminokislotalar va ularning parchalanishi mahsulotlaridir.

*Toksik xususiyatli aminokislotalar.* Ionlanuvchi nurlar biologiyasining dastlabki davrlarida radiatsion toksemya lisitinning radiolizi natijasida hosil bo'luvchi xolin tufayli deb hisoblanar edi. Hozir ma'lum bo'lishicha xolinining toksik effekti kuchsiz, toksik ta'sir ehtimol ko'proq lisitinning boshqa radioliz mahsulotlari- fosfolipidlar, to'yinmagan yog' kislotalar, ularning peroksidlari yoki lizolisitin tufaylidir.



11-rasm. To'qimalarning ion nurlariga bo'lgan ta'siri.

Nurlanishda to'qimalarda ko'p miqdorda gistamin to'planishi va uning biologik ta'siri haqida ma'lumotlar ko'p. Nurlanishdan so'ng bu moddaning to'qimalaridagi miqdorni ortishi, birinchidan, bog'langan, aktiv bo'lmagan gistaminni erkin, zaharli formaga aylanishi natijasida ro'y bersa, ikkinchidan, nurga sezuvchan hujayralarning yalpi o'lishi natijasida ko'p miqdorda gistamin va gistaminsimon moddalar hosil bo'lishi mumkin. Gistaminning toksik ta'sir diapazoni keng bo'lib, u ko'p hujayralar, organlar va to'qimalarda davomli o'zgarishlar chiqaradi.

Ikkilamchi radiotoksinlarga gistamin va oqsillar parchalanish mahsulotlari-lisitin fenollar kiradi. Ular birlamchi radiatsion kimyoviy jarayonlar tugagach, keyingi daqiqada, soatlarda postradision biokimyoviy va fiziologik buzilishlar natijasida hosil bo'ladi va nurlanish patologiyasi rivojlanishining keyingi etaplarida ishtirok etadi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Ionlanuvchi radiasiyaning biologik ta'siri haqida gepotezalar, «mishen» nazariyasi.
2. Nurning yutilishi, birlamchi Radiatsion - kimyoviy jarayonlar.
3. Birlamchi biofizik jarayonlar.
4. Ionlanuvchi nurlarning bevosita va vositali tasviri.
5. Nurlanishda lipidlarning erkin radikalli perioksidli oksidlanishi.
6. Nuklein kislotalarda nur ta'sirida o'zgarishlar.
7. Aminokislotalar, purin va piramidin asoslarining postradiatsion o'zgarishlari.
8. Uglevodlar, yog'lar va yog' kislotalarining postradiatsion o'zgarishlar.



## **5. ION NURLARIDAN SAQLANISH USULLARI. RADIOPROTEKTORLAR.**

*Tayanch so'zlar:* radioprotektor, fizikaviy, kimyoviy, biologik.

### **5.1 Ximiyaviy usul. Radioprotektor.**

Nur ta'siridan saqlovchi moddalar radioprotektorlar deb ataladi. Aslini olganda nurlanishdan yuzaga keluvchi o'zgarishlardan to'liq saqlovchi modda yuq, har qanday radioprotektor nur ta'sirini faqat kuchsizlantiradi.

Radioprotektorlik hususiyati yaqqol namoyon bo'lgan moddalar asosan ikki ximiyaviy sinfga mansub birikmalar - aminotiollar va indolilalkilaminlar. Moddalarning radioprotektorlik hususiyati faqat uni nurlash oldidan yuborilganda namoyon bo'ladi. Radioprotektorning nurlanish asoratlaridan saqlash mehanizmi to'liq ma'lum emas. Bu moddalar nurlash oldidan organizmga yuborilganda, ular radiatsiya ta'sirida yuzaga keladigan birlamchi bioximik jarayonlarni ya'ni moddalar radiolizini kuchsizlantiradi va uning mahsulotlarini bog'laydi deb tushiniladi.

Radioprotektorlarga ma'lum talablar quyiladi. «Ideal radioprotektor» quyidagi talablarga javob berishi lozim.

1. Individual muhofaza vositasi sifatida qisqa muddatli kuchli tashkiy nurlanishdan, m. yadro portlashlari, quyoshning kuchli portlashlarida yuzaga keluvchi nurlanishdan himoya qila olishi.
2. Uzoq davom etuvchi, kuchsiz nurlanishlardan, m. radioaktiv ifloslanishlar radioaktiv bulutning yulidagi radiatsiya, kosmik sayohatlarda nurlanishdan saqlashi.
3. Rentgenoterapiya va radioterapiya jarayonida, yadro avariylarini bartaraf qilishda nur ta'siridan saqlash

Bu talabalarni amalga oshirish uchun radioprotektorlarga qator shartlar quyiladi.

- ✓ Radioprotektor yuborilgan odamning o'z ish qobiliyatini saqlab qolishi.
- ✓ Preparatlar yetarli darajada effektiv, zaharsiz, terapevtik koeffitsienti uchdan kam bo'lmasligi lozim.
- ✓ Salbiy ta'sir ko'rsatmasligi, asoratlar chaqirmasligi
- ✓ Tez va uzoq ta'sir qilishi. Ta'sir, preparat yuborilgandan sung dastlabki 30 minutda boshlanib, qisqa mudatli nurlashlarda kamida 2-4 soat, davomli nurlashlarda kamida 5-8 soat saqlanishi.
- ✓ Og'iz orqali yoki mushak ichiga (shprints-tyubik bilan) yuborilganda ta'sir qilishi.
- ✓ Qayta yuborishlarda kumulyativ ta'sir ko'rsatmasligi, organizmda to'planmasligi.
- ✓ Turli nurlar (a, b, g, rentgen, neytron va hokazolar) ta'sir etganda va turlicha nurlashlarda (chuzib, bo'laklab) effektiv bo'lishi.
- ✓ Tashqi muhit o'zgarishlariga (issiq, sovuqqa) chidamli bo'lishi va uzoq saqlanganda (kamida 3 oy) ta'sirini yuqotmasligi.
- ✓ Faqat nurlash oldidan emas, imkon bo'lsa nurlashdan keyin yuborilsa ham ta'sir ko'rsatish.

Aytish lozimki bu hususiyatlar to'liq mujassam bo'lgan radioprotektor yuq. Radioprofilaktik dozalarni tanlash. Har bir modda toksik dozalarda nurning zararli ta'sirini kuchaytirishi, subtoksik dozalarda Radioprotektorlik hususiyatini namoyon qilishi mumkin. SHu tufayli effektiv radioprotektorlarni qidirish dastlab sinalayotgan moddalarni toksik (zaharlilik) darajasini aniqlashdan boshlanadi. Radioprotektorlarning toksiklik va protektorlik dozalari aksariyat sichqonlarda o'rganiladi.

Dastlab preparatning yarim letal kontsentratsiyasi aniqlanadi. Buning uchun preparat birnecha sichqonga turli dozada kiritiladi va tahminiy LD<sub>50</sub> aniqlanadi. Shundan keyin LD<sub>50</sub>-ga yaqin dozani olib sichqonga yuboriladi, navbatdagi sichqonlarga birinchi sichqonning o'lgan yoki o'lmaganiga qarab, ortib boruvchi yoki kamayib boruvchi, farqi avalgisidan

katta bo'lmagan dozalar yuboriladi. Bu metod bilan qisqa vaqt (1-2 soat) ichida, 10-12 sichqon sarf qilib preparat toksikligini  $LD_{50} \pm 5\%$  aniqlash mumkin.

Radioprotektor toksikligining  $LD_{50/30}$  va o'lim chaqiruvchi dozalari va boshqa ko'rsatgichlari probit-analiz yordamida ham aniqlanishi mumkin. Bu son ko'rsatgichlarning tahlili bo'lib u maxsus adabiyotlarda keltirilgan. Moddalarning radioprotektorlik hususiyatini sinashdan oldin, shu moddaning sichqonlarni 16, 50 84% o'limga olib keluvchi dozalari aniqlanadi. Buning uchun tajribaga olingan sichqonning bir gruppasiga sinalayotgan moddaning  $\frac{1}{8} LD_{16}$ , ikkinchisi  $\frac{1}{2} LD_{16}$  dozasi yuboriladi. Oradan 5-15 min o'tgach sichqonlar minimal absolyut letal dozada nurlanadi. Yana bir guruh sichqonlarga (kontrol) nurlash oldidan fiziologik eritma yuboriladi. Bu tur eksperimentlarda yana bir intakt- hech qanday ta'sir ko'rsatilmagan sichqonlar biologik qontrol sifatida olinadi. Agar bu guruhda kuzatuv (30 kun) davomida o'lim 5% - dan ortiq bo'lsa tajriba natijalari bekor qilinadi, tajribalar seriyasi 4 guruhda ham qayta o'tkaziladi. Guruhlarda tajriba uchun olingan sichqonlar soni 10-15 tadan kam bo'lmasligi, ularning jinsi, yoshi, tanasining vazni, yashash sharoitlari, beriladigan oziqa bir xil bo'lishi shart. Sinov va tajriba guruhlari bir vaqtda nurlanishi kerak, kuzatuv muddati 30 kun. Tajriba natijalari tirik qolgan sichqonlarning o'lish foizi (%) va o'lganlarning o'rtacha umri (srednyaya prodolzitelnost jizni pogibshix - SPJ) asosida belgilanadi. Agar dastlabki tajribada sinalayotgan preparat, letal dozada nurlangan sichqonlarni 50% va undan ortiq qismini tirik qolishiga sabab bo'lsa, olingan natijalarning ishonchliliga erishish uchun tajriba uch marta takrorlanadi. Ayni vaqtda shu tajriba sharoitlarida effektivligi avvaldan yahshi ma'lum bo'lgan birorta radioprotektor (M. MEA, tsistamin, serotonin, meksamin, gimmafos) qo'llab eksperiment o'tkaziladi.

Radioprotektorlik hususiyati sinalayotgan moddaning nur ta'siridan muhofazasini o'rganishning navbatdagi etapi - radioprotektorlik hususiyatini boshqa hayvonlarda o'rganishdir. Preparatning ta'siri faqat ma'lum bir tur

jonvorlarga xosligi (videospetsifichnost)ni inkor etish uchun sinov kamida uch tur hayvonda o'tkazilishi lozim. Agar dastlabki eksperiment sichqonlarda o'tkazilgan bo'lsa, keyingi sinovlarda kalamushlar, homyaklar va boshqa qemiruvchilarda o'tkaziladi. Ammo, uch tur hayvonlar orasida bir turi albatta yirik hayvonlar, itlar, cho'chqalar yoki maymunlar bo'lishi shart. Eksperimentlarning bu etapida hayvonlarning 30 kun davomida tirik qolganlarining foizi (%) va o'lganlarining o'rtacha umri bilan cheklanib qolmasdan radioprotektorning FID (faktor izmeneniya dozy) yoki FUD (faktor umensheniya dozy) va preparatning nurdan saqlash-radioprotektorlik va toksik hususiyatlarining nisbatini aks etdiruvchi ko'rsatgichlardan biri buyicha ham baholanishi kerak.

Radioprotektorlarni sinash, faqat o'tkir zaharlilik (ostraya toksichnost)ni o'rganish bilan cheklanmay surunkali zaharlilik (xronicheskaya toksichnost)ni o'rganishni talab qiladi. Bu sinalayotgan moddaning nisbiy xavfsizligini ko'rsatadi. Sinalayotgan preparat hayvonlarga ko'p marta qayta yuboriladi. Bu eksperimentlar ham kamida uch tur hayvonda, shu hisobda bir marta yirik hayvonlarda o'tkaziladi. Guruhlardagi hayvonlar soni 10 tadan kam bo'lmasligi kerak. Sinalayotgan moddaning optimal radioprotektorlik dozasi hayvonlarga har kuni 10 kun davomida yuboriladi. Preparatning surunkali zaharliligi (xronicheskaya toksichnost)ni o'rganish hayvonning umumiy holatini aniqlashni o'z ichiga oladi: tana vaznining o'zgarishi, periferik qon shakliy elementlari, eritrotsitlar, leykotsitlar, trombotsitlar gemoglobin miqdori, qonning ivish tezligi, tomirlar sinuvchanligi va boshqalar. SHu bilan birga jigar, buyraklar funksiyasini o'rganish maqsadga muvofiq. Radioprotektorning umumiy farmakologik ta'sirini yurak-qon tomir, nafas tizimlari, ichaklar silliq muskulaturasi va boshqa organlar funksiyasining o'zgarishlariga qarab baholanadi. Hayvonlar o'lgan taqdirda albatta patomorfologik tekshirish o'tkaziladi, to'qimalar va organlarda gistologik o'zgarishlar o'rganiladi.

Preparatlarning radioprofilaktik effektini baholash. Nurdan saqlovchi preparatlarning radioprotektor hususiyalarini sinashning usullari ko'p. Bunda preparatning radiomodifikatsiyalovchi ta'sirini baholovchi ko'rsatgich (kriteriy)ni tanlash muhim ahamiyatga ega. Bu maqsadlar uchun turli kritik sistemalar (M. qon ishlab chiqarish sistemasi, ichak epiteliysi va boshqa) tanlab olinishi mumkin. Ammo radioprotektorlik hususiyati asosan integral ko'rsatgich letal dozada nurlangan hayvonlarning tirik qolish protsenti bilan baholanadi. Buning uchun protektor qo'llangan va qo'llanmagan (kontrol) guruhlarida bir oydan sung tirik qolganlar protsenti taqqoslanadi. Radioprotektorlik hususiyati minimal absolyut letal ( $LD_{100/30}$ ) dozalar qo'llanganda yaqqol ko'zga tashlanadi. Nur dozasi kamayib borishi bilan ( $LD_{50}$  va undan past) radioprotektorlarning nurdan saqlash effektivligi kam namoyon bo'ladi.

Nurdan saqlovchi preparatning effektivligi FID yoki FUD buyicha ham ifodalanadi. FID-tajriba va kontrol guruhlarda bir xil effekt chaqiruvchi doza bilan belgilanadi. FID ba'zan FUD ,yutilgan nur dozasini radioprotektor qanchaga kamaytirgani bilan belgilanadi. FID va FUD-ni hisoblash maxsus qo'llanmalarda keltirilgan.

Radiopreparatning effektivligini FUD va hayvonning nurlashdan keyin tirik qolish protsenti bilan belgilash, uni amalda qo'llash mumkin yoki mumkin emasligini ko'rsatmaydi. Buning uchun preparatning toksik hususiyatlari ham e'tiborga olinishi lozim. Ba'zi preparatlarning radioprotektorlar dozasi toksik dozaga yaqin. Bu preparatlarni amalda qo'llash qiyin. Radioprotektorlik dozasining diapazoni katta, ya'ni toksik dozaga nisbatan ancha kichik kontsentratsiyalarda nurdan saqlashga qobil protektorlar amaliyotda kengroq qo'llanadi. Radioprotektorning eng kichik effektiv dozasini, organizm maksimal «ko'tarishi» mumkin bo'lgan miqdori, ya'ni toksik dozaga nisbati - terapevtik indeks deb ataladi. Terapevtik indeks sifatida preparatning toksik ta'siri natijasida 50% o'limga olib keluvchi dozaning nurdan saqlovchi effektiv doza (ED)-ga nisbati olinadi.

Preparatning organizm «ko'taraoladigan», maksimal dozadini radioprotektiv dozaga nisbati terapevtik kenglik deb ataladi. Kichik hayvonlarda o'tkaziluvchi eksperimentda radioprotektorlarning minimal effektiv dozasi, yirik hayvonlarda - himoyalovchi optimal dozalar qo'llanadi, chunki minimal effektiv dozalar qo'llanishi ko'p sonli hayvonlarda eksperiment o'tkazishni talab qiladi. Yirik hayvonlar bilan o'tkaziladigan eksperimentlarda bunga imkoniyat yuq.

Hozirga qadar minglab preparatlarning radioprotektorlik hususiyatlari o'rganilgan. Ular orasida radioprotektorlik hususiyat asosan ikki sinfga doir moddalarda - oltingugurtli birikmalar va biogen aminlarda yaqqol namoyon bo'ladi.

Oltingugurtli birikmalar. Ularning aksariyati b - merkaptetoetilamin (MEA)ning mahsulotlaridir.

MEA ximiyaviy formulasi : HS-(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>

MEA-ning protektorlik hususiyati yaxshi : FUD=1,5, ammo, terapevtik kengligi kichik. Protektorlik indeksi I=3,1-3,6. Effekti yuqori bo'lmagan preparatlarga kiradi. b-merkaptopropilamin (MPA) HS-(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-NH<sub>2</sub> Radioprotektorlik xususiyati MEA-ga yaqin.

Sistamin - b-merkaptetoetilaminning disulfidi.

S - (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> - NH<sub>2</sub>

|

S - (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> - NH<sub>2</sub>

Bu preparat uzoq vaqt hususiyatlarini yo'qotmaydi, uni hayvonlar yahshi «ko'taradi» tanaga, og'iz orqali, qorin bo'shlig'iga va vena orqali yuborilishi mumkin. FUD 1,5-1,8 protektorlik indeksi katta I=8,4.

Gammafos : H<sub>2</sub>N-(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-NH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-S-PO<sub>3</sub>HNa-H<sub>2</sub>O

S-b (3-aminopropilaminoitiltiofosfor kislotaning mononatriy tuzi. Protektorlik indeksi, I-6,5 Rentgen gamma va neytron nurlanishlarida o'z effektivligini ko'rsatadi.

Gammafosning analogi:  $\text{CH}_3\text{NH}-(\text{CH})_3-\text{NH}(\text{CH}_2)_2-\text{S}-\text{PO}_3\text{HNa}-\text{H}_2\text{O}$ . Analogining protektorlik indeksi J-11,7, FUD-1,7 organizmga og'iz orqali, to'qima ichiga vena orqali, qoringa yuborilishi mumkin. Toksikligi tsistaminnikidan pastroq. Qator preparatlar: AET-S-b-aminoetilizotiournыy, tsistein, tsistamin, tsistofas, effektivligi pastligi yoki protektorlik dozasi toksik dozaga yaqin bo'lgani uchun amaliy ahamiyatga ega emas.

Inolilalkilaminlar. Bu guruh radioprotektorlarga triptamin, meksamin, serotonin, S-merkaptotetilamin va boshqalar kiradi. Bu preparatlarning protektorlik hususiyatlari u qadar yuqori emas, ammo terapevtik diapazoni katta. Triptamin bu guruh moddalarning eng sodda birikmasi bo'lib radioprotektorlik hususiyati past. Ammo uning asosida qator yuqori effektivli radiopreparatlar sintez qilingan. M. Serotonin, meksamin. Bu preparatlar keng diapazondagi dozalarda nur ta'siridan himoya qiladi. Meksaminni qorin bo'shlig'iga yuborganda protektorlik indeksi 18. Triptaminning birikmalari orasida superletal dozalardan himoya qiluvchi va ta'siri davomli (1 soat) bo'lgan birikmalar bor. Ular: 5-merkaptotriptamin, N-glitsil-5-metoksitriptamin.

Radioprotektorlik hususiyatlari propilalkilaminlar va imidazol birikmaalari, atsetilxolin, tsianid birikmaalar (natriy tsianid -  $\text{NaCN}$ ), nitrit birikmalar, porfirinlar va ularning metal komplekslari uchun ham xos. Ammo bu hususiyatlar kuchsiz yoki qisqa muddatli.

Radioprotektorlik ba'zi tabiiy moddalar uchun ham xos. M. Ta'siri kuchli biologik aktiv moddalar (ilon, asalari zahri, bakterial endotoksinlar, esterogenlar)ning kichik kontsentratsiyalari radioprofilaktika maqsadlarida sinab ko'rilgan. Asalari zahri tarkibiga kiruvchi polipeptid melittin qisqa hamda davomli nurlashlarda bir xil darajada himoyalovchi effekt ko'rsatadi. Effekt, preparatni nurlashdan 40-60 min avval kiritilganda namoyon bo'ladi, eng kuchli

effekt, sichqonlarga teri ostiga 5 mg/kg miqdorda nurlashdan 24 s avval kiritilganda kuzatiladi, nurlashdan sung tirik qolgan hayvonlar soni ikki marta ortadi.

Effektiv radioprotektorlar bilan birga ko'p hollarda nuklin kislotalar, vitaminlar, kofermentlar, uglevodlar, lipidlar, flavonidlar, aminokislotalar, modda almashinishining oraliq mahsulotlarini qo'llash ijobiy natija beradi.

Ba'zi adaptogen moddalar - jenshen ekstrakti, eleuterokokk, xitoy limonnigi, ATF, ADF-ni nurlash oldidan qabul qilish ma'lum darajada radioprotektorlik ta'siri ko'rsatadi. Umuman tabiiy adaptogen moddalarning ko'pchiligi nur ta'sirini ma'lum darajada pasaytiradi.

## **5.2 Organizmni nur ta'siridan kimyoviy va biologik himoyalash.**

Ionlovchi nurlar ta'sirini kamaytirish xususiyati izlanmagan moddalar sinfini qolmagan deyish mumkin. 1949 yilda sianli natriy va sistein moddalarini letal dozada nurlash oldidan yuborilganda sichqonlarning bir qismi tirik qolishi aniqlangan. Keyingi yillarda sisteamin, serotonin, meksamin, AET (aminoetil izotiouroniy) va yana qator boshqa moddalar (uglerod oksidi, rezerpin, gistamin sianidlar, natriy natrit) ning nur ta'siridan saqlashi xususiyatlari aniqlangan.

Nurlash oldidan yuborilganda radiasiyaning zararli ta'siridan saqlovchi moddalar radioprotektorlar (RP) deb ataladi. RP xususiyatiga ega moddalar orasida yuqori effektivlikka ega birikmalar-idolilalkilaminlar va merkaptalkilominlar hisoblanadi. «Ideal» hammabop RP individual kimyoviy muhofaza vositasi sifatida qisqa vaqt davomida katta dozalar (M: yadro portlashi, quyoshda portlashlar) ta'siridan saqlay bilishi; kichik dozalarning davomli ta'siridan (M: yadro portlashlari, yirik yadro avariylaridan keyin yuzaga kelgan radioaktiv ifloslanishlar zonasida uzoq kosmik sayohatlarda) nurlanishdan saqlay bilishi va rentgeno-radioterapiyada nurning zararli ta'sirini kamaytira olishi kerak. «Ideal» RP – ga kuyiladigan konkret talablar



qo'yidagilardan iborat: yetarli darajadagi effektivlik zaharli bo'lmashligi, terapevtik koeffitsienti uchdan kam bo'lmashligi, asorat chaqirmaslik, tez ta'sir ko'rsatishi (dastlabki 30 min. davomida), ta'sirining davomiyligi yetarli bo'lishi, (o'tkir nurlashlarda 2-4s. davomli nurlanishlarda kamida 5-8s) organizmga kiritishning qulay bo'lishi (tabletkalar tarqalganda og'iz orqali ichirish, shpris - tyubiklar yordamida mushaklarga yuborish) qayta kiritilganda kumulyativ ta'sirga ega bo'lmashligi, turli nurlash sharoitlarida (davomli, bo'laklab) va turli nurlarga nisbatan effektivligi, tashqi ta'sirlarga chidamli, uzoq saqlanishda ta'sir kuchini yo'qotmasligi, faqat nurlash oldidan kiritilganda emas, nurlashdan keyin kiritilishda ham effekt ko'rsatishi, ya'ni ham profilaktik, ham terapevtik effekt ko'rsatishi. Aytish lozimki, bu talablarning hammasiga javob beruvchi «Ideal» radioprotektor yo'q.

RP effektivligi odatda sichqonlarda o'rganiladi. Uni baholashning eng sodda uslubi radioprotektor qo'llangan (tajriba) va qo'llanmagan guruhlarida 100% o'limga olib keluvchi minimal dozada – LD 100/30 hayvonlarning tirik qolish foizini (%) aniqlash hisoblanadi.

Sichqonlarni bir xil effekt beruvchi dozada nurlashdan keyin RP qo'llangan tajriba guruhda kuzatilgan o'lim bilan, nazorat guruh o'limini solishtirib radioprotektor nur ta'sirini qay darajada kamaytirgani dozaning o'zgarish faktori – (FID) yoki FUD bilan baholanadi. M: hayvonlarni LD 50/30 dozada nurlansa va RP qo'llangan guruhda 10 gr. nur chaqirgan effekt nazorat guruhda, 6 Gr. nur ta'siridan yuzaga keluvchi o'zgarishlarga mos bo'lsa – FUD ~ 1,7 bo'ladi.

RP – ning effektivligi LD 16/30, LD 50/30, LD 84/30 dozada nurlangan sichqon guruhida o'rganiladi. RP ta'sirining faqat ma'lum bir tur hayvonlar uchun xosligini inkor etish uchun RP xususiyati uch tur hayvonlarda o'rganilishi lozim. Ulardan bir turi albatta yirik hayvonlar, itlar yoki maymunlar, cho'chqalar bo'lishi kerak. Yirik hayvonlarda 30 kunlik yashash va o'lganlar

umrining o'rtacha uzunligini o'rganish bilan cheklanib qolmasdan, radioprotektorning FID ko'rsatgichi, toksikligi ham o'rganilishi kerak.

Kimyoviy moddalarning RP xossalari P.Aleksandr va Z.Bakning fikricha, nur ta'sirida hosil bo'luvchi erkin radikallarning bog'lanishi, inaktivatsiyasi tufayli ro'y beradi. N.M.Emanuel RP organik moddalarni, xususan lipid radikallarni bog'laydi deb hisoblaydi. Radioprotektorlar erkin radikallarni bog'lanish tufayli nur ta'siridan saqlashining isboti erkin radikallar reaksiyasini bog'lovchi moddalar antioksidantlarning ham nur zararini kamaytirishi va kislorod effekti misol bo'la oladi. To'qimalarni kislorodni bog'lovchi har qanday modda (uglerod oksidi, natriy nitrati, sianidlar, morfin, heroin) nur ta'sirini kamaytiradi va aksincha to'qimalarda kislorodning ortishi nurining zararli ta'sirini oshiradi.

RP – ning ta'sir mexanizmini tushuntirib beruvchi yagona nazariya yo'q. Ye.F.Romansevning fikricha, RP-ning nur ta'siridan saqlashi, kompleks biokimyoviy mexanizmga ega. Unda DNK replikativ jarayonlarini vaqtincha bog'lanishi va reperasiyaning stimulyasiyasiga alohida o'rin berishadi. Yu.B.Kudryashev va Ye.N.Goncharenkolarning fikricha, har qanday radioprotektor nur ta'siridan saqlash effekti, organizmda radioprotektorni xususiyatli biogen aminlar kompleks sintezi bo'lishi va ajralib chiqishi, lipidlar perioksid oksidlanish mahsulotlarining kamayishi tufayli ro'y beradi.

RP - ning nurga qarshi effekti amalga oshishining ikkinchi yo'li tarkibida oltingugurt bo'lgan RP yetarli konsentrasiyalarda qon tomirlarda vaqtinchalik qisilish (spazm) chaqirib, to'qimalarda gipoksiyani yuzaga keltiradi va nurning zararli ta'sirini kamaytiradi. Gipoksiyaning radioprotektorlik xususiyatlari kislorodi kam bo'lgan gazlar, gipoksik gazlar aralashmasi bilan nafas oldirib nur ta'sirini kamaytirish mumkinligida ham namoyon bo'ladi.

RP - ning nurdan saqlash xususiyatiga muayyan terapevtik kenglikda (diapazonda) namoyon bo'ladi. Bu diapazon aminotiollarda tor, preparatning konsentrasiyasi ortishi bilan muhofaza effekti ham ortib boradi, konsentrasiya

ma'lum bir maksimumga yetgach protektorning toksik ta'siri namoyon bo'ladi va hayvonning nurlangan yoki nurlanmaganidan qat'iy nazar o'limga olib keladi. Indolilalkilaminlarning terapevtik kengligi kattaroq va terapevtik effekt kichik konsentrsiyalardan oq yuzaga keladi.

Tiolpi (oltingugurtli) RP-lar eng effektiv bo'lib, merkapoetilamin (MEA) ning mahsulotlaridir. Bu birikmalar tarkibida erkin SH grupp mavjud. MEA RP xususiyati  $FUD=15$  ya'ni nurning ta'sirini 1,5 marta kamaytiradi. Tiollar guruhga kiruvchi yana bir RP merkapoetilaminning disulfidi – sistamin bo'lib  $FUD = 1,5-1,8$  terapevtik diapazoni kichik, uning protektorlik dozasi toksik dozaga yaqin. Tiol birikmalariga mansub yana bir nurdan saqllovchi preparat sistofas. Uning RP xususiyati sistaminga yaqin. Keyingi yillarda amaliyotda qo'llash uchun perspektiv preparat gammafas sintez qilingan va eksperimentlarda uning yuqori effektivligi aniqlangan.

Indolilalkilaminlar V guruhga doir. Bu protektorlarga triptamin, serotonin, imidazol va uning mahsuli gistamin, asetilxolin, natriy nitrat, natriy sianidi kiradi. Bu preparatlar protektorlik xususiyati kuchsiz, terapevtik diapazoni katta emasligi, ta'sir muddatining qisqaligi tufayli amaliyotda qo'llanmaydi.

Tabiiy radioprotektorlar sifatida o'simliklar, mikroorganizmlar va boshqa biologik obyektlardan so'rib olingan juda ko'p moddalar sinab ko'rilgan. Shular qatorida kichik konsentrsiyali kuchli biologik aktiv moddalar - ilon zahri, asalari zahri, bakterial endotokisinlar, esterogenlarning radioprotektorlik xususiyatlari o'rganilgan. Bular orasida statistik ishonarli radioprotektorlik xususiyati melittinda (asarlari zahridan olingan polipeptid – 26 aminokislotadan tarkib topgan) topilgan. Uni nurlash oldidan (10-60 min.) sichqonlarga, teri ostiga yuborilsa ularni nur ta'siridan himoya qiladi, eng yaxshi natija nurlashdan 24 s. oldin 5 mg/kg miqdorda teri ostiga yuborilganda kuzatilgan (tirik qolgani sichqonlar soni 2 marta ko'payadi). Ko'p tabiiy moddalar – nuklin kislotalar, vitaminlar, kofermentlar, uglevodlar lipidlar, aminokislotalar va boshqalarni

effektiv radioprotektorlar bilan birga qo'llab, ularning toksik xususiyatini kamaytirish, terapevtik intervalini oshirish mumkinligi aniqlangan.

Tabiiy radioprotektorlar qatoriga adaptogen preparatlar – ta'siri spesifik bo'lmagan organizmni umumiy himoya kuchlarini oshiruvchi moddalar ham kiradi, bu moddalar uzoq kunlar davomida nurlash oldidan qo'llangan taqdirda kuchsiz protektorlik xususiyatini namoyon qiladi. Bularga jenshen, eleuterokokk, Xitoy limonnigi ATF, ADF kiradi.

### **5.3 Ionlanuvchi nurlardan saqlanishning fizik usullari va radioaktiv moddalardan tozalanish.**

Odam organizmini ionlovchi nurlarning zararli ta'siridan uch xil fizik usul bilan muhofaza qilish mumkin: to'siq-ekran, masofa va vaqt. Birinchi usul nur manbai bilan odam o'rtasida radiasiyani yutib qoluvchi to'siq-ekran o'rnatishdan iborat. Bu to'siqlar nur miqdorini xavfsiz darajagacha pasaytira oladigan, nurni kuchli yutuvchi, og'ir moddalardan yasaladi.

Bu maqsadlar uchun ko'pincha qo'rg'oshin, cho'yan, temir, po'lat ishlatiladi. Radiasiyadan saqlovchi ekran - to'siklar uch guruhga bo'linadi: ko'chmas (stasionar), ko'chuvchi va individual muhofaza vositalari. Dastlabki ikki tur kollektiv muhofaza vositalari hisoblanadi.

Stasionar vositalarga nur manbalari o'rnatilgan xona devorlari, kuzatuv darchalarini berkituvchi qo'rg'oshinli oynalar, eshiklar, rentgen trubkasi o'rnatilgan muhofazalovchi g'ilaflar, gammaterapevtik apparatlarning muhofizali boshchasi, devoriy seyflar kiradi. Nur manbasi o'rnatilgan xona devorlari og'ir jins-betondan yasaladi, suvoq uchun baritli beton ishlatiladi.

Devor qalinligi, o'rnatiladigan nur manbaining quvvati va uning nurlarini o'tuvchanligini hisobga olgan holda belgilanadi. Muhofaza seyflari, g'iloqlar ikki qavatli bo'lib, ichi qo'rg'oshin, tashqi tomoni-qattiq og'ir metallardan yasaladi. Neyron nurlari-yengil moddalarda vodorodga boy muhitda, M: suvda

ko‘p yutiladi. Ko‘chuvchi muhofaza vositalariga ko‘rg‘oshinli kontenteynerlar (suyuq va qattiq radioaktiv chiqindilarni saqlash yoki radioaktiv moddalarni bir joydan ikkinchi joyga eltish (transport) uchun mo‘ljallangan), muhofazali sterilizatorlar, shprislar, siljuvchi to‘siq-ekran «shirma» (qo‘rg‘oshinli rezinadan yoki metall qoplamali) muhofaza stullar, muolaja stollar, kravatlar, generatorlar, yuvish shkaflari kiradi (8-rasm). Barcha ko‘chuvchan nurlovchi qurilmalar o‘z muhofaza vositalariga ega.



8-rasm. Yirik elektr ishlab chiqarish stansiyalari, Navoiy.

Individual muhofaza vositalarga alohida bir shaxsni nurlanishdan saqlovchi buyumlar kiradi. Bunga qo‘rg‘oshinli rezina fartuklar, qo‘lqoplar, yubkalar, kalpoqlar, ko‘zoynaklar misol bo‘la oladi.

Masofa vositasida saqlanish quyidagi qonuniyatga asoslangan. Nur manbai bilan obyekt o‘rtasidagi masofa ortishi bilan nur dozasi shu masofaning kvadrati barobar kamayib beradi. Masalan: masofa ikki marta ortsa doza 4 barobar, 3 marta ortsa 9 barobar, 5 marta ortsa-25 barobar kamayadi. Masofa vositasida nurdan saqlanish uchun radioaktiv moddalar, bilan olib boriladigan hamma amal

va muolajalar distansion instrumentlar (mexanik qo'llar, tutqich- zaxvatlar, uzun karnsanglar, pinsetlar) vositasida bajariladi.

Xodimlar o'tiruvchi xonalar, boshqa muassasa va uy-joylar kuchli nur manbalaridan radiatsion gigiyena normalarida ko'rsatilgan masofada bo'lishi lozim. Radiologiya bo'limlarida, xodimlar radioaktiv moddalar bilan ishlamaydigan soatlarda o'tirish uchun dam olish xonalari mavjud.

Vaqt bilan nurlanishdan saqlanish - nur ta'siri davomiyligini qisqartirishga asoslanadi. Buning uchun nurlanish bilan aloqador kasb egalariga qisqa 5 soatli ish kuni, boshqa xodimlar uchun qo'shimcha ta'til belgilangan.

Nafaqa olish uchun professional nurlanishning davomlligi ayollar uchun 7 yil, erkaklarga 10 yil, nafaqa yoshi 45 va 50 yosh qilib belgilangan. Nurlanishni kamaytirish uchun har qanday amal va muolajalar avval aktivlikka ega bo'lmagan preparatlarda o'rganilgach, tez va chaqqon bajarishga erishgandan so'ng amalga oshiriladi.

#### *Nazorat savollari.*

1. Radioprotektorlar nima, kimyoviy va biologik radioprotektorlar.
2. «Ideal radioprotektorlar»ga quyiladigan talablar.
3. Radioprotektorlarning klassifikatsiyasi indolilalkilaminlar va tiobirikmaalar.
4. Radioprotektorlar dozalarni tanlash.
5. Biologik radioprotektorlar.

## **6. IONLOVCHI NURLARNING BIOLOGIK TA'SIRI.**

*Tayanch so'zlar:* radiatsiya, radiosezgirlik, tiklanish, sitogenetik tiklanish.

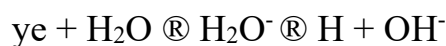
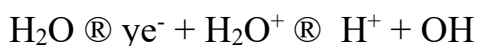
### **6.1 Ionlanuvchi nurlarning biologik ta'siri.**

Nur ta'sirida ruy beruvchi birlamchi jarayoni fizik jarayon bo'lib radiatsiyaning biosubstrat atom va molekulalarini ionlashtirishi va quzg'atishidan iborat.

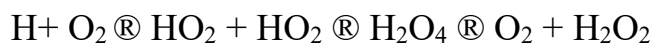


Bu jarayon  $10^{-12}$  sek ichida ruy beradi. Ikkinchi bosqichda atomlari ionlashgan molekulyarni  $10^{-10}$  sek ichida ion gruppalariga va elektr zaryadiga ega bo'lmagan erkin radikallarga parchalanishi.

Buni suvning radiolizi misolida ko'rish mumkin.



Bu jarayonda fizikaviy ni ximiyaviy jarayoniga o'tishi ruy beradi. Uchinchi bosqichda ion gruppalar va yuqori reaktivli erkin radikallar ( $H$ ;  $OH$ ) o'zaro va to'qimalardagi kislorod va suv bilan birikib perikis birikmalari hosil bo'ladi.



Bu jarayonlar  $10^{-7}$  -  $10^{-5}$  sek ichida ruy beradi va ximiyaviy qonuniyatlarga buysinadi. Huddi shuningdek jarayonlar biologik molekulalarda ham ro'y beradi. Biologik molekula  $CD$  deb olinsa, -  $CD \otimes CD^+ + e^-$   $CD^+ \otimes C^+ + D$  ro'y beradi. Organik radikal  $D$  yuqori reaktivlikga ega va molekulyar ximiyaviy bog'lanishlarini osonlik bilan uzadi, muhitdagi kislorod bilan birikadi.

$D + O_2 \otimes DO_2$ , molekulaning yangi oksidli birlikmalarini hosil qiladi va nihoyada hujayra bioximiyasining buzilishi metabolik jarayonlarning o'zgarishiga olib keladi. Molekulalar o'zgarishida bevosita va vositali ta'sir tavofutlanadi. Bevosita ta'sir nur bevosita yutilishi natijasida molekulalarda yuzaga kelgan o'zgarishlar. Vositali ta'sir - bevosita nur energiyasi yutilmagan strukturalarda turli oraliq faktorlar ta'siridan yuzaga kelgan molekulyar o'zgarishlar. Vositali ta'sirida suv muhitida fermentativ, endokrin va boshqa gumoral sistemalar hamda nerv sistemasida ruy beruvchi o'zgarishlar muhim

o'ringa ega. Bevosita va vositali ta'sirni moddalarni suyultirib o'rganish. Nurning bevosita ta'siri faqat mutloq toza modda m. quruq, kristal ho-latdagi fermentlarni nurlab o'rganish mumkin. Vositali o'zgarishlar moddalarni eritmalarida suyultirib o'rganiladi. Eritmada moddaning kontsentratsiyasi ortib borishi bilan biologik effektini ortishi kuzatiladi. M. suyultirilgan muhitda fermentning inaktivatsiyasini ortib borishi erituvchi orqali vositalangan nurning ta'siridan dalolat beradi. Deyl 1949 yilda, ferment karboksipeptidning turli kontsentratsiyali eritmlarini nurlab quyidagilarni aniqlagan. Mutloq toza, kristal holatida fermentlar miqdori ortib borishi bilan inaktivatsiyalangan molekulalar soni ortib boradi, ammo ularning zararlanmagan molekulalarga nisbati o'zgarmaydi, bu bevosita ta'sirdan dalolat beradi.

Nurlanayotgan sistemaga erituvchi modda qo'shilsa, ya'ni suyultirilsa radiatsion effekt kuchayadi, bu suyuqlik orqali vositali ta'sirni ko'rsatadi. Nurlanayotgan sistema o'ta suyultirib iborilsa radikallarning bir qismi o'zaro munosabatga kirib, erigan modda bilan reaksiyaga kirishmaydi va o'zgarishlar kamayadi. Bevosita ta'sir nurlash paytida yuzaga keladi.

Vositali ta'sir natijasida zararlanishlar biologik ta'sirning asosini tashkil qiladi. DNK quruq preparatlarining inaktivatsiyasi 7000 Gr nur ta'siridan yuzaga keladi. Eritmada suyultirilgan DNK inaktivatsiyasi uchun 10 Gr yetarli. Organizmda DNKning inaktivatsiyasi uchun, in vitro sharoitiga nisbatan bir necha yuz marta ortiq doza talab qilinadi. Buning sababi suv radiolizi produktlarining bir qismi hujayra metabolitlari bilan munosabatga kirishi va biologik aktiv makromolekulalar (DNQ) yuzasiga yetib boraolmasligi mumkin.

## **6.2. Hujayralar radiosezgirliigi.**

Hujayrada o'tkinchi nur reaksiyalari, hujayra bo'linishining vaqtincha to'xtashi. Hujayra tsikli interfaza va mitozdan iborat. Interfaza o'z navbatida 3 davr - presintetik - G1, sintetik- S (DNK sintezi davri), postsintetik - G2



davrlaridan iborat. Keyingi yillarda mitozdan keyingi tinch davr (M0) tafovut qilinadi. Hujayra tsikli - mitozdan - mitozgacha bo'lgan davr bo'lib, turli to'qima hujayrlarida bir xil emas. Hujayralari tez bo'linuvchi to'qimalarda mitoz davri qisqa. Mitoz tez o'suvchi o'smalarda va to'qimalar kulturasida 10 - 30 kun. Hujayra tsiklining eng davomli fazalari G1 va S (tez bo'linuvchi to'qimalarda 10-12 sutka) G2 ancha qisqa (2-5 sutka), eng qisqa davr - mitoz (30-60 min). Sekin bo'linuvchi to'qimalarning aksariyati G1 davrida bo'lib u oylar, yillarga teng bo'lishi mumkin. Deyarli bo'linmaydigan nerv hujayralari tinch fazada (M0) bo'ladilar. Hujayradagi ba'zi o'zgarishlar yuzaga chiqmaydigan tez orada taklanib ketuvchi, o'tkinchi bo'lishi mumkin. Bu o'zgarishlar kumulyativ o'zgarishlar deb ataldi. Bu tip o'zgarishlarning universal turi hujayra bo'linishining vaqtincha to'xtashidir. Radiatsionblok hujayraning mitozdan keyingi taqdiri qanday bo'lishi (o'lish o'lmasi)dan qat'iy nazar kuzatiladi. Spayf (1969) odam buyragining T hujayrlarining S davrda sinhronizatsiyadan keyin nurlanishi, mitoz yuzaga kelish vaqtini 1,5 marta o'zayishiga olib kelishini kuzatgan. Doza ortib borishi bilan radiatsionblokning davomlilik har 1 Gr nurga 1 soat chuzilgan. Nurlash S fazada amalga oshirilgan bo'lsa, radiatsionblok eng davomli, u qisqa G2-da va eng qisqa M-da. Nurlanish boshlangan mitozni to'xtatmaydi. To'qimalarda hujayralar populyatsiyasi asinhron bo'lishi tufayli, radiatsion blokdan sung bir vaqtda mitozga kiruvchi L hujayralar soni (mitotik indeks) to'liqinsimon ortadi. Hujayraga o'ta katta doza nur ta'sir qilganda mitoz to'liq to'xtashi mumkin. Bu sharoitda hujayra ma'lum vaqtgacha yashashda davom etadi, ammo bo'linaolmaydi. Natijada hujayraning patologik gigant formalari yuzaga keladi. Ularda xromosomalarning bir necha termasi paydo bo'ladi (endomitoz) va nihoyat hujayra o'ladi.

Hujayraning letal reaksiyalari. Hujayra o'limining ikki turi tafovutlanadi: interfaza (interkinetik) va mitotik (reproduktiv) o'lim. Mitotik o'limning asosiy sababi xromasoma strukturasining shikastlanishi, zararlarnishidir.

Hujayra radiosezgirligining birinchi ko'rsatgichi sifatida xromosoma abberatsiyalarini olish mumkin. Bu sitologik tekshirishlarda namoyon bo'ladi. Xromosoma aberratsiyalarining quyidagi asosiy turlari mavjud: fragmentatsiya, xromosoma ko'prikchalari ditsentrikalar, xromosoma xalqalari hosil bo'lishi, xromosoma ichi va xromosomalararo almashinishlar hosil bo'lishi. Ba'zi aberratsiyalar, m. xromosomalararo ko'priklar, yopishmalar hujayra bo'linishiga to'sqinlik qiladi. Xromosomalarning notekis bo'linishi genetik informatsiyaning bir qismining yuqolishiga, hujayra o'limiga olib keladi. Mitotik o'lim, hujayra bir yoki bir necha bor bo'linishidan sung, oradan ko'p kunlar, oylar o'tgach, ruy beradi.

Xromosoma aberratsiyasi mavjud bo'lgan hujayralarni sanash, nurlanishning va radiosezgirlikning ko'rsatgichi sifatida qo'llanadi. Aberratsiyalar soni nur dozasiga bog'liq.

Interfaza o'limi hujayra mitozga kirib ulgurmasdan ruy beradi. Juda katta dozalar ta'sirida hujayra «nur ostida» o'lishi mumkin. 10 Greygacha bo'lgan dozalarda hujayra o'limi nurlashdan keyingi dastlabki soatlarda yuzaga keladi. Interkinetik o'limga mahkum hujayralar yadrosida nurlashdan keyingi 1 sutka davomida mikroskop ostida kuchli darajada piknoz, hromatinning fragmentatsiyalanishi sifatida namoyon bo'ladi. Interfaza o'limi ko'proq nurga sezuvchan hujaylarda m. limfotsitlarda ruy beradi. Hujayralarning nurga sezuvchanligi ularning proliferatsiyasiga tug'ri proporsional, differentsiatsiya darajasiga teskari proporsional (Bergone - Tribando qonuni).

### **6.3 Hujayralar radiosezgirligini in vitro sharoitida o'rganish.**

Hujayra radiosezgirligining kriteriylaridan biri nurlangan hujayralar kulturasida koloniyalar hosil bo'lishi hisoblanadi. Pak va Markuslar tomonidan 1956 yilda yaratilgan He La hujayralari kulturasida nurlashdan keyin tirik qolgan hujayralar koloniyasini sanash metodi ishlab chiqarilgan. Bu metod

hujayralarning nur ta'sirida o'lishining son ko'rsatgichlarini ko'rsatuvchi asosiy metod hisoblanadi.

Metodikasi. He La hujayralari kultura ekilgan idish devoridan tripsin yoki Versen bilan ajratib olinadi. Hujayralar bir biridan ajralib alohida-alohida bo'lguncha suyultiriladi sungra Petri chashkasiga ekiladi. Nurlash (sinov) va kontrol guruhning har biriga 5-8 chashka Petri olinadi. Hujayralar chashka Petriga ekilgach ular nurlanadi va 7-14 kunga termostatga quyiladi. CHashkada oddiy ko'z bilan ko'rinuvchi hujayralar koloniyasi paydo bo'ladi. Nurlangan va nurlanmagan «chashka Petri»lardagi koloniyalar soni taqqoslanadi.

Nurlangan hayvonlar to'qimalarining radiosezgirligini Pak va Markusning metodi yordamida o'rganib bo'lmaydi, chunki hayvonlar to'qimasi hujayralari sun'iy oziqa muhitida o'sishga qobil emas. To'qimalar radiosezgirligini in vivo sharoitida o'rganiladi. Buning uchun Kanadalik olimlar Till va Mak-Kulok 1961 yilda taklif etgan gemopoetik to'qima hujayralarining nurga sezuvchanligini aniqlash metodi qo'llanishi mumkin.

Tekshirish metodikasi quyidagicha. Donor sichqonning suyak kumigi, talog'i yoki homilasining jigar embrional hujayralari, letal dozada nurlangan sichqonlar (retsipient)larning dum venasiga yuboriladi. Bir hafta o'tgach sichqon o'ldirilib, uning talog'ida paydo bo'lgan, (dum venasi orqali kiritilgan hujayralarning avlodlaridan iborat) koloniyalar soni sanaladi (ular ko'zga ko'rinadi). Turli dozalarda nurlangan sichqonlar talog'ida paydo bo'lgan koloniyalar soni, nurlanmagan hayvonlar talog'ida paydo bo'lgan koloniyalar soni bilan taqqoslanadi. Huddi shuningdek, hujayralar radiosezgirligini terining va ingichka ichakning tirik qolgan klonogen hujayralarini soni bilan ham aniqlash mumkin. Bulardan tashqari in vivo nurlangan to'qima hujayralarining nurga ta'sirchanligini (tirik qolish darajasini) in vitro aniqlash metodi, Erlix kartsinomasi hujayralarining payvandlanishi (privivkasi) va ko'payishini aniqlab hujayralarning nurga ta'sirchanligini o'rganish uslublari mavjud.

Erlix kartsinomasi sichqonlar qornida o'sib ko'payuvchi payvandlanuvchi erkin hujayralar shtammi bo'lib, u «hujayin» qornida ko'payib rivojlanishida seroz astsit suyuqliq to'planadi. Erlix kartsinomasi rivojlanishi, uning hujayralarini aniq hisoblash hayvonlarda radiosezgirlikni va radiatsiyadan ximiyaviy muhofazalashni o'rganish imkoniyatini beradi.

#### 6.4 Nurlashning sitogenetik indikatsiyasi

Suyak kumig'i hujayralari va limfotsitlar sonining o'zgarishi vositasida nurlanishni aniqlash. Nurlanishni indikatsiyasi (belgilash)ning eng sezgir metodlari bu suyak kumigi va limfotsitlardagi o'zgarishlarni o'rganish hisoblanadi. Sitogenetik o'zgarishlar - hromasoma aberratsiyalari, poliplodiya, endoreduplikatsiya, aneuplodiya va boshqalar nurlanish dozasini ko'rsatishi mumkin. Xromasoma aberratsiyalari ko'rsatib bera oladigan ionlovchi nurlarning dozasi 0,05 - 4,5 Gr-ni tashkil etadi. Xromosoma aberratsiyalari testi nurlanish kasalligining yengil (1-2 Gr), o'rta (2-4 Gr) va og'ir formularini (4 Gr-dan katta) tafovutlash imkoniyatiga ega (2-jadval). Suyak kumigida aberrant hujayralarning eng yuqori ko'rsatgichga yetgan vaqti - nurlanishdan 15-30 soat o'tgach kuzatiladi va tahlil shu muddatlarda o'tkazilishi lozim.

2-jadval

Periferik qon limfotsitlarida va suyak kumigi hujayralarida hromasoma aberratsiyalari hosil bo'lishining nurlanish dozasi bog'liqligi

| Doza Gr | Suyak kumigining 100 limfotsitida |                  |                                  |
|---------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------|
|         | Ditsentriklar soni                | Fragmentlar soni | Aberratsiyalar har 100 hujayrada |
| 0 - 1   | 0 - 3,2                           | 0 - 22,5         | 20                               |
| 1 -2    | 3,2 - 12,,8                       | 22,5 - 45,0      | 2 - 50                           |
| 2 - 3   | 12,8 - 28,9                       | 45,0 - 67,5      | 50 - 80                          |
| 3 - 4   | 28,9 - 51,0                       | 67,5 - 90, 0     | - 80                             |

|       |               |               |                                        |
|-------|---------------|---------------|----------------------------------------|
| 4 - 5 | 51,0 - 81,0   | 90,0 - 112,5  | 80 - 100                               |
| 5 - 6 | 81,0 - 116,0  | 112,5 - 135,0 | .                                      |
| 6 - 7 | 116,0 - 158,0 | 1350 - 1570   | har hujayrada<br>10ta-gacha<br>yetadi. |

Sitogenetik tahlil maqsadida limfotsitlar o'zgarishlari qo'llanganda nur ta'sirining katta diapozoni qamrab olinadi. Limfotsitlar bo'linmaydigan hujayralar, unda hromasom aberratsiyalari maxsus mutagen modda - fitogemaglyutinin vositasida stimulyatsiyadan sung yuzaga keladi. Bu amal ikki sutka vaqtni talab qiladi shuning uchun bu uslub ekspress diagnostika metodi bo'la olmaydi, u sermehnat. Bundan tashqari, nur ta'sirining limfotsitlarda metafaza tahlili, sitostatiklar qo'llashni talab qiladi, ular tahlil natijasiga ta'sir ko'rsatish mumkin.

Radiatsion ta'sirning indikatsiyasi mikroyadrolar soni bilan ham aniqlanishi mumkin. Bu metodning printsipi quyidagidan iborat. Asimmetrik aberratsiyalarda genetik materialning bir qismi qiz hujayralari yadrosiga tushmasligi mumkin. Uzilgan hromasomalarning bir qismi hujayra sitoplazmasida qoladi. Xromasoma materialining yetishmovchiligi yadroning kichiklanishiga olib keladi. Sitoplazmada qolgan yadro moddasi DNK-aza va proteolitik fermentlar tomonidan to «hazim» bo'lguncha bir necha mitotik tsikl davomida saqlanib turadi. Mikroyadrolar paydo bo'lishi, hujayrani keyinchalik taqdirini hal qiluvchi, o'linga olib keluvchi aberratsiyalarda kuzatiladi.

#### *Nazorat savollari.*

1. Ionlovchi nur biologik ta'sirining biofizik, birlamchi radiatsion - kimyoviy jarayonlari
2. Bevosita va vositali ta'sir va uni o'rganish metodlari
3. Hujayralarda letal effektlar: interfaza va mitotik o'lim

4. To'qimalar radiosezgirligi, Bergone-Tribonda qonuni
5. Hujayralar radiosezgirligining in vitro va in vivo o'rganish uslublari.
6. Nurlanishni suyak kumigi, limfotsitlar va boshqa shakliy elementlar o'zgarishi vositasida belgilash
7. Nur ta'sirida xromosoma aberratsiyalari.

## **7. IONLOVCHI NURLAR TA'SIRINING STRUKTURA-METABOLIK ASOSLARI**

*Tayanch iboralar:* ionlovchi nurlar, hujayra organellalari, yadro mitoxondriyalar, lizosomalar, ribosomalar, DNK, biologik ta'sir, azotli oqsillar, uglevodlar, lipidlar, minerallar, struktura-metabolik o'zgarishlar.

### **7.1 Hujayralarda struktura metabolik o'zgarishlar.**

Ionlanuvchi nurlarning turli maqsadda, tirik hujayralardan to organizmlargacha ta'sirini o'rganishda ma'lum umumiy qonuniyatlar aniqlangan. Ularning eng ahamiyatlilari quyidagilar:

1. Hayotiy jarayonlarning chuqur buzilishi, hatto organizmning o'lishi juda kichik miqdorda yutilgan energiyadan kelib chiqadi va odamzod bu ta'sirni sezmaydi.

2. Nur ta'sir etgandan to biologik o'zgarishlarning klinik belgilari namoyon bo'lguncha ma'lum vaqt o'tadi. Ya'ni postradiatsion o'zgarishlar rivojlanishining yashirin davri mavjud va uning davomiyligi yutilgan dozaga teskari bog'lanishga ega. Yutilgan doza ortishi bilan yashirin davr qisqarib boradi va aksincha.

3. Yuzaga keluvchi biologik o'zgarishlarning chuqurligi dozaga o'zgarishlarning klinik turi nurning tanada tarqalishiga bog'liq.

4. Qayta nurlashlarda biologik o'zgarishlarning kumulyasiyasi ro'y beradi. Biologik effekt, avvalgi nurlashdan yuzaga kelgan o'zgarishlar qoldig'i bilan qo'shib chuqurlashadi.

5. Har xil mavjudot turlari, hujayralar, to'qimalar, organlar individumlar nurga turlicha ta'sirchanlikka ega.

Hujayraning faoliyati - nafas olishi, o'sishi, muhit o'zgarishlariga ta'sirchanligi bo'linishi - uning kichik strukturalari - yadro, mitoxondriyalar, ribasomalar, lizasoma va boshqalarning funksiyasiga bog'liq. Evolyusiya jarayonida organellalar funksiyasining differensiyasi ro'y bergan. Ularning har biri ma'lum bir funktsiyani bajaradi. M: mitoxondriyalar asosan oksidlanish jarayonlari hisobiga makroergik moddalar ishlab chiqaradi va u hujayraning boshqa organellalarini energiya bilan ta'min etadi; ribosomalarda maxsus oqsil va fermentlar sintezi amalga oshadi. Bu jarayonlar ergastoplazmaning eruvchan RNK-si va yadroning informasion RNK-si ishtrokida yuzaga keladi; yadro DNK-si kod tariqasida mujassamlashgan irsiy informatsiyani saqlash va uni sitoplazmaga va qiz hujayraga uzatish funksiyasini bajaradi.

Hujayra bo'linishi, ko'payishi va rivojlanishi kabi murakkab jarayonlarda bir vaqtda ko'p organellalar ishtirok etadi. Yuzaki qaraganda hujayraning hayotiy faoliyatida qandaydir bir struktura eng muhim va u hamma funksiyalarni boshqaruvchidek tuyuladi.

Hujayra yadrosi, undagi xromosomalar va spetsifik makromolekulalar - DNK shunday muhim ahamiyatli strukturalar hisoblanadilar. Ammo yadro, xromosomalar va DNK bajaruvchi funksiyalar qanchalik muhim bo'lmasin, bu funksiyalar mitoxondriyalar tomonidan hosil qilinadigan makroergik moddalar va hujayrani yuzlab mikrostrukturalarida hosil bo'luvchi birikmalarsiz amalga oshmaydi. Ular orasida DNK - makromolekulasi holatlarini nazorat qiluvchi moddalar bor. Hujayra hayoti va faoliyati, uning ichki strukturasining o'zaro aloqasi hamda tashqi muhit bilan aloqaga bog'liq. Tashqi muhit hujayra strukturalari va undagi modda almashinuviga ta'sir ko'rsatadi va ularda ma'lum

o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Ionlovchi radiyasiya, tashqi muhitning odatdan tashqari kuchli ta'sirchan faktori sifatida hujayradagi modda almashinishini buzadi, turli strukturalarda yemirilishlar chiqaradi, unga javoban hujayrada moslashuv va tiklanishdan iborat turli o'zgarishlar ro'y beradi. Bu o'zgarishlarning chuqurlik darajasi, nurlanish shart-sharoitlari (doza, nurning turi) va organizmning reaktivligiga bog'liq.

*Hujayra yadrosidagi o'zgarishlar.* Hujayra yadrosi, moddalarning murakkab strukturali sistemasi bo'lib, u yadro pardasi orqali sitoplazma bilan bog'langan. Hujayra fiziologik holatining turli fazalarida yadro strukturasida talay o'zgarishlar ro'y beradi. Yadro strukturalarining asosini yuqori polimerli nukleoproteidlar tashkil etadi. Ular - yadro dezoksinukleoproteidi (DNP), yadrocha va yadro ribasomalarining proteidi (RNP). Yadro tarkibida hujayra siklining ma'lum fazalarida (sintetik faza) oqsil sintezida ishtirok etuvchi fermentlar - katalaza, glyukoza, glikoliz fermentlari, nukleinlar sintezi fermentlari (polimeraza, fosfokinaza) koferment sistemalar (folevaya kislota, inozit, biotin), oqsillar, mineral ionlar, shu hisobda  $\text{Na}^+$  katta konsentrasiyada mavjud. DNK aktiv bo'linayotgan hujayralarida boshqa strukturalar bilan bog'lanib, supramolekulyar strukturalar hosil qiladi. Yadro tarkibida va boshqa hujayra strukturalarda 75% ga kadar massani suv tashkil etadi. Suv molekulalari yadroda yuqori molekulali nukleotidlarning polyar guruhlari bilan bog'liq holda bo'ladi.

Organizm 10 Gr. dozada nurlanganda hujayra yadrosida 900.000 ionlashish va qo'zg'alishlar yuzaga keladi. Hatto kichik doza 0,01 Gr. nur yutilishida yadroda 900 ga yaqin ionizasiya markazi hosil bo'ladi. Hujayrani o'ldiruvchi dozalar (kulturadagi hujayralar, va drojjilar uchun yuzlab Gr.) yuz minglab dastlabki reaksiyalar chaqiradi. Bu reaksiyalar quyidagilardan iborat:

- suv va makromolekulalarning radiolizi, aktiv radikallar hosil bo'lishi;
- ularning erigan kislorod bilan reaksiyaga kirishib, yangi radikallar va perioksidlar hosil bo'lishi;



- fermentlarning oksidlanishi;
- aminsizlanish;
- molekula struktura halqalarining uzilishi va hokazo.

Yadroda yuqori polimerli DNK eng nostabil, (o'zgaruvchan) sistema bo'lib, nur ta'siri ostida osonlik bilan DNP sistemasidan ajraladi va unda qator struktura o'zgarishlari kelib chiqadi. Bu o'zgarishlar - DNK molekulasini, bir yoki ikki ipining uzilishi, molekulalararo chatishmalar, bog'lanishlar - agregasiya hosil bo'lishi, DNKning oqsil bilan bog'lanishining buzilishi, DNK-membrana kompleksining zararlanishidan iborat.

Yuqori molekulyar moddalardagi va strukturalardagi bu o'zgarishlar qisman hujayra yadrosida Na, K ionlarining to'la miqdorda ajralib chiqishi, dastlabki soatlarda ularni yadrodan sitoplazmaga o'tishi, yadroda elektrolitlar tarkibining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Eksperimentlarda aniqlanishicha, nurga sezuvchan to'qimalarda (masalan, qalqonsimon bezda) radiasiya ta'sirida hujayra yadrolari qisqa muddat ichida ba'zi fermentlarni yo'qotadi. Aytish kerakki, nurga sezuvchan to'qimalar (taloq, limfa tugunlari, timus) hujayralari yadrosida, katalaza miqdori nurga chidamli to'qimalar (mushaklar, buyrak) hujayra yadrolaridagi miqdordan 30-100 barobar oz. Bu to'qimalarning hujaylarida katalaza miqdorida nur ta'sirida qisqa vaqt ichida yanada kamayib ketishi kuzatiladi (nurlanishdan bir soat o'tgach - 60 - 70%). Nurlanishda hosil bo'luvchi perioksidlarning uzoq saqlanishi va ularning makromolekulalarga, birinchi navbatda DNK-ga ikkilamchi ta'sirining kuchayishiga olib keladi. Ayni bir vaqtda nurlanishning birinchi minutlaridanoq, yadro va sitoplazmada yadro strukturalariga ta'sir etuvchi boshqa jarayonlar rivojlana boshlaydi, birinchi navbatda DNK-aza aktivlanadi, u mitoxondriyalardan ajraladi, yadroga sizib o'tib DNK-ga ta'sir etadi va uning yemirilishiga olib keladi. DNK-ning yemirilishi ikki fazali bo'lib, birinchisi bevosita nur ta'siridan ro'y beradi va ikkinchisi, asosan fermentativ o'zgarishlar tufayli kelib chiqadi. DNK, yadroda mavjud bo'lgan oqsillar tomonidan ma'lum

darajada himoyalaniadi. Bu himoya radikallar va gidroksidlarning bir qismini shu oqsillar bilan bog'lanishi tufayli amalga oshadi.

Nurga eng sezuvchan jarayonlardan biri - tez bo'linuvchi hujayra yadrolarida DNK sintezi hisoblanadi. Bir paytlar DNK sintezining buzilishi nur ta'sirida uning matrisasining (andozasining) zararlanishi tufayli deb hisoblanib kelingan. Ammo keyinchalik olib borilgan tadqiqotlar buning boshqa sabablarini ham ko'rsatib berdi. Bu sabablar quyidagilar: mitoxondriyalarda oksidlovchi fosforlanishning pastligi tufayli makroergli moddalar miqdorining kamayishi; yadroda  $K^+$ ,  $Na^+$  ionlari nisbatining o'zgarishi va u bilan aloqador plazma yopishqoqligining o'zgarishi, hujayraning mitosi kirishiga to'sqinlik paydo bo'lishi; hujayrada timidinkinaza, polimeraza kabi DNK sintezida ishtirok etuvchi fermentlar hosil bo'lishining tormozlanishi; yadroda DNK ni bog'lovchi anomal metabolitlar paydo bo'lishi. Ba'zi hollarda nurlanish, hujayrada DNK-sintezni qobiliyatini yo'qotmasligi mumkin. Ammo modda almashinishining buzilishlari DNK strukturasining qisman o'zgarishiga olib keladi, strukturalari o'zgargan DNK sintez bo'ladi. Bu jarayonlar hujayralar bo'linishida nasliyi informatsiya uzatilishidagi buzilishlarning sabablarini ko'rsatadi. DNK molekulasidagi kichik o'zgarishlar, unga nurning bevosita ta'siridan kelib chiqadimi yoki suv radikallarining va o'zgargan modda almashinishi ta'sirida ro'y beradimi hozircha aniq ma'lumot yo'q.

DNK-strukturalari o'zgarishlarining mahsuli, xromosomalarning morfologik o'zgarishlari - uzilishlar, ko'priklar, fragmentlar - nurlanishdan biroz vaqt o'tgach kuzatila boshlaydi. Bu o'zgarishlarda, vositali ta'sir, ehtimol asosiy o'rin tutadi.

Yadroda RNK sintezi nurlanishga ancha chidamli. Hujayra nurlanishida DNK-ning postradiatsion sintezi yaqqol pasaygan hollarda ham RNK sintezi deyarli o'zgarmaydi. Ammo xar xil RNK - informatsion lizosoma, ribosoma RNK-lari sintezi turli darajada zararlanadi. Ammo bu jarayonlarni eksperimental o'rganishning qiyinligi tufayli u nisbatan kam o'rganilgan. Olimlar

mikroavtorradiografiya usuli vositasida timusning yadro RNK-siga nishonlangan adeninning qo'shilishi hatto kichik doza - 0,5 Gr ta'sirida o'zgarishini kuzatganlar.

*Mitoxondriyalardagi struktura-metabologik o'zgarishlar.*

Mitoxondriyalar hujayraning energetik jarayonlarida muhim rol o'ynaydi. Uning asosini tarkibida RNK bo'lgan lipoproteid membranalar tashkil etadi.

Mitoxondriyalarda hujayra oqsilining 14%, RNK-ning 16% mujassamlangan. Har bir hujayrada 50-500 mitoxondriyalar mavjud. Uning membranalaridan turli fermentlar o'rin olgan bo'lib, bu molekulalar oksidlovchi yemirilish va makroergik modda almashinishini amalga oshiradi. Mitoxondriyalar anchagina nurga ta'sirchan strukturalarga kiradi. Elektron mikroskopik tadqiqotlar ko'rsatishicha, taloq limfatik hujayralarini nisbatan kichik dozada (1 gr) nurlaganda bir soatdan keyin mitoxondriyalar strukturasida sezilarli o'zgarishlar paydo bo'ladi. Bu o'zgarishlar mitoxondriyalarning shishi (nabuxaniye), ba'zi qismlarining destruksiyasi, matriksda teshiklar (prosvetleniye) hosil bo'lishidan iborat. Izolyasiyalangan mitoxondriyalarni magnitning 5,75% eritmasida nurlanganda pirovinograd,  $\beta$ -ketoglyutar va limon kislotasini oksidlovchi fermentlari aktivligining pasayishi 0.5 gr doza ta'siridan yuzaga kelishi aniqlangan, ayni bir vaqtda yantar kislotaning oksidlanishi hatto 10 gr nur ta'sirida ham o'zgarmagan. Pirovinograd kislotaning oksidlanishi dengiz cho'chqachalari miyasini 90 gr dozada lokal nurlanganda kuzatilgan.

Nurlanishdan qisqa vaqt o'tgach mitoxondriyalar qator fermentlarni yo'qotadi, DNK-aza ajralib atrof-muhitga o'tadi, katalaza miqdori kamayadi. Bundan tashqari nur ta'sirida mitoxondriyalarda oksidlanuvchi fosforlanish jarayonining sustlashishi ro'y beradi. Bu jarayon nurga sezuvchan to'qimalar timus va taloqda 0,5-1 gr ta'sirida kelib chiqishi mumkin. 8 Gr nur ta'sirida esa qisqa vaqt ichida, 1 soatdan so'ng chuqur o'zgarishlar yuzaga keladi. Mitoxondriyalarda oksidlanuvchi fosforlanishning tormozlanishi natijasida

makroergli birikmalar sintezi buziladi, uning natijasida hujayrada sintetik jarayonlar izdan chiqadi.

Nurlanishda adaptiv fermentlar sintezi ham buziladi. Ba'zi anaerob va aerob glikolizi fermentlari tipik adaptiv fermentlarga kiradi. Ularning hujayralardagi miqdori (misol uchun kalamushlarda 9 gr nur ta'sir etgandan so'ng jigarda) yaqqol o'zgarishi kuzatiladi. Nurlanishdan 30 minut o'tgach o'zgarishlar hali yuzaga kelmaydi, fermentativ buzilishlar oradan 24 soat o'tgach, yaqqol namoyon bo'ladi, bu esa jarayonlarning anomal metabolitlar - radiotoksinlar ta'sirida yuzaga kelishini ko'rsatadi.

Nurlanish, hujayra oqsillari sintezining sekinlanishiga va spesifik qayta tuzilishi bog'lanishiga hamda strukturasi o'zgargan oqsillar sinteziga olib keladi. Tajribalarda aniqlanganki 8,5 gr dozada nurlangan kalamushlarda radionuklidlar bilan nishonlangan aminokislotalar  $^{14}\text{O}$ -tirozin va  $^{35}\text{S}$ -metioninning jigar hujayralari ribosomalari oqsillarga bog'lanish ko'rsatgichi 3,4 dan 0,7 ga qadar kamayari ekan. Ayni vaqtda oqsillar antigen tuzilishining o'zgarishi ro'y beradi. Bu hodisa strukturasi o'zgargan oqsil molekulasini sintezi (ehtimol yadro DNK-si matrisasining buzilishi sababli) yoki nurlanishdan so'ng oqsillarning ko'p miqdorda yemirilib autosensibilizasiyaga olib kelishining natijasi bo'lishi mumkin.

*Lizosomalaridagi struktura-metabolik o'zgarishlar.* Hujayra sitoplazmasida lipoproteidli membrana bilan qoplangan kichik granulalar-ribosomalar mavjud bo'lib, ularning ichida achchiq gidrolazalar kompleksi bor. Jigar lizosomalarida o'nlab fermentlar topilgan. Nur ta'sirida liposomalar membranasining o'tkazuvchanligi ortadi, natijada fermentlar granulalardan tashqariga chiqadi, (shular hisobida DNK-aza va RNK-aza ham) va hujayradagi fermentativ jarayonlarning aktivlashishiga, nurlangan to'qimalarda umumiy proteolitik aktivlikning oshishiga olib keladi. Shu sababdan nurlanish, proteolizning faollashishiga olib keladi to'qimalar va qonda aminokislotalar miqdorini oshiradi.

## 7.2 Organizmning yalpi nurlanishida ro'y beradigan biologik jarayonlar.

Murakkab organizmlarni yalpi nurlanishda modda almashishining turli o'zgarishlari yuzaga keladi. Bu o'zgarishlar hujayralar va boshqa murakkab strukturalar funksiyasining o'zgarishida o'z aksini topadi. Ichki sekresiya bezlaridagi modda almashinuvining buzilishlari odatdan tashqari ko'p miqdordagi gormonlarning qonga chiqarilishiga olib keladi, uning ta'sirida oqsillar, lipid va uglevodlar metabolizmi buzilishi yuzaga keladi.

*Azotli oqsillar almashinishining buzilishi.* Nur ta'sirida modda almashishining neyrogumoral boshqarilishi buzilishi, birinchi navbatda gipofiz, buyrak usti bezi (adrenal sistema) funksiyasining buzilishi, nurning hujayra organellalariga bevosita ta'siri to'qimalarda proteazalarning aktivligini kuchayishiga va oqsillarning endogen parchalanishining ortishiga olib keladi. Radiatsiya ta'siridan bir necha soat o'tgach nurlangan hayvonlarning jigar va talog'i perfuzion suyuqligida, azotli moddalar va oqsil parchalanishi mahsulotlarini kuzatish mumkin. To'qimalarda aminokislotalar miqdori, qonda qoldiq azot va tirozin miqdori ortadi. Shu bilan birga siydikda azotli moddalar - mochevina, aminokislotalar, kreatenin, miqdorining ortishi, keyinroq unda, hattoki, oqsillar paydo bo'lishi kuzatiladi. 6 Gr dozada nurlangan kalamushlarda siydikda taurin miqdori tez ko'tariladi, uning konsentrasiyasi nurlanishdan 5 soat o'tgach maksimumga yetadi, so'ngra tezda kamayadi. Bu o'zgarishlar nur ta'sirida organizmda oqsillarning ko'p miqdorda parchalanishi va azotli birikmalar katabolizmidan dalolat beradi.

Nurlanish natijasida azot almashinishining aktiv mahsulotlaridan biri - gistaminning qondagi miqdorining o'zgarishi ham Radiatsion patologiya rivojlanishida muhim rol o'ynaydi. Erkin gistaminning qondagi va hamma to'qimalardagi miqdori (miya to'qimasi bundan istisno) nurlanishdan keyin ortadi. Buning sabablari turlicha bo'lishi mumkin: gistaminaza,

gistidindekarboksilaza fermentlari aktivligining o'zgarishi; to'qimalarning gistaminpeksik (gistaminni tutib turish) xususiyatining buzilishi, neyrogumoral regulyasiyaning o'zgarishi. Gistamin miqdorining o'zgarishlari nurlanish patologiyasining rivojlanishida ma'lum rol o'ynaydi. Nurlash birinchi navbatda gistogematik to'siqlarning o'tuvchanligini oshiradi, bu orqali organlar va to'qimalarning ichki muvozanati o'zgartiradi.

Nur ta'siri ostida nukleazlarning anchagina faollashuvi ro'y beradi. M: quyonlarni 10 Gr (LD 50/30) dozada nurlanishdan 10 min. o'tgach suyak iligida RNK-azaning aktivligi deyarli 5 marta oshadi, 4 soatdan keyin DNK-aza aktivligi deyarli 2 marta ortadi, keyingi soatlarda ko'rsatkichning ortishga moyilligi saqlanadi. Nukleazlar miqdorining to'qimalarda ortishi, hujayralar yemirilishi natijasi bo'lib, keyin ular qonga va siydikka chiqadilar. Siydikda DNK yemirilishining oraliq mahsulotlari paydo bo'ladi. Nuklein kislotalarning fermentlar ta'sirida yemirilishi, DNK sintezining bog'lanishi, birinchi soatlardan oq to'qimalarda nukleotidlar miqdorining o'zgarishiga olib keladi. Yuqorida keltirilgan azotli birikmalar almashuvining buzilishlari, ayniqsa oqsil parchalanishining kuchayishi va uning sintezining pasayishi nurlangan hayvonlar tanasi massasining kamayishiga, oqsil parchalanish mahsulotlari bilan organizmning zaharlanishiga, biomembranalar baryer funksiyasining buzilishiga olib keladi. Nurga sezuvchan to'qimalar (suyak iligi, taloq, timus, ichaklar shilliq pardalari) da hujayralarning postradision yalpi o'limi yuqorida zikr etilgan oqsillar almashishining buzilishi natijasidir.

### **7.3 Uglevod va lipidlar almashinishining buzilishi**

Uglevodlar almashtirishning nurlanishdan so'ng o'zgarishlari asosan neyro-gumoral boshqarilishning buzilishi tufaylidir. Nurlanish natijasida buyrak

usti bezidan adrenalin ajralishining ortishi, skelet mushaklarida va jigarda glikogen miqdorining kamayishiga olib keladi, qonda qand (shakar) miqdori ortadi. Buni nurlangan hayvonlar jigaridan oqib chiquvchi qonda yaqqol ko'rish mumkin. Umuman olganda, glyukozadan glikogen sintez qiluvchi fermentlar sistemasi nurga chidamli hisoblanadi. Nurlanishda aminokislotalardan hosil bo'lgan glikogen (neoglyukogenez) hisobiga uning miqdori jigar hujayralarda ortishi ham mumkin.

Nurlangan organizmda uglevod o'zgarishlari, ko'p hollarda glyukozaning ingichka ichak shilliq pardasi orqali surilishining buzilishi, organizmda glikogen zapasining kamayishi tufayli ham bo'lishi mumkin. Organizmda uglevodlar almashinuvi bilan lipidlar almashuvi o'zaro bog'liq. Hayvonlarning total nurlanishida ichaklar shilliq pardasidagi o'zgarishlar faqat uglevodlar surilishga ta'sir ko'rsatib qolmasdan, yog'larning ham o'zlashtirilishini buzadi. Nurlanish kasalligida ishtahasizlik natijasida kuzatiluvchi ochlik holati, depolaridan yog' zahiralarini safarbar qiladi va organizmda lipidlarning umumiy miqdori kamayadi. Lipidlarning yog' deposidan qonga tushishi natijasida ularning qondagi miqdori ortadi va natijada lipemiya kelib chiqadi. Bu o'zgarish nurlanish patologiyasida, ayniqsa katta dozalar ta'sirida yaqqol ko'zga tashlanadi. Ma'lumki, yog'lar va yog' kislotalari depolardan jigarga boradi, bu organda xolin va kofaktor A ishtirokida asetouksus kislota gacha parchalanadi.

Aktiv asetil fondining ortishi organizmda yog' kislotalari - xolesterin va keton zarrachalarining ko'payishiga olib keladi. Nur ta'sirida ba'zi to'qimalarda (ichaklar shilliq pardasi, suyak iligi) da mavjud antioksidantlar miqdori kamayadi, lipooksidaza va fosfolipaza aktivligi o'zgaradi. Bularning hammasi organizmda fermentativ oksidlash jarayonlarining pasayishiga, toksik xususiyatli lipid peroksidlar va to'yinmagan yog' kislotalar miqdorining ortishiga olib keladi.

#### **7.4 Total nurlanishda minerallar almashinuvining buzilishi.**

Nur ta'sirida organizmda birinchi navbatda va eng chuqur o'zgarish, temir almashinishida kuzatiladi. Radioaktiv temirning eritrositlarga bog'lanishining kamayishi 0,3-0,5 Gr nur ta'siridan kuzatila boshlaydi va 4 Gr nurlanishdan so'ng dastlabki hafta davomida deyarli yo'qoladi. Temirning eritrositlar bilan bog'lanishining kamayishi qonda giperferrimiyaga olib keladi va uning miqdori taloqda ortadi. Suyak iligida yutilmagan temir taloqda yutiladi. Hayvonlar subletal nurlangandan keyingi haftalarda qon ishlab chiqarish tiklanadi va temirning suyak iligida to'planishi ham tiklanadi. Nurlanishdan so'ng hujayra ichi organellalarida ionlarning bir strukturadan ikkinchisiga oqib o'tishi ro'y beradi. Nurlanishdan so'ng sut emizuvchilarning yurak mushaklarida kaliyning kamayishi kuzatiladi, holbuki, uning skelet muskulaturasidagi miqdori super letal dozalarda ham o'zgarmaydi. Nur ta'sirida biomembranalarning o'zgarishi natijasida eritrositlarda kaliy va natriy ionlari konsentrasiyasi pasayadi va ular plazmaga chiqadi. Nur ta'sirida oksidlanish jarayonlarining aktivlanishi ba'zi to'qimalarda mis va marganes kabi mikroelementlar miqdorining ortishiga olib keladi; o'pkada misning miqdori, taloqda xrom va marganes miqdori ancha ortadi, bu elementlar oksidlanish jarayonlarida aktiv qatnashadi.

Yuqorida nomlari keltirilgan kimyoviy elementlar modda almashinuvini boshqaruvchi muhim fermentativ va boshqa sistemalar tarkibiga kiradi. Elektrolitlar va boshqa kimyoviy elementlarning hujayralar va qondagi miqdorini o'zgarishi ichki muhit geomestazning o'zgarishi shu hujayralar, to'qimalar va butun organizmda kechadigan biologik jarayonlarni kechishining o'zgarishiga olib keladi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Ionlovchi nurlar biologik ta'sirining xossalari.
2. Normal hujayra organellalari va ularning funksiyasi.
3. Hujayra yadrosidagi postradiatsion struktura-metabolik o'zgarishlar.



4. Mitoxondriyalardagi postradiatsion struktura metabolik o'zgarishlar.
5. Ribasoma va lizosomalarda postradiatsion o'zgarishlar.
6. Organizmni yalpi nurlanishida ro'y beradigan biologik jarayonlar; azotli oqsillar almashinuvining buzilishi.
7. Uglevod va lipidlar almashinuvining postradiatsion buzilishlari.
8. Total nurlanishlarda organizmda minerallar almashinishining buzilishlari.
9. Butun organizm nurlanishida struktura-metabolik o'zgarishlarning integrasiyasi.

## 8. HUYAYRALARNING NUR TA'SIRIGA JAVOBAN O'ZGARISHLARI HUYRALAR RADIOSEZGIRLIGI.

*Tayanch iboralar:* hujayralar radiosezgirligi, hujayra sikli, Radiatsion blok, xromosoma aberrasiyalari, interfaza, mitotik o'lim, hujayra yadrosi, sitoplazmasi, postradiatsion o'zgarishlar, DNK zararlanishlari, tiklanish.

### 8.1 Hujayralarning nur ta'siriga javoban o'zgarishlari.

Hujayralar radiosezgirligi yoki boshqacha aytilganda, radiota'sirchanligi ionlanuvchi nurlar biologiyasining asosini tashkil etadi. Nur ta'sirida hujayrada ro'y beradigan turli-tuman o'zgarishlarni bayon etishdan avval hujayra sikli haqida hozirgi zamon tasavvuri ustida to'xtalib o'tamiz, chunki nurlanish natijasida ro'y beruvchi o'zgarishlarning chuqurlik darajasi va rivojlanish muddati shunga bog'liq. Bundan 40 yil muqaddam aniqlanganki, DNK sintez hujayralar siklining interfazasida ro'y beradi va ma'lum vaqt talab qiladi. Interfaza uch davrdan iborat: - DNK sintezi davri - (sintetik faza - S davr deb ifodalanadi), pre - va postsintetik ( $G_1$  va  $G_2$ ) - sintez oladi va sintezdan keyingi davrlar.

Hujayra siklining to'rtinchi davri mitoz - M xarfi bilan ifodalanadi. Hujayra sikli - mitozdan - mitozga qadar o'tgan vaqt. Hujayralari tez ko'payadigan to'qimalar (ichak epiteliysi, suyak ko'migi, spermatagon epiteliy, teri epiteliysi)da, tez o'sadigan o'smalarda, hujayralar kulturasida hujayra sikli 20-30 soatni tashkil etadi. Eng uzoq davom etuvchi davrlar  $G_1$  va S bo'lib, ularning har biri 10-12 soat davom etadi. Nisbatan qisqa  $G_2$  davr - 2-5 soat va eng qisqa davr - mitoz 30-60 minut davom etadi.

Proliferasiya sekin kechadigan to'qimalarning aksariyat hujayralari ko'p vaqt davomida  $G_1$  fazasida bo'ladi. Bu to'qimalarda  $G_1$ , haftalar, oylar, yillar (M: markaziy nerv sistemasi hujayralarda) davom etadi. So'nggi yillarda  $G_0$  –

hujayraning sokinlik davri tafovut qilinmoqda. Bu davrda hujayralar siklidan tashqari hisoblanib, rolini o'ynaydilar. Agar biror sabab bilan hujayralar ma'lum bir o'limi o'lgan taqdirda  $G_0$  davridagi hujayralar mitotik sikli faollashadi va bu hujayralar hisobiga reparativ regenerasiya, tiklanish amalga oshadi.

Nurning ta'sirida yuzaga kelgan hujayra o'zgarishlarining aksariyati (metabolizmning buzilishlari, shu hisobdan nukleinar almashinishi, oksidlanishli fosforlash, xromosomalar uzilishi va boshqalar tez tiklashnishi va sezilmasligi mumkin. Bu kabi o'tkinchi hujayra reaksiyalari nurlanishning fiziologik yoki kumulyativ effektlari deb ataladi. Bu reaksiyalar qayta nurlanishlarda ro'yobga chiqadi. M: 2 gr. dozada terining nurlanishi, yuzadan qaraganda sezilarli o'zgarish chiqarmaydi. Agarda teri 15-20 marta shunday dozada nurlansa unda qizarish (eritema) paydo bo'ladi. Bu o'zgarish hujayralardagi kumulyativ o'zgarishlarning natijasidir.

Hujayrada kumulyativ reaksiyasining universal turi - hujayra bo'linishning to'xtashi, mitozlarning Radiatsion blokidir. Nur ta'sirida hujayralar mitozining bloki rentgen va radioaktiv nurlar kashf etilgandan keyingi dastlabki yillarda o'smalarni nur bilan davolashga asos bo'lgan.

Hozirgi paytda aniqlanishicha, hujayralar bo'linishi to'xtashining davomiyligi dozaga bog'liq va u hujayralarning o'lishi yoki o'lmay qolishidan qat'iy nazar hamma nurlangan hujayralarda kuzatiladi. Ammo, har xil to'qimalar hujayralarida radiatsion blok turli vaqt davom etadi va u dozaga proporsionaldir. Nur dozasi ortib borishi bilan radiatsion blok vaqti ham ortadi.

Mitozning to'xtashi hujayra siklining qaysi davrida nur ta'sir etishiga bog'liq. DNK sintezi davri va postsintetik davrda hujayra nurlansa radiatsion blok eng davomli bo'ladi. Hujayra mitoz davrida nurlangan taqdirda radiatsion blok eng qisqa vakt davom etadi, ko'pchilik hujayralarda boshlangan mitoz nurlashdan keyin to'xtamaydi va o'z vaqtida tugallanadi.

Odatda, to'qima hujayralari hayotiy siklning turli davrida bo'lib, asinxron populyasiyaga ega. Proliferasiya aktiv bo'lgan to'qimalarda, sintetik va

postsintetik davrlarda hujayra mitozining bloki, mitotik jarayonini to'liqsimon kechishiga olib keladi, shu sababli nurlanishdan so'ng mitotik indeks dastlab kamayadi so'ngra tez ortadi va undan keyin yana kamayadi. Mitotik indeksning kamayishdan keyin, to'liqsimon ko'tarilishi haqiqiy ko'payishi emas. Gap shundaki, nur ta'sirida ko'pgina hujayralarning bo'linishi vaqtincha to'xtaydi, keyinchalik ular nurga kam ta'sirchan, bo'lgan hujayralar bilan deyarli bir vaqtda mitozga kiradi va mitotik indeksning kompensator ko'payish to'linini keltirib chiqaradi.

Hujayra bo'linishining vaqtincha to'xtashi (sekinlashishi)ning sabablari to'liq ma'lum emas. Ko'pchilik bu jarayon DNK sintezining buzilishi bilan bog'liq deb hisoblaydi. Ammo DNK sintezining buzilishi hamma vaqt birlamchi jarayon emas, u hujayra bo'linishini boshqaruvchi ichki strukturalarining nur ta'siridan zararlanishining natijasi bo'lishi mumkin. Ayni vaqtda hujayra mitozining bloki nurlanishda hosil bo'luvchi sitotoksik moddalarining ikkilamchi ta'siridan kelib chiqishi mumkin. M: bevosita nurlanmagan to'qimalarda ham mitozning sekinlanishi, bu jarayoni sitotoksik ta'sir natijasida ro'y berishi mumkinligiga dalolat bo'la oladi. Ammo mitozlar radiatsion bloki mexanizmlari to'liq o'rganilmagan. Qayta nurlanishlarda mitozlarning bog'lanishi esa yanada kam o'rganilgan. Ba'zi hollarda katta dozada nurlangan hujayra, mitotik qobiliyatini butunlay yo'qotishi mumkin. Bu hujayralar bo'linmasdan yashayveradi, natijada hujayraning patologik - o'ta katta, gigant formolari vujudga keladi, ularda redublikasiya natijasida xromosomalarning bir necha termasi (nabori) hosil bo'ladi. Bu hujayralar nihoyada bo'lina olmay o'ladi.

## **8.2 Hujayralarda letal o'zgarishlar, hujayra o'limining turlari**

Ionlanuvchi nurlarning biologik ta'sirini o'rganishning dastlabki davrlaridayoq, 1906 yilda fransuz tadqiqotchilari Bergonye va Tribando,

to'qimalarning nurga ta'sirchanligi - ularning proliferativ aktivligiga to'g'ri proporsional va hujayralarning differensiasiya darajasiga teskari proporsional ekanini aniqladilar. (Bergonye-Tribando qonuni) Letal effekt qachon ro'y berishiga ko'ra, hujayra o'limining 5 turi tafovut qilinadi:

1. Hujayra bo'linishiga qadar (nur ostida) o'lim.
2. Hujayraning bo'lmasdan o'lishi.
3. Birinchi bulinishdan keyin ulish.
4. Keyingi bo'linishlarda o'lish.
5. Populyasiyadagi bo'linayotgan hujayralarning bir qismining o'lishi.

Hujayra o'limining mitotik jarayonga aloqasiga e'tiboran ikki guruhga bo'linadi:

1. Interfaza yoki interkinetik o'lim, bunga hujayra o'limining yuqorida keltirilgan dastlabki ikki turi kiradi.

2. Mitotik yoki reproduktiv o'lim, bunga keyingi uch tur o'lim kiradi. Eng ko'p reproduktiv o'lim kuzatiladi.

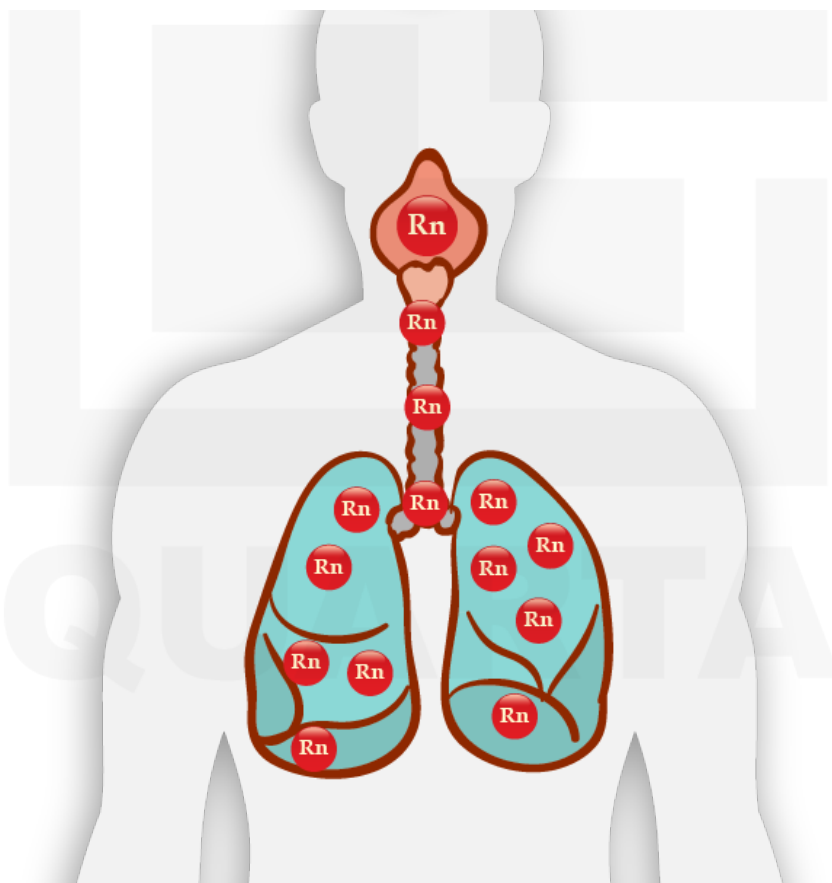
Hujayralar reproduktiv o'limining asosiy sababi xromosomalar strukturasining nur ta'sirida zararlanishdir. Mitotik o'limini mitozning turli davrlarida amalga oshirilgan sitologik tadqiqotlarda xromosoma o'zgarishlari yoki xromosoma aberrasiyalarini kuzatish yo'li bilan aniqlash mumkin. Bunda xromosomalarning bir yoki bir necha joydan uzilishlari, ular fragmentlarning translokasiyasi va turli xil yopishmalar hosil bo'lishi, xromosoma parchalarining tushib qolishi, yo'qolishi kuzatilishi mumkin

Xromosomalar o'zgarishlarining turlari, ularning paydo bo'lish mexanizmlari, xromosoma abberasiyasi natijasida rivojlanuvchi jarayonlarini ionlanuvchi nurlar biologiyasining maxsus qismi - radiatsion genetika o'rganadi.

Xromosoma aberrasiyalari rivojlanishida xromosomalar fragmentasiyasi, xromosoma ko'priklari, disentriklar, halqasimon xromosomalar hosil bo'lishi xromosoma ichi va xromosomalararo almashinishlar muhim ahamiyati ega. Bu o'zgarishlar hujayralar mitozida xromosomalarning teng bo'linishiga imkon

bermaydi. Xromosoma parchalari bilan yo‘qolgan DNK-da shifrlangan genetik informasiya, hujayra bo‘linishida turli morfologik va metabolik yetishmovchiliklarni vujudga keltiradi. Xromosomalari zararlangan hujayralar bo‘linishi mutasiyaga, ya’ni xususiyatlari (tuzilishi va funksiyasi) o‘zgargan hujayralar paydo bo‘lishiga olib keladi. Somatik hujayralar mutasiyasi kelgusida rak oldi jarayonlari, xavfsiz va xavfli o‘smalar keltirib chiqaradi. Bu o‘rinda ionlovchi radiasiya kuchli kanserogen (rak chiqaruvchi) fizik faktorlardan biri hisoblanadi. Olimlarning hisoblaricha, hatto radioaktiv fon hisobiga odam organizmida bir yilda o‘rta hisobda 50 mutant hujayra hosil bo‘ladi. Qo‘shimcha ravishda nur ta’siri bunday hujayralar miqdorining ortishiga va radiasiya chaqirgan rak kelib chiqishga sabab bo‘lishi mumkin. Bunga avvalari ko‘p kuzatilgan rentgenolog va radiologlarning professional kasalligi - teri raki misol bo‘la oladi. Bu raklar ko‘pincha multisentrik, bir vaqtda ko‘p nuqtalardan rivojlanuvchi bo‘ladi. Aytish lozimki, hozirgi vaqtda rentgen va radiologik apparatlarning mukammalligi va radiatsion xavfsizlikka katta e’tibor berilishi tufayli rentgen va radiy nurlari chaqirgan teri raki deyarli kuzatilmaydi.

Interfaza o‘limi - hujayra mitozga kirmasidan ro‘y beradi. Juda katta dozalar ta’sirida, hujayra bevosita nurlanish paytida o‘ladi. Hujayraga 10 Gr atrofida nur ta’sir etsa dastlabki soatlarda turli degenirativ o‘zgarishlar ro‘y beradi, birinchi sutka davomida yadroning kuchli piknozi. Xromatin iplarining zichlanishi va ularning fragmentasiyasi kuzatiladi. Maksimal o‘zgarishlar 2-6 soatdan so‘ng ro‘y beradi. Interfaza o‘limi asosan nurga ta’sirchan to‘qima hujayralarida va nisbatan katta dozalar yutilganda yuzaga keladi.



12-rasm. Radonli ifloslangan havodan nafas olinganda Rn ning o'pkada qolishi.

Masalan, limfoid to'qima (taloq, ayrisimon bez, limfa tugunlar) hujayralari nurga sezuvchan to'qimalarga kiradi unda dastlabki o'zgarishlar 0,5 Gr nur ta'siridan kelib chiqadi. 5 Gr umumiy nurlanishdan so'ng limfositlarning periferik qondagi miqdori 2-3 % ga qadar kamayishi kuzatiladi (normal ko'rsatgich - 25-35%). Nurlanishdan keyin birinchi kunlarda kuzatiluvchi postradiatsion limfopeniya asosan interfaza o'limi tufayli ro'y beradi. Mitotik o'lim odatda kichik dozalar ta'sirida (0,5-2Gr.) nisbatan radiorezistent to'qimalarda kuzatiladi. Bu jarayon kup kunlar, oylar, yillar davomida ro'y beradi (12-rasm).

### 8.3 Hujayralar radiosezgirligining ko'rsatikichlari.

Hujayralarning yashashga qobilligini asosiy ko'rsatgichi ularning chekiz ko'payish qobiliyati va bir xil hujayralardan iborat koloniyalar hosil qilish xususiyati hisoblanadi. Hujayralarning hayotga qobilligi to'qimalar kulturasida *in vitro* sharoitida ular koloniyalarining soni ortib borishiga qarab o'rganiladi. Hujayralar radiosezgirlikining ko'rsatgichlaridan biri nurlangan hujayralarni *in vitro* sharoitida koloniyalar hosil qilish qobiliyatidir. Uni aniqlash metodikasi quyidagicha, Petri chashkasiga qon tomir devori hujayralari (endoteliy) «ekilgach» ularni 10-20 Gr. dozada nurlab 7-14 kunga termostatga qo'yiladi. Bu vaqt ichida Petri chashkasidagi oziq muhitda ko'zga ko'rinuvchi hujayralar koloniyasi hosil bo'ladi. Nurlangan va nurlanmagan nazorat (kontrol) petri chashkalaridagi hujayra koloniyalari soni taqqoslanadi.

Nurlanishdan keyin hujayralarning hayotga qobilligi, *in vivo* sharoitida ham o'rganishi mumkin. Buning uchun suyak ko'migi, taloq, embrional-jigar hujayralari suspenziyasi letal dozada nurlangan resipiyent - sichqonlar dum venasiga yuboriladi. Bir hafta o'tgach bu hayvonlar talog'ida ko'zga makroskopik ko'rinuvchi koloniyalar sanaladi. Nurlangan gemopoetik to'qima hujayralarining avlodlaridan iborat koloniyalar soni sog'lom, nazorat sichqonlar talog'idagi koloniyalar soni bilan taqqoslanadi.

XX asrning 60-yillarida nurning ta'sirini terining va ingichka ichakning kolonogen hujayralarida o'rganish metodikasi ishlab chiqilgan. Nur ta'sirining o'rganishning ko'p qo'llanuvchi usullaridan biri xromosoma abberasiyalari bo'lgan hujayralarni sanashidir. Nurlanish dozasi bilan xromosoma abberasiyalari o'rtasida bog'lanish (korellyasiya) mavjud. Doza qancha katta bo'lsa xromosoma o'zgarishlari shunchalik ko'p uchraydi va zararlanishlar chuqur bo'ladi.

Hujayraning nurlanishdan zararlanishi. Hujayraning nurga ta'sirchanligini tahlil qilishda uning asosiy tarkibiy qismlari yadro va sitoplazmaning nisbiy radiosezgirlikini ko'rib chiqish lozim. Ko'plab tajribalar va kuzatuvlarda sitoplazmaga nisbatan yadroning nurga ta'sirchanligining beqiyos kattaligi va



nurlanish keltirib chiqargan o'zgarishlar asosida ko'proq hujayra yadrosining zararlanishi yetishi aniqlangan. Yuqorida keltirilgan xromosoma o'zgarishlarining hujayra taqdirini belgilovchi jarayon ekanligi buning isboti bo'la oladi. Shu bilan birga xromosomalarning zararlanishi sitoplazmadagi o'zgarishlar orqali ham yuzaga kelishi mumkin ekanligi e'tirof etish lozim. Hujayralar kulturasida yadroni mo'ljali nurlashda bitta  $\alpha$  -zarrachalarning ta'siridan hujayraning o'lishi mumkin. Bu natija hujayra sitoplazmasidan 15 mln. zarrachalar o'tganda yuzaga keladi. Xuddi shuningdek yana bir misol, hujayra yadrosini 15-20 protonlar bilan nurlash xromosomalarning struktura (tuzilishi) o'zgarishlarini chaqirishi mumkin. Sitoplazmaning turli qismlarni yuz minglab shu xil zarrachalar bilan nurlangan taqdirda ham o'zgarish kuzatilmaydi. Ammo yadro-sitoplazmatik aloqalar mavjudligi tufayli yadro o'zgarishlari sitoplazmadagi buzilishlar tomonidan kuchaytirilishini ko'rsatuvchi eksperimental tadqiqotlar mavjud.

Hujayraning o'limida qanday strukturalar ma'sul hisoblanadi? Umuman olganda nur ta'sirida zararlanmaydigan strukturalar yo'q – bu yutilgan dozaga bog'liq. Hujayrada o'nlab DNK molekulalari mavjud, ularning uzunligi katta, (umumiy uzunligi 1-2 m). Bu molekulalar muntazam oqsillar bilan bog'langan. Oqsillar interfaza xromatini strukturasini saqlashda, genetik informatsiyani ko'chirishda ishtirok etadilar. Nurlash DNK molekulasini zanjirning bir yoki ikki ipini uzishi mumkin. Zanjirning har qanday uzilishi, DNK molekulasida saqlangan informatsiya o'qilishi buzilishi va xromatin strukturasini o'zgarishini keltirib chiqaradi.

Bir ipning uzilishi DNK molekulasining sinishi olib kelmaydi, chunki uning bo'laklari DNK-ning ikkinchi ipi bilan vodorod atomlari yordamida mustahkam bog'langan va keyinchalik molekulaning strukturasini tiklanishi mumkin. Xullas DNK-ning bir ipli uzilishlari hujayra o'limiga sabab bo'lolmaydi. Doza ortib borishi bilan ipning uzilishlari ortib boradi. Ularning ba'zilar zanjirning bir-biriga to'g'ri qarama-qarshi nuqtalarida ro'y berishi,

ya'ni ikki ip uzilishi paydo bo'lishi mumkin. Siyrak ionlar hosil qiluvchi nurlar (rentgen, gamma, tez elektronlar) bilan nurlanishda 20-100 bir ip uzilishlariga, bir dona ikki ip uzilishi to'g'ri keladi. Zich ionlovchi nurlar ( $\alpha$ -nurlar, protonlar) ta'sirida ko'proq ikki ip uzilishi kuzatiladi. Hisoblar bo'yicha 1 Gr. nur yutilganda odamning har bir hujayrasida DNK molekulalarida 1000ta bir va 10-100 ikki ip uzilishi ro'y beradi, ularning har biri xromosoma abberasiyalari chaqirishi mumkin.

Nurlanishda DNK molekulasining uzilishlaridan tashqari uning asos strukturasining, birinchi navbatda timinning buzilishi va gen mutasiyalarining ortishi kuzatiladi. DNK bilan nukleoproteidlar kompleksi o'rtasida chatishmalar hosil bo'ladi.

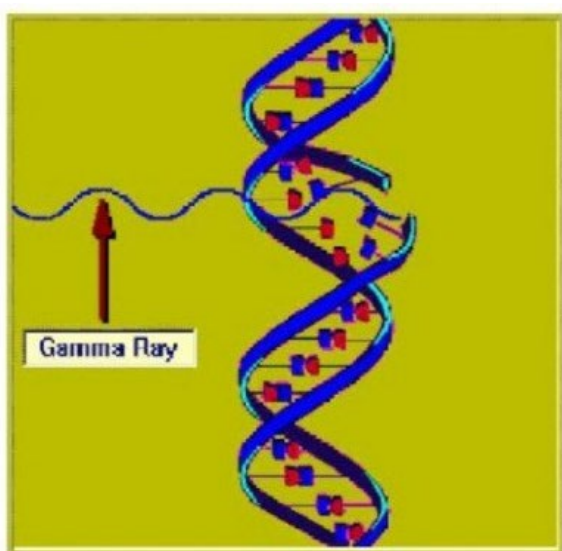
So'nggi yillarda DNK bilan yadro membranasining birikishidan hosil bo'lgan murakkab strukturali tuzilma yadro-membrana kompleksi (DNK+oqsil+lipidlar) ning nur ta'sirida yemrilishi, DNK molekulasining degradasiyasi, hatto kichik dozalar (2 Gr) ta'sirida yuzaga kelishi aniqlangan.

Hujayra metabolizmining ko'pgina murakkab jarayonlari membranalarda ro'y beradi. Membranalar hujayra hayoti uchun ahamiyatli molekulalarni hujayra strukturalarda to'g'ri taqsimlanishini ta'minlaydi. DNK - membrana kompleksining buzilishi turli biokimyoviy jarayonlarning energetik ta'minoti, fermentlarning hujayra makonida taqsimlanishi, kaliy va natriy ionlari balansining buzilishi (normada kaliy nasosi hujayra ichiga kaliyni haydaydi, natriyni esa tashqariga chiqarib yuboradi) metabolik jarayonlarning buzilishiga olib keladi.

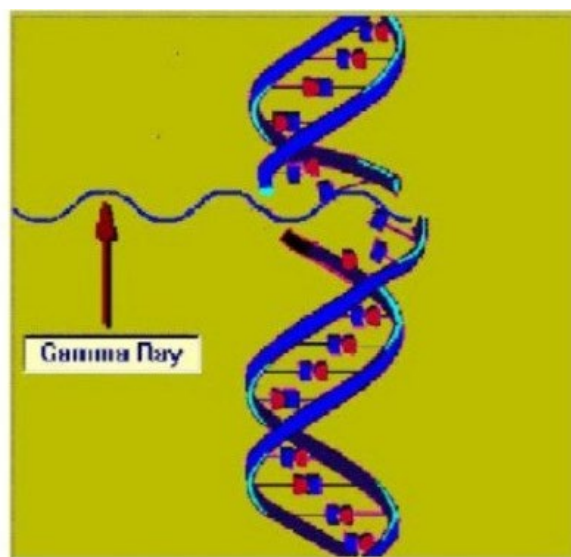
Nihoyat, nur ta'sirida, yadro materiali - xromosomalar bilan bog'liq bo'lmagan hujayraning epigenom irsiyati buziladi. Buning natijasida nurlangan hujayra avlodlarining funksional aktivligi pasayadi. Xullas,  $\alpha$ -nurlangan hujayraning o'limi, uning turli strukturalari zaralanishlarining o'zaro aloqalaridan kelib chiqadi.

Hujayra zararlanishining turlari rasmda keltirilgan. Ular quyidagilardan iborat:

1. DNK molekulasining bir ipining uzilishi.
2. DNK molekulasining ikki ipining uzilishi.
3. DNKning oqsil bilan bog'lanishning buzilishi.
4. DNK membrana kompleksining zararlanishi.
5. Yadro membranasining uzilishi.
6. Mitoxondral membrananing buzilishi.



**DNK molekulasining bir ipining uzilishi**



**DNK molekulasining ikki ipining uzilishi**

13-rasm. Radioaktiv nur ta'sirida DNK molekularining buzilgan shakli.

#### **8.4 Hujayraning postradiatsion tiklanishi.**

Radiatsion sitologiyada nurlangan hujayralarda reparasiyaning ikki turi tafovutlanadi - subletal va potensial letal (o'lishi ehtimol) zararlanishlarning tiklanishi.

Subletal zararlanishlar deb bevosita o'zi hujayrani o'limiga olib kelmaydigan, ammo qayta nurlanishlarda uning inaktivatsiyasini (safdan chiqishini) osonlashtiruvchi o'zgarishlarga aytiladi. Misol, nurlanish natijasida

DNK - bir ipining uzilishi hujayrani o'limga olib kelmaydi ammo qayta nurlanishlarda shu uzilish qarshisida ikkinchi ipning uzilishi, xromosoma abberasiyasi va letal effekt chaqirishi mumkin.

Potensial letal zararlanishlar deb bevosita o'zi hujayrani o'limiga olib kelishi mumkin, ammo ma'lum sharoitda tiklanishi xam mumkin bo'lgan o'zgarishlarga aytiladi. Potensial letal o'zgarishlarni, hujayralar faoliyatining shart-sharoitlari o'zgarishi bilan o'limining kamayishiga qarab aniqlanadi. Masalan, hujayralarining presintetik ( $G_1$ ) davrida ro'y bergan DNK ikki ipining bir joydan uzilishi, DNK replikasiyasi (qayta yopishishi) ga qadar qolgan vaqt ichida tiklanishi mumkin. Agar DNK sintezi paytigacha uzilishlar tiklanmasa hujayra o'ladi.  $G_1$  davrini uzaytirish vositasida tirik qolgan hujayralar sonini oshirish mumkin.

Potensial letal zararlanishlar tiklanishi ham mumkin. Bunga normal metabolism sharoitida muhitning haroratini pasaytirish bilan, hujayra hayotiy siklini cho'zish, sintetik faza va mitoz boshlanishini orqaga so'rish yordamida erishish mumkin. Hujayra bo'linishini boshqa biror yo'l bilan bog'lash ham postradiatsion potensial-letal zararlanishlarni kamaytiradi.

Subletal va potensial letal zararlanishlarning tiklanishi asosan DNK - strukturasi uzilishlarining reparasiyasi bilan bog'liq deb hisoblanadi. Bu tiklanish to'liq (asosan - bir ipli uzilishlarda) yoki to'liq bo'lmasligi mumkin. Ikki ip uzilishlarida reparasiya aksariyat to'liq bo'lmaydi. Subletal zararlanishlarning reparasiyasida hujayradagi metabolik jarayonlar muhim ahamiyatga ega. Hujayra fermentlari ishtirokida ro'y beruvchi metabolik jarayonlar turli postradiatsion va boshqa zararlanishlarni tiklashga qobil.

Reparasiya - enzimatik jarayon. Fermentlar tomonidan metabolik jarayonlarni amalga oshishi ma'lum miqdorda energiya sarf qilishni talab qiladi.

Hujayra siklining turli davrlarida radiasiya ta'sirida letal o'zgarishlar kelib chiqish ehtimoli, ko'p jarayonlarning orqama-keyin yoki birgalikda ro'y berishi

bilan bog'liq. Bu jarayonlarning ro'yobga chiqishi hujayraning nurlash paytida qanday sharoitda bo'lishiga ko'p jihatdan bog'liq.

Hujayralarning nurga eng yuqori ta'sirchanligi mitoz fazasining boshlanishida kuzatiladi.  $G_1$  davrida nurga ta'sirchanlik 5 marta kamayadi. S fazasiga o'tish paytida nurga ta'sirchanlik yana ortadi. S fazasining oxirida hujayralarning nurga sezgirligi kamayadi radiorezistentlik deyarli 10 barobar ortadi.  $G_2$  davrida radiosezgirlilik asta sekin orta boshlaydi. Nurga ta'sirchanlikni hujayra hayotiy siklining davrlarini sinxronizasiya qilish vositasida o'zgartirish mumkin. Ma'lumki populyasiyadagi hujayralar, hayotiy siklining turli fazolarida bo'ladi. Shu sababli qisqa muddatli nurlashda hujayralarning oz qismi nurga sezuvchan davrda ta'sirlanadi, aksariyat hujayralar tinch holatda yoki nurga sezuvchanlik past fazada bulgani sababli kam zararlanadi yoki mutloq zararlanmaydi. Bu hodisa katta amaliy ahamiyatga ega. Masalan, xavfli o'smalarni nur bilan davolashda hujayralarning aksariyatini nurga sezuvchan fazada nurlanishiga erishish uchun, hujayra siklini sinxronizasiyalash qo'llaniladi. Ya'ni hujayralar siklini turli xil ta'sir vositasida (organizmga sitostatik kimyoviy moddalar - 5-florurasil, vinkristin) yuborish, o'smalarni yuqori chastotali mikroto'lqinli nurlar bilan nurlash, gipertermiya) yordamida o'sma hujayralari rivojlanishi S davrda ma'lum vaqt davomida to'xtatib turiladi, so'ngra aksariyat hujayralar sinxron ravishda bir vaqtda nurga sezuvchan fazalar  $S_2$  va M ga o'tadi. Shu paytda o'tkazilgan nurlash eng chuqur o'zgarishlar keltirib chiqaradi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Hujayra sikli to'g'risida tasavvur.
2. Hujayra nurlanishida kumulyativ effektlari.
3. Hujayrada postradiatsion o'zgarish va uning turlari.
4. Radiasiyaning xromosomalarga ta'siri va uning asoratlari.
5. Hujayralar radiosezgirligining kriteriylari.
6. Hujayra yadrosi va sitoplazmasining nurdan zararlanishi.

7. DNK molekulalarining postradiatsion o'zgarishlari.

## **9. RADIOSEZGIRLIKNING MODIFIKASIYASI, KISLOROD EFFEKTI.**

*Tayanch iboralar:* radioprotektorlar, radiosensibilizasiya, radiomodifikasiya, additivlik, potensiyalash, sinergizm, kislorod effekti, nisbiy biologik effektivlik (mishen) nazariyasi, radiotoksinlar, struktura - metabolik gepoteza.

### **9.1 Radiosezgirlikning modifikatsiyasi.**

Odam va hayvonlar nurga ta'sirchanligini o'rganishga qiziqishning kattaligi, nihoyatda radiosezgirlikni boshqarishga, ya'ni nurga ta'sirchanlikni kuchsizlantirish yoki kuchaytirishga bo'lgan ehtiyoj bilan bog'liq. XX asr 40-yillarining oxiri va 50-yillarning boshlarida, nurlanishdan ommaviy zararlanishning real xavfli tug'ilgan paytlarda nur ta'siridan muhofazalovchi moddalarni topish ustida ilmiy izlanishlar boshlandi va tez orada bunday moddalar topildi. Bu moddalarni nurlanishdan oldin organizmga yuborilgan taqdirda, letal dozada nurlangan eksperimental hayvonlarning bir qismini tirik saqlab qolish mumkinligi aniqlandi. Nurning ta'sirini kamaytiruvchi moddalar radioprotektorlar (protector-ximoyalovchi) deb nomlandi. Hozirgi paytda o'n minglab kimyoviy birikmalarning radioprotektorlik xususiyati o'rganilgan. Nur ta'siridan kimyoviy muofaza qilish bilan birga, uning ta'sirini kuchaytiruvchi moddalarni aniqlash ustida ham ishlar olib borildi. Bu moddalar radiosensibilizatorlar deb nomlangan va ular onkologiya amaliyotida, o'smalarning nurga ta'sirchanligini oshirish, ularni tezroq va to'liq yemirishga erishishda muhim ahamiyatga ega.

Nurga ta'sirchanlikning modifikatsiyasi deyilganda, radiosezgirlikni u yoki bu tomonga o'zgartish, ta'sirni kamaytirish to'qimalar va organizmni himoyalash yoki ta'sirchanlikni oshirish - sensibilizasiya tushuniladi. Radioprotektorlar va radiosensibilizatorlar nurlanish oldidan kiritiladi. Ularning o'zlari obyektning yashash qobiliyatiga ta'sir etmaydilar, ammo nurlash oldidan va nurlanish paytida radiomodifikasiyalovchi ta'sir ko'rsatadilar. Organizmga bir vaqtda nur va radiomodifikasiyalovchi faktor kombinatsiyada ta'sir etadi.

Kombinatsiyada ta'sir qiluvchi har qanday faktorlar effektivligi uch xil bo'lishi mumkin:

a) additivlik - ikki faktorning birga qo'llanish natijasi ularning har birini ta'siridan ikki baravar katta, shu faktorlardan birini alohida ikki barobar katta dozada qo'llanganda chaqiradigan effektidan ortiq emas;

b) potentsiyalash - bir faktor ta'sirini ikkinchi, o'zi deyarli aktiv bo'lmagan faktor tomonidan kuchaytirilishi;

v) sinergizm - faktorlarning summa ta'siri ularning har biri chaqiradigan effektlarning oddiy yig'indisida ortiq, yoki effektlarning har biri alohida ikki marta dozada qo'llanishida chaqiriladigan effektidan katta. Radiomodifikasiyalovchi effektini baholash uchun to'rt xil ko'rsatgich qo'llanishi mumkin:

1. Tajriba va nazorat (nurlash+radiomodifikatsiya va faqat nurlash)da olingan absolyut ko'rsatgichlarning farqi.

2. Effekt indeksi - tajriba va nazorat ko'rsatgichlarning nisbati.

3. Dozaning o'zgarish faktori.

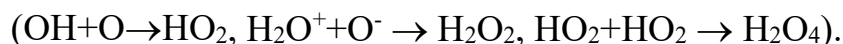
4. Modifikatsiya koeffitsiyenti.

Radiomodifikatsiya indeksi asosan FUD asosida belgilanadi.

## **9.2 Kislorod effekti.**

Kislorod effekti (KE) deb ionlanuvchi nurlar biologiyasida kislorodning to'qimalarda konsentrasiyasini oshishi bilan uning nur ta'siridan zararlanishining kuchayishi tushuniladi. Va aksincha kislorodning konsentrasiyasi kamaygan hollarda nurlanishdan zararlanish kamayadi.

KE ionlanuvchi nurlar biologiyasida universal hodisa hisoblanadi. To'qimalarda kislorodning parsial bosimini o'zgartish vositasida obyektning nurga ta'sirchanligini kerakli yo'nalishda o'zgartish mumkin. KE hujayralar kulturasini nurlashda va siyrak ionlar hosil qiluvchi nurlar ta'sirida yaqqol ko'rinadi. Zich ionlovchi nurlar. ( $M. \alpha$  -nurlari) bilan nurlanganda KE keskin kamayadi. Hujayralar (bakteriyalar) kulturasida anaerob, azotli muhitda nurlansa letal doza 3 barobar ortadi. Agar anaerob kulturalarni kislorod bilan boyitilsa nurga ta'sirchanlik ortadi, letal effekt kichikroq dozalarda ro'y beradi. Buning sabablari bakteriyalar tarkibidagi suvning radioliz mahsulotlari muhitdagi yuqori konsentrasiyalik kislorod bilan birikib ko'proq perioksidli birikmalar hosil qilishi tufayli ro'y beradi deb hisoblanadi



Nur ta'sirida makromolekulalarda ro'y beruvchi o'zgarishlarini kislorod ta'sirida kuchayishini quyidagi tajribada ham ko'rsa bo'ladi. Agar impulsiv nurlashdan 20 msek ( $0,0000002$  sek) oldin hujayralar kulturasining oksigenasiyasi ta'min etilsa, shu hujayralarning zararlanishi ortadi, bakterial kulturani kislorod bilan to'yintirish nurlashdan 5-10 msek keyin amalga oshirilsa radiasiya ta'sirining modifikasiyasi kuchaymaydi, anoksiya sharoitida nurlashdan keyin amalga oshirilgan oksigenasiya bakterial kulturaning tirik qolishini ko'payishigi, olib keladi, ya'ni postradiatsion tiklanishni oshiradi. Demak kislorod nurlash paytida radiasiyaning ta'sirini kuchaytiradi, nurlashdan keyin pastRadiatsion tiklanishga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.



### 9.3 Ionlanuvchi nurlarning nisbiy biologik effektivligi (NBE).

Turli ionlanuvchi nurlarning muhiti ionlash qobiliyati bir xil emas. Ular o'z yo'lida turlicha zichlikdagi ionlar hosil qiladilar, demak yo'lda energiya yo'qotishi (lineynaya poteriya energii-LPE) bir xil emas. Masalan, alfa-zarrachalar to'g'ri yo'nalish bo'ylab o'tib, dastlab siyrak, uchish yo'lining oxirida o'ta zich ionlar - ionizasiya ustini hosil qiladi. Bu nurlar o'rta hisobda to'qimalarda 1mkm masofada o'n minglab juft ion hosil qiladi. Demak  $\alpha$  nurlar yo'lda masofa birligida energiya yo'qotishi katta. Rentgen va gamma kvantlar atom elektroniga to'qnash kelib undan elektron urib chiqaradi. Bu elektronlar va betta nurlari muhitda siyrak, to'qimada 1mkm masofada 50-100 juft ion hosil qiladi. Bu nurlarning yo'lda energiya yo'qotishi alfa-nurlariga nisbatan ancha kichik. Proton va deytronlarning energiya yo'qotishi  $\alpha$ -nurlariga yaqin, ammo ular katta chuqurlikka kira oladilar.

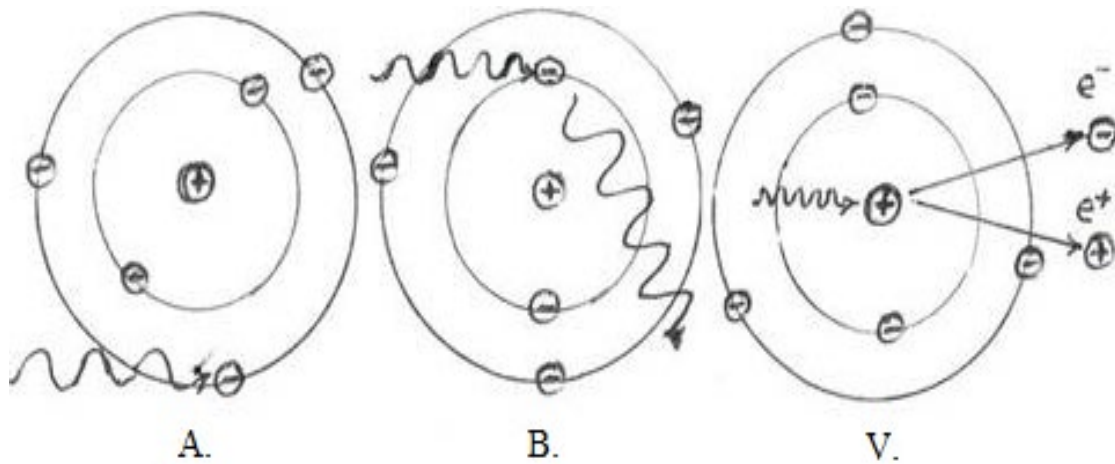
### 9.4 Turli nurlarning muhitni ionlashtirishi

Rentgen va gamma nurlari (1), urta (2) va yuqori (3) energiyali elektronlar va  $\alpha$ - nurlari (4) hosil hilgan ionlar zichligi va yo'lda energiya yo'qotish rasmda ko'rsatilgan. Ma'lumki, biologik o'zgarishlarning dastlabki zvenosi atom va molekulalarning ionlanishi hisoblanadi.

|       |          |          |                      |            |
|-------|----------|----------|----------------------|------------|
| $\pm$ |          | $\pm$    |                      | $\pm 1$    |
| $\pm$ | $\pm$    | $\pm\pm$ | $\pm$                | $\pm\pm 2$ |
| $\pm$ | $\pm\pm$ | $\pm\pm$ | $\pm\pm\pm$          | $\pm\pm 3$ |
| $\pm$ |          | $\pm$    | $\pm\pm\pm\pm\pm\pm$ | $\pm 4$    |

Demak, nurning yo'lida ionlar zichligining ortishi bilan hujayralar zararlanishi ortib boradi, ularning tiklanish imkoniyati kamayib boradi. Ionlovchi nurning biologik ta'sir sifati, nisbiy biologik effektivlik (NBE) deb nomlangan tushuncha bilan belgilanadi. NBE nurning o'z yo'lida, masofa birligida chiziqli bo'ylab energiya yo'qotishiga, ionlar zichligi bog'liq. NBE-ning LPE (lineynaya poterya energiya chiziqda energiya yo'qotish)ga bog'ligi o'z maksimumiga ega. NBE -ning ortishi 10 KEV / mkm dan boshlanadi 100 KEV / mkm-da maksimumga yetadi, undan yuqori miqdorda energiya yo'qotilishida NBE kamaya boshlaydi. Buning sababi, hujayraning o'lishi ma'lum hajmda yetarli miqdorda nur-yutgandan so'ng ro'y beradi. Suzsiz energiya yutilishining ortishi dastlab NBE-ni oshiradi. Ko'rsatgich ma'lum darajaga yetgandan so'ng, energiya o'lgan hujayrada yutila boshlaydi LPE ortib borishiga qaramasdan, NBE ortishi to'xtaydi keyin kamaya boshlaydi. So'nggi yillarda ionizasiyaning mikroskopik strukturalarida tarqalishi va uning hujayra o'zgarishlari bilan aloqasini o'rganuvchi matematik hisobli maxsus dozimetriya-mikrodozimetriya yuzaga keldi.

*NBE ning nurlash shart-sharoitlari va boshqa faktorlarga bog'liqligi.* NBE o'zgarmas doimiy kattalik emas. U birinchi navbatda o'rganiladigan obyektning xarakteristikasiga va qator boshqa faktorlarga bog'liq. Ularning orasida ahamiyatlilari: dozaning kattaligi, quvvati, nurlash oldi va nurlashdan keyingi shart-sharoitlar, nur dozasi bo'laklanishi, kislorodning mavjudligi, defisiti yoki yo'qligi (14-rasm).



14-rasm. Kvant nurlarining atomlarda yutilishi.

*A. Fotoeffekt, B. Kompton effekti. V. elektron-pozitron jufti hosil bo'lishi*

NBE-ning dozaga bog'liqligi. Dastlab dozaning ma'lum darajaga qadar ortib borishi NBE-ni deyarli o'zgartirmaydi. Dozaning yanada ko'tarilishi NBE ham ortishiga olib keladi. Qandaydir belgilangan bir dozada NBE eng yuqori nuqtaga yetadi, dozaning bundan ham yuqori darajaga ko'tarilishi NBE ning kamayishiga olib keladi. Doza quvvatining ortishi ham NBE ga xuddi shunday ta'sir ko'rsatadi. M. to'qimalarni nurlashda doza quvvati o'ta past umumiy doza tabiiy radiaktiv fon yoki professional nurlanishning maksimal ijozat etilgan dozasi darajasida (5 rad/yil) bo'lgan tagdirda NBE darajasi nolga teng. O'smalarni davolash maqsadida katta dozalar qo'llanadi. Bu hollarda doza quvvati 0,1 Gr/min. va undan kichik bo'lsa biologik ta'sir kuchsiz, doza quvvati 1-2 Gr/minutga qadar ortib borishi nurning biologik ta'sirini ham ortishiga olib keladi. Doza quvvati bir nechta 10 Gr/ minutga qadar ko'tarilganda biologik ta'sir kamayadi.

Yoki yana bir misol. Terining cheklangan sohasi qisqa muddat ichida 5 Gr dozada nurlanishi (doza kuvvati 1-Gr/ min.) oradan 2 hafta o'tgach terida eritema-qizarish chiqaradi: teri shishadi, og'riq paydo bo'ladi, keyinchalik shu sohada sochlar vaqtincha tushib ketadi. Ammo nurlanish vaqti 100-marta

uzaytirilsa (doza quvvati 0,01 gr/min) ayni shu dozada, 5 Gr eritema chaqirmaydi.

NBE umumiy dozaning fraksiyalarga (porsiyalarga) bo'linishiga ham bog'liq. Dozaning bo'laklanishi NBE-ni kamaytiradi. M. 5 Gr nur ikki bo'lakka bo'lib ikki kun davomida berilsa, eritema chaqirmaydi. Bo'laklab nurlash sharoitida eritema chaqiruvchi umumiy doza 40-45 Gr ni tashkil etadi. Nur dozasi yanada kichik bo'laklarga bo'linsa M: bir martalik doza 0,0001 Gr bo'lsa teri oylar davomida nurlangan taqdirda ham eritema rivojlanmaydi, faqat uzoq muddatlardan so'ng terining distrofik o'zgarishlari kelib chiqishi mumkin.

NBE, hujayra va to'qimalarni nurlash oldi, nurlash payti va undan keyingi holatiga ham bog'liq. Nurlash paytida va bevosita uning oldida to'qimalarda modda almashinuv jadalligining oshishi, giperemiya - qon tomirlarining kengayish, qonning ko'p kelishi, doimiy haroratning ko'tarilishi, oksigenasiyaning ortishi, to'qimalarda yallig'lanish yoki distrofik jarayonlarning mavjudligi NBE-ni oshiradi. Nurlashdan keyin hujayra va to'qimalarda modda almashinishi yaxshilovchi faktorlar oksigenasiyaning ortishi, qon aylanishining - vitaminlar, ozuqa mahsulotlarning yetarli bo'lishi nur ta'sirida yuzaga keluvchi o'zgarishlarni kuchsizlantiradi, aks hollarda o'zgarishlarning chuqurlanishi ro'y beradi.

Umuman olganda ionlovchi nurlarning odam tanasi hujayralari va to'qimalarga ta'sirining dozaga bog'liqligi quyidagicha. Nurning ta'siri atom va molekulalar miqyosida qaralsa, har qanday kichik doza zararli ta'sirga ega deyish mumkin. Chunki nur yutilgan atom, molekulalar ionlashadi, molekulalar strukturasi o'zgaradi, hatto ular parchalanib ketadi. Ammo ionlanish natijasida moddalar kimyoviy aktivligining ortishining ijobiy tomonlari ham bor. Ba'zi xromosoma aberrasiyalari va mutasiyalar konkret sharoitda ijobiy bo'lishi yoki kichik zararli o'zgarishlarga javoban ro'y beruvchi jarayonlar foydali bo'lishi mumkin.

Tabiiy radiativ fon muhitning radiativligiga bog'liq. Uning hisobiga yil davomida odam organizmi oladigan doza 0,002-0,008 Gr ni tashkil qiladi va u hayot uchun zaruriy hisoblanadi. O'z vaqtida M. Kyuri «radiativ muhit yashash uchun zaruriydir» deb ta'kidlagan edi.

Yerda hayotning kelib chiqishi haqidagi hozirgi zamon nazariyasida anorganik moddalardan organik moddalar, ulardan makromolekulalar, shu hisobdan oqsillar hosil bo'lishi radiasiyaning ta'siri tufayli ro'y bergan deb hisoblandi. Bu jarayonlar ionlashgan atom va molekulalarning odatdan tashqari kimyoviy bog'lanishlari natijasidir. Hozirgi paytda radiativ fon turlicha bo'lgan regionlarda yashovchi xalqlarning kasallanishi, ular umrining uzoqligi ustida olib borilgan kuzatuvlar radiativ fon yuqori bo'lgan geografik zonalarda- Alp, Tibet, Himoloy tog'larida yashovchilarda kasallanish kamroq, odamlarning umri uzoqligi aniqlangan. Hozirga qadar, radiativ fondan yuqori doza odam uchun zararli deb hisoblanar edi, (ko'pchilik mutaxassislar hozir ham shunday deb hisoblaydi). Ammo ish faoliyatida, kasbi bo'yicha uzoq yillar davomida nur oluvchi odamlar va yadro halokatlaridan so'ng (Chernobil AES-ning avariyasi, Uralda Kishtim shahri yaqinida yadro portlashdan keyin va Techa daryosi havzasida) yuzaga kelgan radiativlik yuqori bo'lgan regionlar va boshqa mamlakatlardagi xuddi shunday hududlarda yashovchilarni ustidan kuzatuvlar, uzoq vaqt davomida kichik dozalarda ( $>0,1$  gr / 1yil) nurlanishning zararli ta'sirini ko'rsatmadi.

Nurning hujayra, to'qimalar va organizmga zararli ta'siri yuzaga chiqadigan eng kichik doza - ostona dozasi hozirgacha aniqlangan emas. Yutilgan doza 1 gr/yil bo'lganda kichik salbiy effektlar yuzaga kelishi mumkin. Qisqa vaqt ichida nurlashda hatto 0,3-0,5 gr doza nurga ta'sirchan hujayralarda dastlabki o'zgarishlar chaqirishi ko'pdan buyon ma'lum.

NBening nur turiga bog'liqligini biz yuqorida ko'rib chiqqan edik. Turli xil nurlar o'z yo'lida turlicha zichlikka ega ionlashish chaqirgani tufayli ularning hujayraga ta'sir darajasi ham turlicha. Alfa - nurlar, protonlar, deyttronlar,  $\pi$ -

mezonlar o'tish yo'lining oxirida katta zichlikda ionizasiya chaqiradi va kuchli biologik o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Beta nurlar va kvant tabiatli nurlarning nisbiy biologik effektivligi, alfa nurlarinikidan o'n barobar kuchsiz.

### **9.5 Ionlanuvchi nurlar ta'sir mehanizmi haqida nazariy tasavvurlar.**

Yadro fizikasining va molekulyar biologiyaning rivoji ionlanuvchi nurlar biologiyasidagi tasavvurlarni ham o'zgarib turishiga olib kelmoqda. Bu tasavvurlarga muvofiq radiobiologik jarayonlarning dastlabki, boshlanish zvenolari radiofizik va biofizik jarayonlardir. Ular atomlar ionlanishi, nur energiyasining chiziq bo'ylab yo'qotilishi (LPE), molekulalar ionlanishi, ularning parchalanishi, radikallar hosil bo'lishi, mikromolekulalardagi o'zgarishlar sanoqda, matematik ifodalanadi va matematik qonuniyatlarga bo'ysunadi. Keyinchalik nur ta'siridan yuzaga keluvchi turli-tuman biologik jarayonlarni, matematik ifoda qilib bo'lmaydi va uning qonuniyatlariga bo'ysunmaydi. Ular asosan sifat ko'rsatkichlarida ifodalanadi va bayon qilinadi, masalan: eritema, dermatit, yara nekroz va hokazo. Ionlanuvchi nurlar biologiyasining asosiy paradoksi yutilgan energiya miqdori bilan rivojlangan o'zgarishlarning og'irlik darajasini nomuqobilligi, nur yutilishida hosil bo'luvchi ionlar soni o'ta oz bo'lishiga qaramay kuchli biologik o'zgarishlar kelib chiqishidir. Buning sabablaridan biri, hujayraning tuzilish va funksional jihatdan geterogenligi - bir xil emasligi buning natijasida kvantlar yoki karpuskulalar ta'siridan yuzaga kelgan har bir ionga javob reaksiya turlicha bo'ladi. Nur mo'ljalga tegdi-tegmadi prinsipida yutiladi, deb hisoblanadi. Ingliz fizigi Dessauer gepotezasiga binoan nurning alohida porsiyalari yutilishida mikrolokal qizish ro'y beradi. Uning fikricha, hujayrada hayot uchun ahamiyatli mikrostrukturalarda mo'ljalda ma'lum bir sonli nur porsiyalari yutilgan taqdirda radiobiologik o'zgarishlar kelib chiqadi. Mo'ljalga nurning tegishi ortib borishi, o'zgarishlarning chuqurlik darajasini oshiradi. Bu gipoteza bo'yicha mo'ljalga

bir porsiya nur tushishidan ham o'zgarish kelib chiqishi mumkin. Mo'ljalga tushgan nur porsiyalari ortib borishi bilan unga proporsional ravishda o'zgarishlar ham ortib boradi. Ammo mo'ljalga zarbalar soni ma'lum chegaradan ortishi bilan ta'sir effektivligi geometrik regressiya bo'yicha kechadi.

Radiobiologik effekt ko'p sonli tasodifiy zararlanishlarning yig'indisidir. Tasodifiy effektlar stoxastika (ehtimoliy) effektlar deb ham ataladi. Bir xil dozada nurlangan hujayralarda nur porsiylarini mo'ljalga tegish-tegmasligiga bog'liq holda turli darajada o'zgarishlar kelib chiqadi. Bu o'zgarishlar realizasiyalangan (amalga oshgan) yoki potensial - hali amalga oshmagan, yashirin bo'lishi mumkin. Potensial o'zgarishlar organizmning javob reaksiyasi natijasida tiklanishi, zararli o'zgarish amalga oshmay qolishi, hujayraning tiklanishi mumkin yoki salbiy faktorlar ta'sirida realizasiyalanish zararli o'zgarishlar ro'yobga chiqishi mumkin. Bu salbiy faktorlar biosubstrat nurlanganda hosil bo'luvchi, yuqori reaktivlikka ega mahsulotlar bo'lib, ular hujayralarda potensial zararli o'zgarishlarni realizasiyasiga imkon tug'diradi yoki yangi o'zgarishlar chaqiradi. Bu mahsulotlar radiotoksinlar deb nomlangan.

*Birlamchi radiotoksinlar va zanjir reaksiyalar gepotezasi.* XX asrning 50 yillarida nurlangan hayvonlar jigaridan olingan to'qimalar selavasi sog'lom hayvonlar qonining gemolizini chaqirishi aniqlangan va nurlanishda allaqanday gemolitik faktor hosil bo'ladi degan xulosaga kelingan. Keyinchalik ularning lipidlarga mansub moddalar ekani ma'lum bo'lgach, lipid radiotoksinlar (RT) deb atala boshlagan. RT faqat jigarda emas ingichka ichak, tuxum, buyrak, me'da, qon va boshqa to'qimalarda, o'simliklar va mikroorganizmlarda ham paydo bo'lishi aniqlangan.

Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, RT faqat gemoliz emas, nurlanishga xos boshqa o'zgarishlar ham keltirib chiqarar ekan: hujayralar bo'linishining tormozlanishi, qon ishlab chiqarishning buzilishi, xromosomalarning

zararlanishi va hokazo. Radiotoksinlar chaqiradigan effektlarni e'tiborga olib, ularni bir paytlar «leykotoksinlar» (leykopeniya chaqiradi), gemolitik faktor (gemoliz chaqiradi), tabiatini e'tiborda tutib «lipidli radiotoksinlar» (lipidlarga mansub) boshqa nomlar bilan atalib kelingan. Radiotoksinlar tabiati to'liq o'rganilgan emas. Radiotoksinlarning bir qismi lisitinning parchalanish mahsulotlari, xolin, xinonlar, ortokinonlardan iboratligi aniqlangan.

Radiotoksinlar ikki guruhga - birlamchi va ikkilamchi radiotoksinlarga bo'linadi. Birlamchi radiotoksinlar biosubstratga nurning birlamchi ta'siridan yuzaga keluvchi biosubitrit biologik aktiv moddalardir. Ikkilamchi radiotoksinlar deb nur yutilgandan so'ng biosubstratning oksidlanishlari va birlamchi radiotoksinlar ta'siridan ikkilamchi zararlangan oqsillar, hujayralarning yemirilishidan hosil bo'luvchi zaharli mahsulotlar ko'zda tutiladi. Radiotoksinlar, bevosita nurlanmagan to'qimalar hujayralarida zararli o'zgarishlar chaqira oladi.

Tarusov va Emmanuel tomonidan oldinga surilgan konsepsiyaga binoan, radiotoksinlarning hosil bo'lishida, nur ta'sirining dastlabki jarayonlarida lipidlarda va boshqa moddalarda ro'y beruvchi erkin radikalli oksidlovchi zanjir reaksiyalar muhim ahamiyatga ega. Lipidlar hujayra membranasining tarkibiy qismi bo'lib, ularning zararlanishi tirik hujayra biokimyosining hayot uchun nomuqobil darajaga qadar buzilishiga olib keladi. Nurlashda yuzaga kelgan zanjir reaksiyalar hujayralardagi tabiiy antioksidantlar, birinchi navbatda fosfolipidlarning parchalanishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida lipidlar oksidlanishini kuchaytiradi. Shu nuqtai nazardan qaraganda, radiotoksinlar to'qimalarda odatda mavjud bo'lgan to'yinmagan yog' kislotalarining o'z-o'zidan tezlashib boruvchi oksidlanishini chaqiradi. Buning natijasida hosil bo'lgan radiotoksinlar, boshqa organik makromolekulalar oksidlanishining mediatori rolini o'ynaydi.

Radiotoksinlarning nurlanish patologiyasi rivojlanishidagi potegenetik roli, nurlanishdan keyingi 1 sutka davomida o'tkazilgan detoksikasiyaning



effektivligi isbot qiladi. Bu paytda o'tkazilgan detoksikasion terapiya (gemosorbsiya, gemodializ, gemodelyusiya, diuretiklar) qondagi toksinlar konsentrasiyasining kamayishi, postradiatsion o'zgarishlarini kuchsizlantiradi.

## **9.6 Ionlanuvchi nurlar biologik ta'sirining struktura metabolik gepotezasi.**

Bu gepoteza 1955 yilda akademik A.M. Kuzin tomonidan olg'a surilgan. Bu gepotezaga binoan nurning fizikaviy yutilishidan keyin faqat Radiatsion - kimyoviy jarayonlar rivojlanib qolmasdan, bu jarayonlarni kuchaytiruvchi biokimyoviy mexanizmlar ishga tushishi natijasida, qo'shimcha ravishda, reaktivligi yuqori mahsulotlar hosil bo'ladi. Bu mahsulotlar biologik ahamiyatli makromolekulalarning yemirilishga olib keladi, ulardan kichik molekulali toksik metabolitlar hosil bo'ladi.

Bu gipotezada postradiatsion effektlar kelib chiqishida hal qiluvchi ahamiyat, faqat yadro makromolekulalarining zararlanishiga berilib qolmasdan, sitoplazmatik strukturalarning buzilishi, ularga xos bo'lgan normal tartibli jarayonlarning o'zgarishiga ham alohida o'rin beriladi.

Hujayrada aniq tartibli biokimyoviy jarayonlar zanjirini bir necha bo'g'inda buzilishi, bu buzilishlarni oksidlovchilar ta'sirida kuchaytirilishi, membranalar zararlanishi, fermentativ o'zgarishlar, biokimyoviy jarayonlarni boshqarishning buzilishlari og'ir asoratlarga olib keladi.

Birlamchi radiotoksinlar ishtirokida ro'y beruvchi postradiatsion o'zgarishlarni quyidagicha tasavvur qilinadi.

1. Radiasiyaning suv, oqsil, liponuklopproteidlar va hujayraning boshqa moddalarida yutilishi. Ionlar, aktiv radikallar, hosil bo'lishi molekulalarda qo'zg'alish holati yuzaga kelishi.

2. Birlamchi radiatsion- kimyoviy reaksiyalar yuzaga kelishi (kislorod ishtirokida) perioksidlar va erkin radikalli semixinonlar hosil bo'lishi.

3. Birlamchi radiatsion kimyoviy jarayonlarning fermentativ oksidlanish reaksiyalar aktivlanishi bilan birgalashishi.

4. Fermentativ oksidlanish reaksiyalarining aktivlanishi va buzilishi. Buning natijasida kimyoviy va biologik aktiv moddalar miqdorining ortishi. Erkin radikalli semixononlar, xinonlar to'yinmagan yog' kislotalarining perioksidlari va boshqa biologik aktiv moddalar hosil bo'lishi. Bu moddalar DNK va DNP, hujayra ichki membranalariga ta'sir ko'rsata oladigan radiotoksinlardan iborat.

5. Radiotoksinlarning xromosomalarga diffuziyasi, DNK-ga kimyoviy ta'siri – sitogenetik effekt. Ta'sir darajasi – radiotoksinlarning hujayra yadrosida yoki undan tashqarida hosil bo'lishi, boshqa moddalar bilan bog'lanish-bog'lanmasligi, hujayra membranalarining o'tuvchanligi, DNKning oqsillar bilan muhofazalanishi, hujayra siklining fazasi va boshqalarga bog'liq.

6. Birlamchi radiotoksinlarning membranalariga diffuziyasi unga ta'siri va membrana xususiyatlarining o'zgartirishi. Buning natijasida lizasomalardan erituvchi (lizislovchi) fermentlar (DNK-aza, RNK-aza, proteazalar va boshqalar) yoki mitoxondriyalar membranasi zararlaniishi tufayli oksidlanuvchi fosforlanish reaksiyalarining buzilishi.

7. DNK- strukturasida genetik informatsiya yo'qotilishi, informatsiya uzatilishining buzilishi, hujayra ichki membranalarining o'tuvchanligi va fermentlar aktivligining o'zgarishi.

8. Ikkilamchi jarayonlar natijasida postradiatsion effektlarning ro'yobga chiqishi.

Biz nurlanish patologiyasi rivojlanishining birlamchi toksinlar gipotezasi ustida batafsil to'xtalib o'tirmadik, chunki u yuqorida keltirilgan A.M. Kuzinning struktura-metabolik nazariyasiga ko'p jihatdan o'xshash va ikkala nazariyada ham postradiatsion o'zgarishlar rivojlanishidan asosiy patoginetik rol radiotoksinlarga berilgan.

1. Radiomodifikasiya haqida tushuncha.
2. Radiomodifikasiyalovchi effekttni baholash.
3. Postradiatsion o'zgarishlarda kislorod effekti.
4. Ionlovchi nurlarning nisbiy biologik effektivligi.
5. Chizikda energiya yo'qotish va nisbiy biologik effektivlik.
6. Radiatsion effektlarni nurlash shart - sharoitlari va boshqa faktorlarga bog'liqligi.
7. Ionlovchi nurlar ta'sir mexanizmida Dessauerning mishen gepotezasi.
8. Ionlanuvchi nurlar biologiyasida stoxostik effektlar.
9. Tarusov va Emmanuelning birlamchi radiotoksinlar va zanjir reaksiyalar gepotezasi.

## **10. ORGANIZMLAR RADIOSEZGIRLIGI. KRITIK SISTEMALAR VA RADIATION SINDROMLAR.**

*Tayanch iboralar:* organizm radiosezgirliги, kritik organlar; kritik sistemalar gemopoetik, intestinal, serebral, hujayralar puli, stvolovoy hujayralar, gemopoez, miyelopoez, postradiatsion sindromlar.

### **10.1 Organizmlar radiosezgirliги, kritik sistemalar.**

Oldingi ma'ruzalar ionlanuvchi nurlar biologiyasining fundamental asoslari molekulyar va hujayra ionlanuvchi nurlar biologiyasiga bag'ishlangan edi, bundan keyingi ma'ruzalar hayvonlar (odam) organizmining ionlanuvchi nurlar biologiyasiga bag'ishlanadi.

Butun organizm nurlanishda kuzatiluvchi reaksiyalar quyidagi faktorlarga bog'liq:

1. Bevosita nurlangan to'qimalar, organlar va ular tizimlarining nurga ta'sirchanliги.
2. Yutilgan dozaning kattaligi hamda uning vaqt va makonda taqsimlanishi.

Organizmدا ro'y beruvchi postradiatsion effektlarni hujayralar o'zgarishlarining oddiy yig'indisi deb bo'lmaydi. Chunki to'qimada hujayralar faoliyati o'zaro munosabatlar va muhit bilan bog'liq. Alohida hujayralarning mitotik aktivliги, differensiasiya darajasi, metabolizmi va boshqa fiziologik ko'rsatkichlari «qo'shni» hujayralarga va organizmga ta'sir ko'rsatadi. Organizmdagi barcha jarayonlar o'zaro bog'liq va ular nerv, endokrin va boshqa gumoral faktorlar yordamida boshqariladi. Shu sababdan organizmdan ajratilgan hujayralarga *in vitro* sharoitida nurning ta'siri ancha kuchsiz. Shu hujayra yoki to'qima organizm tarkibida (*in vivo*) nurlansa nurning ta'sir kuchi ortadi. Ayni vaqtda organizm tarkibida turli radiosezgirlikka ega to'qimalar hujayralari in

vitro sharoitida nurlansa ular bir xil radiosezgirlik namoyon qiladi, shu bilan birga gistologik tuzilishi bir turdagi hujayralar organizmda har xil sharoitda turlicha ta'sirchanlikka ega. Masalan, eritroblastlar qayerda bo'lishiga qarab (taloqda yoki suyak ko'migida) turlicha radiosezgirlikka ega. Turli organ yoki to'qimaga payvandlangan bir xil gistologik tuzilishga ega eksperimental o'smalar har xil radiosezgirlikka ega. Yoki yana bir misol, birlamchi o'sma va uning boshqa organlardagi metastazlarining radiosezgirliigi turlicha. Demak, hujayralar radiosezgirliigi uning o'z sitokenetik ko'rsatkichlardan tashqari organizmdagi muhitga ham bog'liq va muhit o'zgarishi bilan nurga ta'sirchanlik ham o'zgarib turadi.

Postradiatsion o'zgarishlar turlicha bo'lishi mumkin, asosan mahalliy yoki umumiy bo'ladi. Nurlash ketidan bevosita ro'y beruvchi yoki ma'lum muddatdan so'ng kech yuzaga keluvchi, hamda organizm uchun ahamiyatiga qarab foydali yoki zararli bo'lishi mumkin. Bu radiasiyaning dozasi, uning organizmda vaqt va makon birliklarida qanday taqsimlanishiga bog'liq.

Ionlanuvchi nurlar, organizmda bir me'yorda tarqalgan taqdirda ham turli organ va to'qimalarda yuzaga keluvchi o'zgarishlarning chuqurligi va ularning ahamiyati bir xil bo'lmaydi.

Muayyan bir doza nur ta'sirida birinchilar qatorida safdan chiquvchi, organizmni o'limga olib keluvchi, hayot uchun ahamiyatli organ va tizimlar kritik organlar deb ataladi.

Turli dozalarda, kritik organ va sistemalar farq qiladi va shunga binoan radiatsion patologiyaning simptomlari ham boshqacha, ya'ni turli klinik sindromlar (simptomlar majmuasi) namoyon bo'ladi. Jumladan, hayvonlarning (kalamushlar) tanasi bir me'yorda, ortib boruvchi dozada umumiy nurlanganda, dastlab doza 0,1-3,0 Gr-ga qadar ortib borishi organizmda hech qanday o'zgarish namoyon etmaydi, 4-10 Gr. dozalarda qon ishlab chiqarishning zararlanish sindromi (limfopeniya, neytropeniya, retikulopeniya, eritropeniya, trombopeniya) yuzaga keladi va o'tkir nurlanish kasalligining yengil (4-5 Gr.),

urta (6-7 Gr.), og'ir (8-9 Gr.) va o'ta og'ir formasi (10-11 Gr.) yuzaga keladi. Katta dozalarda nurlangan hayvonlar 9-15 kunlar orasida qon ishlab chiqarishning chuqur buzilishi sharoitida o'ladi. Demak, kalamushlarning butun tanasi shu dozalarda nurlanganda kritik sistema - qon ishlab chiqarish sistemasi-kritik organlar: suyak ko'migi, taloq, limfa bezlar hisoblanadi.

Nurlash dozasi 12-13 Gr-ga yetkazilganda 3-5 kunlarda birdan ich ketish boshlanadi va hayvonlar o'la boshlaydi. Demak, bu dozalar ta'sir etgan taqdirda kritik sistema ichaklar bo'lib, asosiy klinik sindrom ich ketishdan iborat. Agar nur dozasi 20-30 Gr. va undan ortiq bo'lsa serebral sindrom yuzaga keladi. Nurlangan hayvonlar dastlabki 1-2 kun ichida yoki juda katta doza ta'sir etgan taqdirda nurlanish jarayonida o'ladilar. Bunday katta dozalar ta'sir etganda kritik sistema - markaziy nerv sistemasi bo'ladi.

## **10.2 Kritik sistemalar va radatsion sindromlar.**

Kritik sistemalarning safdan chiqishi tufayli postradiatsion o'limning ma'lum muddatlari mavjudligi boshqa hayvonlarda ham kuzatiladi, ularda faqat kritik sistemalarni zararlovchi dozaning kattaligi va o'lim muddatlari farq qiladi. M: odamlarda gemopoezni zararlanishi tufayli o'lim 4-6 gr dozada umumiy nurlanishdan so'ng 32-42 sutka davomida ro'y beradi, ichaklar zararlanishi tufayli o'lim 12-30 gr dozadan 7-9 kunlari, undan ham katta dozalar ta'sirida markaziy nerv sistemasining zararlanishi tufayli o'lim dastlabki 2 kun ichida ro'y beradi. Nur ta'sirida o'limning hayot uchun ahamiyatli sistemalarni zararlanish natijasi ekanini, alohida kritik sistemalarni ekran vositasida to'sib nurlash va qon ishlab chiqaruvchi to'qimalar (suyak ko'migini) transplantasiyasi qo'llangan eksperimentlar isbot qilishi mumkin.

Agar sichqon yoki kalamushlarni nurlash paytida, suyak ko'migining faol qismini qo'rg'oshin plastinka bilan to'silsa (ekranlansa) yoki sichqonlar tanasi taloqni tashqariga chiqarib nurlansa yoki nurlanishdan so'ng, nurlanmagan

hayvonlar suyak ko'migi ko'chirib o'tkazilsa, ya'ni transplantasiya qilinsa, qon ishlab chiqarish kritik sistemasini zararlanishidan yuzaga keluvchi o'limning oldini olish yoki uni juda kamaytirish mumkin. Bu eksperimentlar, shu diapazondagi doza ta'siridan o'lim, nur ta'sirida qon ishlab chiqarish sistemasi zararlanishining natijasi ekanini isbot qiladi.

Xuddi shuningdek, sichqonlarni ichaklar o'limi chaqiradigan dozada umumiy nurlash yoki tashqariga chiqarilgan ichaklarni alohida o'zini ichak o'limi chaqiruvchi dozada nurlash, bir xil muddatlarda (3-5 kun) ularni ich ketish sindromidan o'lishiga sabab bo'ladi.

Sichqonlar boshini alohida 150 gr dozada nurlash, birinchi sutka va soatlarda markaziy nerv sistemasining zararlanishiga xos bo'lgan belgilar kuzatilgan holda talvasali o'limga olib keladi.

Nurlanishda alohida postradiatsion sindromlar yuzaga kelishi, kritik sistemalarda hujayralar populyasiyasining kinetikasiga, ya'ni hujayralarining yangilanish tezligiga bog'liq. Gemopoezning postradiatsion zararlanishi (tormozlanish) va ichak sindromining yuzaga kelishi, shu kritik sistemalarda hujayralar tez almashinishi va ularda ommaviy interfaza o'limi tufaylidir. Kritik sistemalar patologiyalari sindromlarini yuzaga kelish vaqti hujayralarning yangilanish muddatiga teng. Postradiatsion interfaza o'limidan so'ng ma'lum vaqt o'tgach kritik sistemalarda hujayralar defisiti ro'y beradi va shu hujayralar bajarayotgan funksiyaning defekti va shunga mos simptomlar yuzaga keladi.

*Qon ishlab chiqarish (granulositopoez)ning hujayra yangilanishi modeli.* Normal sharoitda hujayra yangilanishining turli pullarining son va sifat tarkibi dinamik tenglikda bo'lib, har bir o'lgan hujayra o'rniga uni almashtiruvchi, yangi hujayra yetilib - tayyor bo'lishini ta'min etadi.

Nurlanishda, hujayra yangilanish pullarining o'zaro nisbati buziladi, chuqur funksional o'zgarishlar kelib chiqadi. Uning mexanizmini tushunish uchun hujayralarning nur ta'siriga javob reaksiyasi eslash kifoya. Hujayralarning har qanday yangilanish sistemasida bu reaksiyalar quyidagilardan iborat:

1. Hamma hujayralar bo‘linishining vaqtincha to‘xtatishi - Radiatsion blok (hujayra tirik qolish-qolmasidan qat’iy nazar).
2. Yetukligi past, bo‘linuvchi hujayralarning o‘limi.
3. Hujayralar yetilish tezligining o‘zgarishi va aksariyat yetuk hujayralar umrini o‘zgarmasdan qolishi.

Dastlabki uch pul, nurlashdan keyingi birinchi soatlar va kunlar ichida qirilib ketadi (opustoshayetsya) yoki siyraklashadi. Yetuk, faoliyatli hujayralar soni kamayadi. Buning sababi hujayralar tabiiy o‘limi, nurdan zararlangan oldingi pullar tomonidan kompensasiya bo‘lmasligidir. Hujayralar defisiti yuzaga kelguncha o‘tadigan vaqt hujayra yangilanishining boshlanishidan to funksional pul yuzaga kelguncha ketadigan vaqtga teng.

Bu buzilishlarning chuqurligi, davomiyligi muayyan yangilanuvchi sistemaning sitokinetik xarakteristikasiga bog‘liq.

Suyak ko‘migida hujayralarning o‘limi nurlash tugagan zahoti boshlanib, borgan sari ularning soni kamayib boradi. Hujayralar soni minimumga tushgach, regenerasiya boshlanadi. Qon morfologik tarkibining postradiatsion o‘zgarishlari - yetuk hujayralar umrining uzoqligi yoki ularning safdan chiqish tezligiga bog‘liq. Jumladan, periferik qonda sirkulyasiyadagi eritrositlar umri o‘rta hisobda 100 kun. Agar nurlanishdan so‘ng eritropoez butunlay to‘xtasa, eritrositlarning periferik qondagi miqdori bir kecha - kunduzda o‘rta hisobda 1% kamayib boradi. Aksariyat leykositlarining periferik qondagi to‘liq almashinish davri eritrositlarga nisbatan kichik, klonogen leykositopoez hujayralar pulida proliferativ jarayon tez kechadi, shu sababdan leykositlar soni nurlanishdan so‘ng tez kamaya boshlaydi va 5-8 kunlarda minimumga yetadi (sichqonlarda 4-6 kunlari). Leykositlar orasida eng nurga sezuvchan pul limfositlar qatori hisoblanadi.

Limfositlar puli sistemasi nur ta’siriga o‘ta sezgir. Shu sababdan hatto kichik dozalar ta’sirida nurlashdan keyingi soatlardayoq limfositlarning periferik qonda limfa tugunlar, taloq, timusdagi miqdori keskin kamayadi. Buning asosiy



sababi, nur ta'sirida limfositopoezning dastlabki pullarida radiosezgir hujayralarining interfaza o'limidir.

Nurlashdan keyingi dastlabki soatlarda suyak ko'migida hujayralar soni halokatli ravishda kamayadi. Buning asosiy sababi hujayralar bo'linishining to'xtashi, ko'mik blast hujayralarining interfaza o'limi. Keyinchalik o'lgan hujayralarning o'rnini bosish uchun suyak ko'migidan hali to'liq yetilmagan yosh hujayralar chiqarila boshlaydi, shu sababdan nurlanish kasalligida periferik qonda yosh hujayralar paydo bo'ladi, dastlabki davrda va tiklanish davrida retikulasitlar soni ortadi, yetilmagan leykositlar - miyelositlar, metamiyelositlar paydo bo'ladi.

Suyak ko'migida yutilgan nur dozasi va o'lgan hujayralar soni o'rtasida bog'lanish bor. Shunga asosan suyak ko'migining belgilangan hajmida saqlangan hujayralar soni, nurlanishdan keyingi ma'lum muddatlarda kasallikning og'irlik darajasini ko'rsatgichi sifatida qo'llanishi mumkin.

Xuddi shu tariqa periferik qondagi limfositlar, leykositlar soni, ularning kamayish darajasi hayvonlar talog'i, timus, limfa tugunlari, moyakchalari kabi radiosezgir organlar massasi ham nurlanish patologiyasi og'irlik darajasining ko'rsatkichi bo'lishi mumkin.

Qon ishlab chiqarish organlarida hujayralar bo'linishi buzilishini periferik qonda aks etishni granulositlar miqdorini o'zgarishi misolida ko'rish mumkin. Granulositlar o'zgarishining egri chizig'ida uch fazani tafovutlash mumkin:

1. Degenerasiya fazasi 2-3 gr nur ta'siridanoq yaqqol namoyon bo'ladi. Bu fazada granulositlar soni keskin kamaya boshlaydi.
2. Granulositlar sonining abortiv ko'tarilishi va undan keyin yanada kamayishi.
3. Tiklanish fazasi.

Nurlangan chuchqalar periferik qonida neytrofillar sonining o'zgarishi, degenerativ fazada granulositlarning kamayishi, suyak ko'migida hujayralar bo'linishining butunlay to'xtashi va ularni periferik qonga tushmayotgani, ayni

vaqtda qondagi granulositlarning normal eliminasiyasi tufayli ro'y beradi (15-rasm). Neytrofillar sonining abortiv ko'tarilish sabablari to'liq ma'lum emas.



15-rasm. Nur kasalligibilan og'rigan bemor.

Asos hujayralarning turlicha zararlanishi, ularning ba'zilar proliferasiya imkoniyatini to'liq yoki qisman saqlagani tufayli, ma'lum vaqt davomida bo'linishni davom ettirib, hujayralar sonining ortishiga olib kelishi mumkin deb hisoblanadi. Xullas, abortiv ko'tarilish proliferativ imkoniyati qisman saqlangan hujayralar hisobiga ro'y beradi. Abortiv ko'tarilishni ta'min etgan bu hujayralar puli tugallangandan so'ng shakliy elementlar soni yana kamayadi. Yakuniy tiklash, proliferativ imkoniyati saqlangan hujayralarning bo'linishi hisobiga ro'y beradi. Oz miqdorda tirik saqlangan stvolovoy hujayralar bir vaqtda o'ziga o'xshash hujayralar populyasiyasini tiklash shu bilan birga differensiasialanuvchi suyak ko'migi hujayralarini yetkazib berishi lozim. Bunday sharoitda stvolovoy hujayralar qonga yetarli miqdorda yetuk hujayralarni o'z vaqtida yetkazib bera olmaydi. Faqat ko'mikdagi stvolovoy hujayralar miqdori ma'lum darajaga yetgandagina yetiluvchi hujayralar populyasiyasi ortadi va qonga yetarli miqdorda yetuk hujayralar tusha boshlaydi.

Yetuk hujayralarning qonga tushishi va tiklanish dastlab sekin orta boshlaydi, keyin normal tezlikka yetadi.

### **10.3 Ovqat hazmi (me'da-ichaklar) yo'lida postradiatsion o'zgarishlar.**

Nurlanishda kuzatiluvchi me'da-ichak sindromini tahlil qilinganda, sut emizuvchilarda eng ahamiyatli o'zgarishlar, ingichka ichakda ro'y berishi ko'zga tashlanadi. Bu o'zgarishlarning mohiyati, ichak popuklari (vorsinkalari) va kriptlarini qoplovchi hujayralardan to'liq mahrum bo'lishlari, hammasining o'lishidan iborat. Bu o'zgarishlar suyak iligidagi o'zgarishlarga o'xshash, ammo bu jarayon ingichka ichakda va kattaroq dozalarda yuz beradi. Buning sababi ichak kriptlari stvolovoy hujayralari nurga chidamliroq epiteliy pullari yetuk holatga tezrok yetadi. Masalan, sichqonlar ichagining turli qismlarida kriptlar epiteliysining stvolovoy hujayra pulini to'liq yetuklikkga yetish vaqti 42-55 soatni tashkil qiladi. Ichak stvolovoy hujayralari nisbatan radiorezistent ( $D_0 - 4-6$  gr) ko'mikning shu turga mansub hujayralari esa nurga ta'sirchanrok ( $D_0 - 1$  gr).

Bundan tashqari ichak epiteliyasining postradiatsion o'zgarishlarida interfaza o'limining salmog'i katta, buning natijasida ichak epiteliysining butunlay qirilib ketishi, nurlashdan keyingi 1-2 kunda amalga oshadi, 3-8,5 kunlar ichida hujayralar kloni ko'rsatgichi nolga tushadi, ya'ni ichak yuzasi epiteliydan mutloq mahrum bo'ladi va hayvonlarda shu muddatlarda ich ketish boshlanadi va ular o'la boshlaydilar (16-rasm). Ionlanuvchi nurlar biologiyasida Rayevskiy effekti deb nom olgan hodisa mavjud. Kalamushlar tanasi 13-15 Gr. dozada qisqa muddat ichida umumiy nurlansa 4-sutkada hamma hayvonlarda birdan ich ketish paydo bo'ladi va ularning ko'pchiligi 1-2 kun ichida o'ladi.



16-rasm. Nur kasalligi, anoftalmiya

Tirik qolgan kamdan-kam hayvonda tez orada epiteliyning regenerasiyasi boshlanadi va u 5 kun ichida to'liq tiklanib bo'ladi. Ichaklar epiteliyasining tez regenerasiyasi ular stvolovoy hujayralarining nisbatan radiorezistentligi bilan bog'liq. Me'da-ichak sindromi chaqiruvchi dozalarda deyarli hamma hayvonlarning o'lib ketishining sabablari bir tomondan bunday katta dozada qon ishlab chiqarish sistemasining chuqurroq zararlanishi bo'lsa, ikkinchi tomondan ichaklar yuzasining yalang'ochlanib qolishi tufayli uning mikroblarga to'siq funksiyasining buzilishidir. Organizmda bakterimiya rivojlanadi. Buning isboti - agar eksperiment steril sharoitda o'tkazilsa yoki antibakterial terapiya o'tkazilsa hayvonlar 3-4 kun kechroq o'ladi. Me'da-ichak sindromida hayvonlarni tez o'limga olib keluvchi yana bir sabab, organizmda suv-elektrolit balansining buzilishi va qon tomirlar devorining o'tkazuvchanligining ortishi tufayli ichaklarda yuzaga keluvchi qon oqishlardir.

#### **10.4 Nur ta'siridan kelib chiquvchi patologiyalar.**

Ionlovchi radiasiya ta'sirida quyidagi radiatsion effektlar yuzaga kelishi mumkin.

1. O'tkir nurlanish kasalligi - butun tana yoki uning katta qismlari (bosh, ko'krak, qorin, chanoq), katta dozada, bir marta qisqa muddat ichida nurlanishidan kelib chiqadi. M: yadro portlashida tashqaridan gamma va neytron nurlash yoki nurning turidan qat'iy nazar tana ichiga tushgan radiaktiv moddalar nuri bilan umumiy nurlanish.

2. Surunkali nurlanish kasalligi - uzoq vaqt davomida nisbatan kichik dozada uzluksiz yoki qayta-qayta tananing katta bo'laklarining nurlanishidan yuzaga keladi.

3. Nurlanishning mahalliy jarohatlari - cheklangan sohaning to'qimalar tolerantligi (chidamliligi)dan ortiq dozada bir yoki ko'p marta nurlanish natijasi (M: teri kuyishi, nekrozlar). Bu jarohatlar paydo bo'lish vaqtiga qarab ikki xil, erta yuzaga keluvchi (ranniy) - bevosita nurlash ketidan paydo bo'ladi, kechki - nurlashdan 3 oy va undan ko'p vaqt o'tgach yuzaga keladi.

4. To'qimalarning mahalliy reaksiyalari - to'qimalar tolerantligi chegarasiga yaqin dozalar ta'siridan rivojlanadi (eritema, radiodermatit, epiteleit).

5. Degenerativ va distrofik o'zgarishlar - uzoq vaqt davomida kichik dozalarning mahalliy ta'siridan yoki o'suvchi to'qimalarga tolerantlik darajasidan kichik doza ta'sirida ko'p oylar, yillardan keyin yuzaga keladi (suyak, mushak, teri atrofi, tirnoqlar dastrofiyasi, epilyasiya - soch to'kilishi, keratozlar- teri distrofiyasi).

6. Somatik hujayralar mutasiyasi natijasida o'smalar kelib chiqishi; genetik hujayralarda xromosoma aberrasiyalari natijasida - genetik o'zgarishlar; embrional hujayralar xromosom abberasiyalari tufayli-majruhlilik, rivojlanish anomaliyalari kelib chiqishi. Bu asoratlarni keltirib chiqaruvchi dozaning pastki chegarasi aniqlanmagan. Ular kichik dozalar, hatto alohida kvantlar ta'siridan ham kelib chiqishi mumkin.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Organizm nurlanishida yuzaga keluvchi reaksiyalarni belgilovchi faktorlar.
2. Kritik organ va sistemalar, postradiatsion reaksiyalar.
3. Hujayralar yangilanish modelini miyelopoez misolida ko‘rinishi.
4. Nurlanishda hujayra yangilanishining buzilishi.
5. Hujayra yangilanishining postradiatsion buzilishini gemapoez misolida ko‘rinishi (gemopoetik sindrom).
6. Me‘da-ichak postradiatsion sindromi.
7. Serebral sindrom va markaziy nerv sistemasining postradiatsion o‘zgarishlari.
8. Nur ta’siridan kelib chiquvchi patologiyalar.

## 11. TURLI ORGAN VA TO‘QIMALAR RADIOSEZGIRLIGI

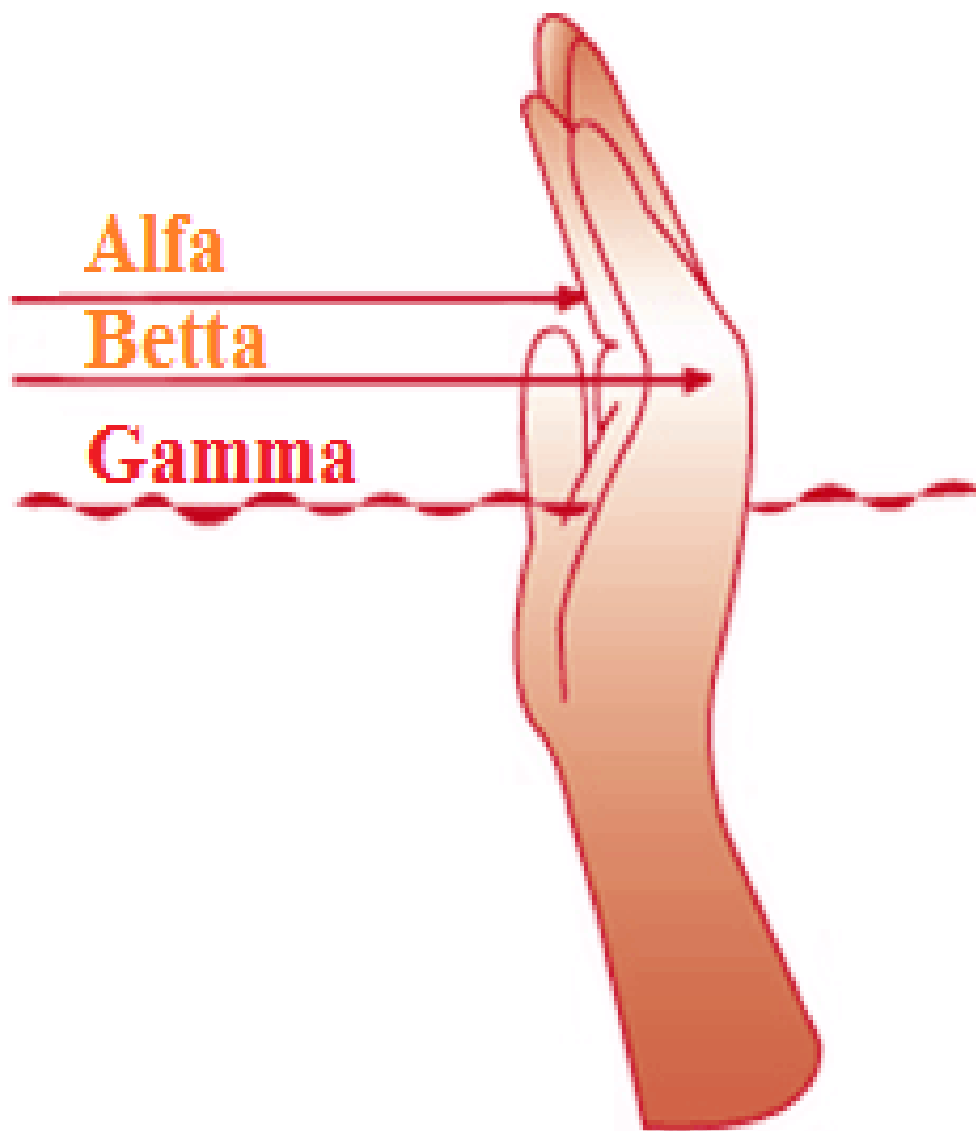
*Tayanch iboralar:* radiosezgirlik, organlar, to‘qimalar, epiteliy, teri, moyakchalar, spermatogoniy, katarakta, me‘da-ichak, qon-tomir, nafas, nerv, endokrin ajratish sistemasi, suyak-mushak paylar, individual radiosezgirlik.

### 11.1 To‘qimalar radiosezgirligi.

To‘qimalarning nurga ta’sirchanligi yoki radiosezgirlik, hujayralar populyasiyasining asosiy ko‘rsatkichlari - asos hujayralar nisbiy kattaligi, sitokinetikasining tezligi, hujayralar proliferasiyasi, yetuk hujayralarning sog‘lom organizmda utilizasiyasining tezligiga bog‘liq. Biz buni yuqorida nurga ta’sirchan kritik sistemalar - suyak ko‘migi va ichaklar epiteliyasi va radiorezistent sistema - markaziy nerv sistemasi (MNS) misolida ko‘rdik.

Bergonye–Tribando qonuniga binoan to‘qimalarning nurga sezuvchanligi hujayralarining proliferasiyasiga to‘g‘ri proporsional, differensiasiya darajasiga teskari proporsional. Ba’zi hollarda to‘qima va hujayralar radiosezgirliги bu qonuniyatga to‘liq mos kelmasada, bu qonun nurga ta’sirchanligini to‘g‘ri tushunishga imkon beradi. Ma’lumki, to‘qima va hujayralar yetukligi bilan uning proliferativ aktivligi o‘rtasida teskari bog‘lanish mavjud. Ya’ni, yetuk bo‘lmagan yosh to‘qimalarda proliferasiya kuchli (M.embrional to‘qima, qon ishlab chiqaruvchi to‘qimalar, yosh biriktiruvchi - granulyasion to‘qima) va aksincha yetuk, yuqori differensiasiyalangan to‘qima hujayralarining bo‘linishi kuchsiz (M.fibrozo - yetuk biriktiruvchi to‘qima, tinch holatdagi yetuk suyak, mushak) to‘qimalar radiorezistentdirlar. Nerv to‘qimasi esa eng yuqori takomillashgan va hujayralari amalda bo‘linmaydi. Bu to‘qima eng radiorezistent. Boshqa har qanday to‘qima hujayralarini yemiruvchi dozalar, nerv hujayralarida morfologik o‘zgarish chaqirmaydi. Har qanday to‘qimada ro‘y beradigan postradiatsion o‘zgarishlarni, hujayralarning proliferativ va

fiziologik aktivligiga bog'liqligini kuzatish mumkin. Fiziologik regenerasiya aktiv bo'lgan to'qimalar (o'suvchi tog'ay, suyak) nurga sezgir va aksincha, normal sharoitda hujayralari kam yangilanuvchi to'qimalar (mushak, o'smaydigan suyak, tog'ay) nurga rezistent (17-rasm).



17-rasm. Tirik to'qimaga nurlarning ta'siri.

*Teri va teriga mansub strukturalar (TMS) radiosezgirliigi.* Teri va TMS, tez yangilanuvchi hujayralar turkumiga kiradi. Shu sababli ular nur ta'siriga sezgir. Chunki teri epidermisining stvolovoy hujayralari nurga ta'sirchan. Ma'lumki,



epiteliy tez ko'payuvchi va turli zararlanishlarni shu hisobda Radiatsion zararlanishlarning ham o'rnini qoplashga qobil. Teri epiteliyasi hujayralarni o'ldiruvchi minimal doza  $D_0 = 5$  Gr. ga teng va u gemopoetik to'qimaga nisbatan ancha chidamli (gemopoetik to'qimada  $D_0 = 0,5$  gr.).

Rentgen nurlarini bir marta, qisqa vaqt ichida berilganda teri ko'tara oladigan maksimal doza 10 gr. atrofida. Undan yuqori dozalar terining quyishi va nekroziga olib keladi. Terida vaqtincha soch tushiruvchi (epilyasiya) dozasi – 4-5 gr., soch piyezchasida tiklanmaydigan o'zgarishlar – doimiy epilyasiya chaqiruvchi doza – 7 gr. (agar nur bir marta va qisqa vaqt ichida berilsa). Bu dozada teri va yog' bezlarining aksariyati zararlanadi, keyinchalik terining quruqligi va atrofiyasi yuzaga keladi.

Ko'z shox pardasi tashqi qatlamida epiteliy hujayralari tez va tinimsiz almashinib turadi va ular nur ta'sirida tez zararlanadi. Ayni vaqtda ichki qatlamda hujayralar bo'linishi amalda kuzatilmaydi va ular radiorezistent. Shox parda tashqi qatlamida chuqur o'zgarishlar chaqiruvchi doza ichki qatlamda o'zgarish chaqirmaydi. Agar ichki qatlamda ma'lum bir nuqta qo'ydirilsa va uning atrofida regenerativ jarayon faollashtirilsa, bu hujayralarda ham radiasiya o'zgarishlari kuzatila boshlaydi.

Nurlashdan ko'p oylar o'tgandan so'ng shox qatlam ichki qismini kuydirilsa ham Radiatsion o'zgarishlar kelib chiqishi kuzatilar ekan. Bu nurning zarari yashirin saqlanishini ko'rsatadi.

*Moyakchalar radiosezgirliigi.* Erkaklar jinsiy bezining nurga yuqori darajada ta'sirchanligi ko'pdan beri ma'lum. 1903 yilda Albers-Shonberg quyon va dengiz cho'chqachasini nurlab sterilizasiya – pushtning krishiga erishish mumkinligini isbot qilganlar. Bergenye-Tribando ham o'z qonuniyatlarini radiasiya ta'sirida moyakda rivojlanuvchi o'zgarishlarga asoslanib yaratganlar. Spermatogen epiteliy juda tez ko'payuvchi hujayralar bo'lib, son-sanoqsiz spermatozoidlar hosil qiladi. Spermatogen stvolovoy hujayralarning bo'linishida bir qism hujayralar ko'payib va yetuklanib borib spermatositlarga aylansa,

ikkinchi qismi yangi asos-spermatogen hujayralar hosil qiladi. Spermatogen epiteliy nurga o'ta sezgir - ularning o'lishi 0,5-1 gr. nur ta'sirida boshlanadi va 2-4 gr. ta'sirida ommaviy qirilish, sterillik kelib chiqadi. Spermatozoidlar yetuk hujayra sifatida nurga chidamli. Hayvonlarda o'tkazilgan eksperimentlarning ko'rsatishicha, yetuk spermatozoidlarni ona hujayrani urug'lantirish qobiliyati 1000 Gr. dozada ham saqlanadi. Nurlanishdan keyin yuzaga keluvchi sterillik ham vaqtincha bo'lib asos hujayralar ma'lum miqdorga qadar ko'paygach spermatogenez tiklanadi.

Nur ta'sirida moyakchalarning zararlanishi ular og'irligining o'zgarishida ham o'z aksini topadi. M: 2,5 Gr. dozada kalamushlar nurlansa, moyakchalarning massasi 60 kun o'tgach 2,2 grammdan 1,3 grammgacha kamayadi. 90 kunda uning massasi 1,7 grammga qadar tiklanadi. Shu vaqt ichida o'sayotgan sog'lom kalamushlar moyakchasining og'irligi 3,3 grammgacha yetadi.

Nurlanishda spermatogen epiteliydagi o'zgarishlar vaqtincha ekani va ularning tiklanishi va spermatozoidlar hosil qilishining isbotini og'ir nur kasallikni boshdan o'tkazgan kimsalardan tirik bola tug'ilishida ko'rish mumkin. Yoki boshqa bir misol: moyakcha raki tufayli bir moyakchasi nurlangan, ikkinchi moyakcha ham 0,5-3 gr. nur olgan bemorlardan keyinchalik bola tug'ilishi. Zanderman shunday moyakchasi nurlangan 56 bemorlarning 15 tasidan 21 tirik bola tug'ilganini kuzatgan. Bemorlarda 14 oy mobaynida aspermiya yoki oligospermiya (spermatozoidlar yo'qligi va kamligi) kuzatilgan, keyin ularning miqdori tiklangan. Aytish kerakki, spermatogen epiteliyga qarshi o'laroq moyaklarning interetiasial hujayralarida fiziologik regenerasiya yo'qligi sababli ular radiorezistent strukturalarga kiradi.

*Ko'rish a'zolarida kuzatiluvchi postradiatsion o'zgarishlar.*

Nurlanishdan ko'zlarda ikki tur o'zgarish yuzaga kelishi mumkin:

1. Yallig'lanish – terida dermatit chaqiruvchi dozalar (3-10gr.) ta'sirida kuz konyuktivasi, oq pardasining qizarishi va shishga olib keladi.

2. Katarakta – ko‘z qorachig‘i tiniqligining yo‘qolishi, loyqalanishi. Katarakta turli hayvonlarda turli doza, (odam ko‘ziga 6 gr) nur ta’siridan kelib chiqadi. Radiatsion kataraktalarining sabablari to‘liq ma’lum emas. Bunga ko‘z qorachig‘i o‘sinh zonasi hujayralarining birlamchi zararlanishi asosiy sabab bo‘lishi mumkin. Uning ozuqalanishining buzilishi ikkinchi darajali deb hisoblanadi. Ko‘z shox pardasining postradiatsion o‘zgarishlarini teriga mansub to‘qimalar radiosezgirliigi bilan o‘xshash.

### **11.2 Ovqat hazimi organlarining radiatsion o‘zgarishlari.**

Ovqat hazimi organlarining radiatsion o‘zgarishlari - ovqat hazmi organlarining differensial radiosezgirliigi, ular hujayralari populyasiyasining kinetikasiga bog‘liq. Eng nurga ta’sirchan ingichka ichak, ayniqsa 12 barmoqli ichak, undan keyin og‘iz, til so‘lak bezlari, qizilo‘ngach, me‘da, yo‘g‘on ichak, me‘da osti bezi. Jigar nisbatan radiorezistent a‘zo. Kalamushlar jigarini bir marta 15 gr. dozada lokal nurlash gepatositlarda hych qanday o‘zgarish chaqirmaydi. Bu hujayralar yetuk hujayralar bo‘lgani sababli nurga chidamli, ammo jigar butun tana bilan birga nurlansa, unda o‘zgarishlar ancha kichik dozalardayek rivojlanadi. 10 gr. dozada umumiy nurlash yoki 15-30 gr. fraksion (bo‘lakli) mahalliy nurlash unda rezeksiyadan keyingi regenerasiyani to‘xtata oladi. Tinch holatdagi jigarda postradiatsion xromosoma o‘zgarishlari 6 oy va undan ortiq saqlanishi mumkin (radiatsion o‘zgarishlarning konservatizmi): 6-10 gr. dozada umumiy nurlanishdan so‘ng radiatsion gepatit rivojlanadi.

### **11.3 Yurak qon - tomir sistemasining radiatsion o‘zgarishlari.**

Yurak qon - tomir sistemasining radiatsion o‘zgarishlari - qon tomirlari uchun fiziologik regenerasiya xos emas, qon tomirlarda nurga eng ta’sirchan ularning kollagenga boy tashqiy qavati. Shu bilan birga hayvonlarni 4-15 gr. dozada nurlash - endoteliy (ichki qavat epiteliysi) hujayralarning bo‘linishi va

yangi qon tomir kapillrlari hosil bo'lishi, revaskulyarizasiyaning pasayishiga olib keladi. Nur ta'sirida endovaskulitlar, trombovaskulitlar, panvaskulitlar (qon - tomirlar yallig'lanishi rivojlanadi).

Bu jarayonlarda qon tomir devorining shishi, qalinlanishi, tomir ichida trombositlar, eritrositlar agregasiyasi (o'zaro yopishishi) va fibrin cho'kishi natijasida qon ivishi – tromb hosil bo'lishi, kichik tomirlarda qon aylanish – mikrogemosirkulyasiyaning buzilishi ro'y beradi. Yallig'langan qon - tomirlar endoteliy hujayralari zararlanishi natijasida dastlab tomir devorining o'tuvchanligi ortadi, keyinchalik devor zichlanishi, sklerozlanib mikrosirkulyasiyaning buzilishi (pasayishi) ro'y beradi. Katta dozalar ta'sirida tomirlar ko'rib, siyraklasha boradi, vaskulyarizasiya buziladi.

Yurak nurga chidamli organ deb hisoblanar edi, chunki mushak hujayralari yetuk hujayra. Ammo keyingi tadqiqotlarda yurakda o'zgarishlar nisbatan katta bo'lmagan dozalarda kelib chiqishini ko'rsatdi. M: 5-10 gr. nur lokal bir marta ta'siridan keyin dastlabki kunlarda funksional o'zgarishlar va uzoq muddatdan keyin miokardiofibroz rivojlanadi. Buning asosida miokard kapillyarlari endoteliositlarining zararlanishi tufayli mikrosirkulyasiyaning buzilishi yetadi. Natijada miokard oziqlanishi buziladi. Zararlangan miositlar o'rnida biriktiruvchi to'qima rivojlanadi. Nur ta'sirida yurakda miokardit va endokardit rivojlanadi. Endokardit tufayli yurak kameralarida qon ivib tromblar paydo bo'lishi mumkin.

#### **11.4 Nafas organlarining nurga sezuvchanligi**

Nafas organlarining nurga sezuvchanligi – bu to'g'rida yagona fikr yo'q. Buning sababi o'pka, bronxlar, o'pkaning qon - tomirlari turli to'qimalarga mansubligi bo'lsa kerak. Bronxlar va traxeya shilliq pardasining epiteliyasi regenerasiyalanuvchi hujayralar sifatida nurga nisbatan sezgir, uning tog'ay

qismi, biriktiruvchi to'qima elementlari mushak tolalari nisbatan radiorezistent. Alveolalar epiteliy hujayralari ham ma'lum darajada sezuvchanlikka ega. O'pkaning katta maydoni 5-10 gr dozada nurlanishi uning yallig'lanishi - pulmonit chaqiradi. Ammo bu paytda qon tomir kapillrlining zararlanishi asosiy rol o'ynaydi. Nur terapiyasidan keyin o'pkada pnevmaskleroz va fibroz rivojlanishi ma'lum. Bu o'zgarishlar 35-50 gr bo'laklab nurlashdan keyin yuzaga keladi.

### **11.5 Bosh miya, periferik nervlar va orqa miya radiosezgirligi.**

Bosh miya, periferik nervlar va orqa miya radiosezgirligi – yuqorida MNS-ning nurga chidamli ekani aytilgan edi. Nur ta'sirida MNS-da ro'y beradigan o'zgarishlarning klinik aksi shu konkret sohaning funksional vazifasi bilan bog'liq. M: bosh miya yarim sharlari, stvol qismi va hid bilish markazlari katta dozada lokal nurlansa (300 Gr) oradan 4-5 kun o'tgach oyoqlar falajlanishi, sezgining yo'qolishi, orentasiya (makonda o'z-o'zini boshqarish)ning buzilishi ro'y beradi. Patomorfologik tekshirishda demiyelinizasiya, miyaning irishi, suyuqlanishi (kollikvasion nekroz), atrofda giperemiya va shish kuzatiladi. Agar nurlanuvchi soha kengaytirilsa o'zgarishlar ertaroq yuzaga keladi va kuchliroq bo'ladi. Bu o'zgarishlar ham aksariyat qon tomirlarda ro'y beruvchi zararlanishlar tufayli rivojlanadi.

Periferik nevrlar yuqori radiorezistentlikka ega. M: o'tirgich nerv 40-100 gr. dozada nurlanishi morfologik o'zgarish chaqirmaydi. Nervning degenerasiyasi 750 gr va undan yuqori dozalarda yuzaga keladi. Ammo aytish kerakki, funksional o'zgarishlar (nervning elektr impulslerini o'tkazishining buzilishi) ancha kichik dozadan kelib chiqadi. Nur dastasi nuqtali, kichik bo'lgan hollarda o'zgarishlar kuchsizroq. Nerv tolasi kattaroq hajmda nurlansa kattaroq o'zgarish yuzaga keladi. Periferik nerv tolalaridagi morfologik o'zgarishlar - miyelin pardaning, neyrofibrinlarining degenerativ o'zgarishlari

sifatida bo'ladi. Periferik nerv tolalari o'zgarishlarining bir qismi qon tomirlaridagi o'zgarishlar tufayli ro'y beradi.

Nervning posttravmatik regenerasiyasining buzilishi ancha kichik dozalar 15-30 gr. ta'siridanoq yuzaga keladi. Orqa miyaning radiatsion o'zgarishlari MNS va periferik nervlar o'zgarishiga o'xshab ketadi. Undagi zararlanishlar va klinik belgilar nurlanayotgan orqa miya hajmi va doza ortishi bilan kuchayib boradi. O'zgarishlar shu soha segmentlari va undan quyida yetgan segmentlaridan tarqagan nerv tomirlari tomonidan boshqariluvchi tana qismlarida neyrotrofik buzilishlar (distrafiya, yaralar) va falajliklar sifatida namoyon bo'ladi.

### **11.6 Endokrin bezlarda radiatsion o'zgarishlar**

Endokrin bez to'qimalari nisbatan radiorezistent, ammo umumiy nurlanishda undagi o'zgarishlar katta bo'lmagan dozalardan kelib chiqishi mumkinligi ma'lum. MNS kabi, bu o'rinda ham o'zgarishlar nurning bezlarga bevosita ta'siridan kelib chiqadimi yoki nurning boshqa organ va to'qimalar, butun organizmga ta'siridan kelib chiquvchi ikkilamchi ta'sir mahsulini aytish qiyin.

Nurlashdan keyin garmonlar balansining buzilishi, ayniqsa tireoid va buyrak usti bezi garmonlari konsentrasiyasining buzilishi, gipotalamo – gipofizar sistemani, shu orqali gipofizaning tireo-, adreno-, gonadotrop garmonlarining sintezi buzilishidan kelib chiqadi. Gipotalamusning funksiyasi miya po'stlog'i tomonidan nazorat qilinadi va boshqariladi. Nurlash keltirib chiqargan miya po'stlog'idagi funksional o'zgarishlar, gipotalamus funksiyasiga ta'sir etadi. Alohida nurlanganda radiorezistent bo'lgan endokrin bezlar, boshqa to'qimalar, ayniqsa butun organizm nurlangan taqdirda ancha kichik dozalar ta'sirida funksional o'zgarishlar namoyon etadi. M: Odamlarda nur kasalligining

og'ir formalarida (4-6 gr.) dastlab tireoid garmonlar ko'p ishlab chiqariladi. Keyinroq tireoidit rivojlanadi, gipotiroz yuzaga keladi.

### **11.7 Ajratish organlarining radiatsion o'zgarishlari.**

Buyruklar stabil organ, shu sababdan buyraklar nurga chidamli. Mahalliy nurlash natijasida buyrak parenximasining morfologik o'zgarishlari o'nlab, hatto yuzlab Grey ta'siridan rivojlanadi. Ammo buyraklarning butun organizm bilan birga nurlanishida organ funksiyasi 5-10 gr. nur ta'siridan o'zgaradi. Buyrak kosachalari jomlari va siydik naylarida fiziologik regenerasiya kuchsiz shu sababdan ular ham nisbatan radiorezistent.

Nur terapiyasi paytida 30-40 gr. atrofida nurlangan buyrakda radiatsion nefrit, keyinchalik nefroskleroz kelib chiqadi. Nurli terapiyada radiatsion piyelonefrit sistit, yaralanishlar yuzaga kelishi mumkin. Suyaklar, mushaklar paylar va biriktiruvchi to'qima radiosezgirliigi normal suyak, tog'aylar va paylar nurga chidamli. Ammo o'sish davrida bolalar va o'spirinlarda, ular nisbatan nurga sezgir. Shuningdek, sinishdan keyin bitayotgan suyaklar ham nurga sezgir. Suyaklarning nurlanishi ularda posttravmatik regenerasiyani sekinlashtiradi. Suyakdagi radiatsion o'zgarishlar o'ta konservativ bo'lib, mahalliy nurlashdan bir necha oylar va yillar o'tgandan so'ng osteonekroz rivojlanishi mumkin.

Mushaklar radiorezistent to'qimalariga kiradi. Eksperimentda 60 gr. nur mushaklarda kuchsiz atrofiya chaqirishi, makroskopik va gistologik o'zgarishlar 500-1000 gr. nur ta'siridan kelib chiqishi kuzatilgan. Ammo so'nggi yillar kuzatuvlari 50 gr. Nur mushaklarda koogulyasion nekroz chaqirishi mumkinligini aniqlagan.

Mushaklarda hujayralar yangilanishi amalda kuzatilmaydi, shu asosda alohida nurlangan mushaklarda radiatsion o'zgarishlarni kuzatish ham amri-

mahol. Ammo mushaklar bilan birga organizmda qon - tomirlari ham nurlanishi va rivojlanishi mushakni o'lish-o'lmasligini qon - tomirlardagi o'zgarishlarga bog'lab qo'yadi. Kemiruvchilar mushaklari posttravmatik regenerasiyaga qobil va bu xususiyatlarni tajribada kuzatish mumkin. M: 15 gr. nur, mushaklarda kesilgan sohada posttravmatik regenerasiyani sekinlashtirishi mumkin. Nur ta'sirida mushak tiklanishining sekinlanishi nurlanishdan qancha vaqt o'tgandan keyin jarohat yetkazilganiga bog'liq emas, nurlashdan 4-5 oygacha vaqt davomida radiatsion jarohatlarining konservatizmi sababli postradiatsion regenerasiyaning sustlanishi saqlanadi. Biriktiruvchi to'qimaning nurga ta'sirchanligi uning hujayralarini yetukligiga bog'liq. Yetuk biriktiruvchi to'qimada hujayralar bo'linishi yo'q hisobi va ular radiorezistent. Ayni vaqtda biriktiruvchi to'qimani 2-5 gr. dozada nurlash unda polisaxaridlar yopishqoqligining o'zgarishi, gialuron kislotaning depolimerizasiyasi, elektr o'tkazuvchanligi oshishiga olib keladi. Demak nurlash oraliq moddada, interstisial to'qimada o'zgarishlar chaqiradi. Yosh biriktiruvchi to'qima, turli xil jarohatlarni bitish davrida rivojlanuvchi granulyasion to'qimaning nurga sezuvchanligi yuqori.

### **11.8 To'qimalar radiosezgirligining nisbiyligi.**

Postradiation effektlarning konservatizmi misolida, stabil holatdagi radiorezistent to'qimalarda sun'iy yo'l bilan regenerasiyani faollashtirib Radiatsion effektlarni yuzaga chiqarish mumkinligi, har qanday nurga chidamli to'qimada Radiatsion ta'sir izsiz o'tmasligini ko'rdik. Bu hodisaning ahamiyati shundan iboratki, tez bo'linuvchan nurga sezgir to'qimalarda radiatsion effektlar tez namoyon bo'ladi, tez tiklanadi va ularda rivojlangan effekt o'limga olib kelsa, bu aksariyat interfaza o'limi hisobiga ro'y beradi.

Yetukligi yuqori, radiorezistent to'qimalarda nurlanishdan yuzaga kelgan effektlar, hujayralar bo'linmagani sababli uzoq vaqt yashirin qoladi. Bu



to'qimalarda interfaza o'limi kuzatilmaydi, xromosomalar o'zgarishlari uzoq vaqt saqlanadi va ular hujayra bo'linishidan so'ng mitotik o'lim tariqasida yuzaga chiqadi. Bu tur o'zgarishlar nurlanishdan ko'p vaqt o'tgandan so'ng rivojlanuvchi asoratlarda namoyon bo'ladi. M: Nur terapiyasidan ko'p oylar, yillar o'tgandan keyin yuzaga keluvchi osteonekrozlar perixondritlar, xondronekrozlar, miyelitlar, buyrak, yurakning zararlanishlari – nefroskleroz, kardiosklerozlar, o'pka fibrozi va sirrozi, rektitlar, sistitlar, natijasida shu organlar devorining nekrozi natijasida ular orasi devorining teshiklari yuzaga keladi. Agar erta yuzaga keluvchi va kech rivojlanuvchi Radiatsion o'zgarishlarni birdek hisobga olsak, turli to'qimalarning nurga ta'sirchanligi bir umumiy ko'rsatkichga yaqinlashadi.

Yuqorida ko'p misollarda to'qimalarning alohida cheklangan sohasining nurlash va butun organ yoki organizm miqyosida nurlashda radiatsion effektlar turlicha ekani kuzatildi. Mahalliy nurlanishlar asosan mahalliy o'zgarishlar chaqiradi, organizm miqyosida umumiy o'zgarishlar kuchsiz bo'ladi. M: Terining cheklangan sohasi 5 gr. dozada nurlansa undan 2 hafta o'tgach eritema rivojlanadi: teri qizaradi, shishadi, og'riq paydo bo'ladi, sochlar tushib ketadi. Bu o'zgarishlar vaqtinchalik, tiklanuvchan. Teridagi eritema giperpigmentasiya - terini oftobda qarayishi kabi o'zgarish bilan tugallanadi va u bir necha oydan so'ng o'tib ketadi. Bemorning umumiy ahvoli o'zgarmaydi jismoniy kuch, qonning biokimyoviy, morfologik ko'rsatkichlari va boshqa organ va sistemalarda hech qanday o'zgarish ro'y bermaydi.

Nurlangan to'qimalar hajmi ortishi bilan, integral doza - ya'ni hamma nurlangan to'qimalarda yutilagan dozaning umumiy miqdori ortadi va umumiy reaksiya ham rivojlana boradi. Agar 5 gr. dozada butun tana nurlansa, odamlarda aksariyat o'limga olib keluvchi nur kasalligi yuzaga keladi. Umumiy nurlashda to'qimalar va organlarda ro'y beruvchi o'zgarishlar ikkilamchi - nerv, gumoral, toksik, endokrin va boshqa integral faktorlar ta'siri tufayli kuchliroq bo'ladi.

Radiatsion o'zgarishlar, dozaning fraksiyalanishi, bo'laklanishiga ham bog'liq, umumiy dozaning bo'laklanishi radiatsion effektning kamayishiga olib keladi. Fraksion nurlash, nurga sezuvchan to'qimalarda olib borilsa, hujayralarida letal o'zgarishlar ro'y berib ularning kirilib ketishi, radiorezistent, yetuk to'qimalarda nurlansa subletal o'zgarishlar ro'y berib ularning tirik qolishiga imkon tug'diradi. Bu hodisadan tibbiyotda xavfli o'smalarni davolashda foydalaniladi.

Sut emizuvchilarda organizmning nurga sezgirliigi, suyak ko'migining nurga ta'sirchanligi bilan bog'liq, chunki tananing nurlashda qon ishlab chiqarishning aplaziyasi o'limga olib keluvchi asosiy faktor hisoblanadi.

Ionlanuvchi nurlar biologiyasida organizmning nurga ta'sirchanligini raqamda ifoda qilish uchun ko'pincha 30 kun ichida ro'y beruvchi o'lim –  $LD_{10/30}$   $LD_{20/30}$   $LD_{50/30}$   $LD_{100/30}$  dan foydalaniladi. Hayvonlarni 50% va 100% o'limga olib keluvchi dozalar -  $LD_{50/30}$   $LD_{100/30}$  ni aniqlash ustida olib borilgan eksperimentlar tirik mavjudot turlarining radiosezgirliigi turlicha ekanini ko'rsatadi va u quyidagi qonuniyatga buysinadi.

Tirik mavjudotning radiosezgirliigi shu turning filogenetik taraqqiyot narvonida tutgan o'rniga bog'liq. Filogeneznining past pog'onalarida turgan sodda mavjudotlar nurga rezistent. Eng sodda tirik mavjudot viruslar bo'lib, ular bir necha o'nlab makromolekulalardan iborat. Viruslarining nur ta'sirida zararlanishi asosan bevosita ta'sir tufayli ro'y beradi. Nur, viruslar tarkib topgan makromolekulalarni M: virus DNK-sini ko'p joydan uzib, uning zanjir bog'lanishini tiklanmaydigan darajaga keltirgan taqdirda o'lim ro'y berish mumkin. Buning uchun bir necha 100000 gr. nur yutilishi lozim. Shu o'rinda viruslarning subletal dozalarda nurlanishi natijasida mutant viruslar hosil bo'lishi mumkinligini aytib o'tish lozim.

Tuzilishi murakkabroq, filogenez pog'onasida virusga nisbatan yuqoriroqda turgan mavjudot - bakteriyalarning nurga ta'sirchanligini ko'raylik. Bu mavjudot nisbatan murakkab tuzilishli. Unda ro'y beruvchi radiatsion

effektlar qisman nurning bevosita ta'siri, qisman vositali ta'sir hisobiga yuzaga keladi. Bakteriyalar strukturalari muhitidagi suv molekulalarining radioliz mahsulotlari, ulardan hosil bo'lgan perioksidlar ikkilamchi ta'siri radiatsion effektni kuchaytiradi.

Nurga eng ta'sirchan biologik tur - sut emizuvchiladir. Sut emizuvchilarda nurning vositali, ikkilamchi ta'sirini oshiruvchi faktorlar ko'p. Oliy hayvonlar hayot faoliyatida nerv, endokrin, turli enzimatik va boshqa gumoral faktorlar ahamiyati yanada ortadi. Bu sistemalarda yuzaga keluvchi o'zgarishlar hayvonlarni, ular orasida odamlarni eng nurga ta'sirchan qiladi.

Biologik tur murakkablashib borishi bilan turli integrasiyalovchi faktorlar, Radiatsion jarayonlarga aralashadi. Natijada nurga ta'sirchanlik ortadi. Albatta har bir turning ichida radiosezgirlik bir xil emas. Masan, *E.Coli* 50 gr. Nur yutilganda, aksariyat kokklar 400-600 gr. dozada o'ladi. Keyingi yillari bundan bir necha o'n marta ortiq dozalarda o'lmaydigan radiorezistent mikrokokklar - micrococcus radiodurans yadro reaktorlarida neytronlarni yutish uchun foydalaniladigan suvda topilgan.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, itlar, cho'chqalar, eshaklar, echkilar, maymunlar va odamlarning nurga ta'sirchanligi eng yuqori (3-jadval). Aytish kerakki, odamlar nurga ta'sirchanligining ko'rsatgichi ( $LD_{50/30}$ ) aniq emas. Odam tanasi, bir tekis umumiy nurlanish sharoitida, nurga ta'sirchanligini yanada yuqoriligini taxmin qilish mumkin.

### 3-jadval

Sut emizuvchilarni 30 kunda 50% o'limga olib keluvchi nur dozalari.

| Hayvon turi      | Nurning turi va energiyasi (KEV) | $LD_{50/30}$<br>Gr. |
|------------------|----------------------------------|---------------------|
| Sichqon          | X – 200                          | - 640               |
| Sichqon (steril) | X – 250                          | - 705               |
| Kalamush         | X – 250                          | - 714               |

|                      |             |          |
|----------------------|-------------|----------|
| Nuyon                | X – 250     | - 750    |
| Dengiz cho‘chqachasi | X – 250     | - 450    |
| Xomyachok            | X – 250     | - 850    |
| Itlar                | X – 250     | - 250    |
| Cho‘chqalar          | X – 1000    | - 250    |
| Eshaklar             | X – 1,1 mev | - 255    |
| Echki                | X – 200     | - 240    |
| Odamlar              | X-nurlar    | - 300(?) |
| Maymunlar            | X-nurlar    | 300      |

### 11.9 Individual radiosezgirlik.

Bir turga, hatto bir liniyaga mansub tana vazni, jinsi, yoshi bir xil hayvonlarning nurga sezuvchanligi bir xil bo‘lmaydi. M: sichqonlar LD<sub>50/30</sub> dozada nurlansa ularning yarmi o‘ladi. Bu individual radiosezgirlik mavjudligini ko‘rsatadi. Bu individni struktura funksional tashkilligi, regenerativ va adaptiv imkoniyatlari, dastlabki ko‘payuvchi reaksiyalarning kechishi, birlamchi Radiatsion zararlanishlarning reparasiyasi, organizmda metabolik va proliferativ jarayonlarning intensivligi va boshqa faqat tirik organizmga xos faktorlarga bog‘liq.

Individual radiosezgirlik quyidagi faktorlarga bog‘liq bo‘lishi mumkin:

1. Yoshga bog‘liq. Yosh bolalar, ma’lum darajada o‘spirinlar va keksalar yetuk kishilarga nisbatan nurga ta’sirchan. Bolalarning nurga ta’sirchanligining sababi yosh organizmda modda almashinuv darajasi, to‘qimalarda o‘sinh -

yangilanishning faolligi baland. Keksalarda, organizmning reparativ regenerasiya, tiklanish qobiliyatining pasayishi sababli radiosezgirlik yuqori.

2. Jinsga bog'liq. Ayollar homiladorlik, emizish (laktasiya) davrida va hayz kirish oldidan nurga ta'sirligi yuqori. Buning sababi, birinchidan, bu davrlarda organizmda garmonal fonning o'zgarishi, modda almashinish, hujayralar funksional aktivligining ortishi, nerv sistemasining o'zgaruvchan (labil) va qo'zg'aluvchanligi. Ikkinchidan, homiladorlik va laktasiya davrida organizmda moddiy resurslarga talabning ortishi natijasida organizmda oqsillar, vitaminlar va boshqa moddalar tanqisligi yuzaga keladi.

3. Odamlarda nurga ta'sirchanlik nerv sistemasining tipiga bog'liq bo'lishi mumkin. Nerv sistemasi qo'zg'aluvchan labil tipga mansub kishilar (xoleriklar, sangviklar) nurga ta'sirchan va aksincha termozlanish ustun bo'lgan tiplar (melanxolik, flegmatiklar) nisbatan kam ta'sirchan. Umuman olganda organizm fiziologik, narkotik, medikamentoz uyqu paytida nurlanishida nur ta'siri kechroq va kuchsizroq rivojlanadi.

4. Nonda va organizmda kislorodning parsial bosimiga bog'liq.  $PO_2$  ortishi nurga ta'sirchanlikni oshiradi. Kislorodning parsial bosimi faktorlarga - atmosfera bosimi va undagi kislorod miqdori hamda ichki faktorlarga - o'pka ventilyasiyasi va gaz almashinishiga bog'liq.

5. Endokrin bezlarining faoliyatiga bog'liq: gipertireoz, ayollarda esterogenlar, erkaklarda androgenlar konsentrasiyasining ortishi, qandli diabet nurga ta'sirchanlikni oshiradi.

6. Organizmni kuchsizlantiruvchi og'ir surunkali kasalliklar mavjudligiga bog'liq. Surunkali yiringli yallig'lanishlar (abseslar, osteomiyelitlar), tuberkulyoz, anemiya, leykopeniya va avitaminozlar, jigar, buyrak va yurakning dekompensasiyalangan kasalliklari organizmni nurga ta'sirchan qiladi.

Umuman, organizmning immunologik, muhofaza qobiliyatlarini pasaytiruvchi har qanday faktor nurga ta'sirchanlikni oshiradi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. To'qimalar radiosezgirligining qonuni.
2. Teri va unga mansub strukturalar va ko'rish a'zolarida kuzatiluvchi postradiatsion o'zgarishlar.
3. Moyakchalar radiosezgirligi, spermatogenezning nurlashdan so'ng buzilishi.
4. Ovqat hazm qilish organlarida postradiatsion o'zgarishlar.

## 12. ODAM VA HAYVONLARNING O‘TKIR VA SURUNKALI NURLANISH KASALLIGI.

*Tayanch iboralar:* o‘tkir, surunkali nur kasalligi, birlamchi reaksiya, yashirin davr, qizg‘in faza (razgar), leykopeniya, limfopeniya, trombopeniya, tiklanish, gemorragiya, asoratlar, transplantasiya, gemoterapiya, funksional terapiya.

### 12.1 Kvant va korpuskulyar nurlarning muhitdan o‘tishi va odam tanasida taqsimlanishi

Ionlanuvchi nurlar deb muhit bilan munosabatga kirishib unda manfiy va musbat zaryadli zarrachalar hosil qiluvchi nurlarga aytiladi. Ionlovchi nurlar tabiati jihatidan ikki guruhga – korpuskulyar va kvant nurlarga bo‘linadi.

Korpuskulyar nurlar – zarrachalar oqimidir. Ular quyidagilar: elektronlar, pozitronlar, p-mezonlar, neytronlar, protonlar, deytronlar, tritonlar, alfa zarrachalar, giperonlar, yangil atomlar (Be, B, Li) yadrolari.

Kvant nurlari – fatonlar oqimi, elektromagnit tebranishlaridir. Ularga quyidagilar kiradi: qisqa to‘lqinli ultrabinafsha, rentgen, gamma; megavoltli tormozlanish nurlari. Radio to‘lqinlari, infraqizil, yorug‘lik va o‘zun to‘lqinli ultrabinafsha nurlar ham kvant nurlariga mansub, ammo muhitni ionlashtirmaydi.

Ionlovchi nurlardan alfa, beta, gamma nurlar radioaktiv moddalarning parchalanishidan hosil bo‘ladi. Qolganlari: aksariyat suniy ravishda hosil qilinadi yoki kosmik nurlar tarkibiga kiradi.

*Radioaktivlik va radioaktiv nurlar xarakteristikasi.* Radioaktivlik – moddalarning o‘z-o‘zidan (tashki ta’sirsiz) nur chiqarish qobiliyatidir. Bu hodisa 1996 yilda Bekkerel tomonidan kashf etilgan. Tabiiy sharoitda uchraydigan bu xususiyatga ega moddalar tabiiy radioaktiv moddalar deb ataladi. Ular D.M. Mendeleev ximiyaviy elementlar davriy jadvalining 84 –92

o'rinlarini egallaydilar ( $Po \rightarrow U$ ). Sun'iy yo'l bilan olingan nurlovchi moddalar sun'iy radioaktiv moddalar deb ataladi. Bu hodisa 1934 yilda F.Jolio-Kyuri va I.Kyurilar tomonidan kashf etilgan. Hozirgi kunda xalq xo'jaligi va tibbiyotda ko'proq sun'iy radioaktiv moddalar, boshqacha aytilishicha radionuklidlar qo'llanadi.

Alfa nurlar – tuzilishi bo'yicha geliy atomining yadrosiga o'xshash, 2 proton va 2 neytrondan tashkil topgan. Massasi - 4 atom massa birligiga teng, zaryadi + 2. Asosan, tabiiy radioaktiv moddalardan tarqaladi. Uchish tezligi 10-25 ming km/sek, uchish uzoqligi - havoda 1-16sm (=10sm), yumshoq to'qimalarda bir necha o'n mikron. Terining muguzlanuvchi epiteliy qatlamidan o'taolmaydi. Radioaktiv moddalardan tarqaluvchi alfa nurlar energiyasi 2 –11 MEV (eslatma: EV nur energiyasining o'lchov birligi. 1 EV elektronning 1 V tok kuchlanishiga ega elektr maydonida olgan energiyasi. 1000 EV=1 KEV, 1000000 EV=1 MEV). Har bir radionuklid uchun alfa nurining energiyasi doimiy, o'zgarishsiz. Tezligi va uchish uzoqligi ularning energiyasiga bog'liq. Alfa nuri muhitdan o'tayotib, atom elektronlariga to'qnash kelib, ularga o'z energiyasining kichik bir qismini beradi. Agar elektronda 35 EV nur yutilsa, u atom chegarasidan chikib ketadi. Bu paytda musbat zaryadli atomar ion va elektrondan iborat bir juft ion hosil bo'ladi. Alfa zarracha o'z energiyasini to'liq sarf qilib bo'lmaguncha muhitdan o'taveradi, u yumshoq to'qimalarda, 1 mkm masafada bir necha un ming juft ion hosil qiladi. Dastlab, uchish yulining boshida ionlar siyrak, oxirida o'ta zich ionizatsiya ustunchasi (ionizatsion kolonka)ni, Bregg cho'qqisini hosil qiladi. Alfa nurlari bevosita ionlovchi nurlarga kiradi.

Beta nurlar – manfiy zaryadli zarrachalar, elektronlar oqimidir ( $m=1/1837$  atom massasi, zaryadi - 1), asosan, sun'iy radioaktiv izotoplardan va tabiiy radioaktiv elementlarning ba'zi parchalanish mahsulotlaridan tarqaladi. Tezligi - 70000 – 297.000 km/sek, uchish uzoqligi – havoda 10 m.- gacha, yumshoq to'qimalarda – 10 mm – gacha (aksariyat 1 –7 mm). Tezligi va uchish uzoqligi



beta nurlarining energiyasiga bog'liq (0,2-2,0 MEV). Muhitni ionlashtirish qobiliyati kuchsiz. To'qimalarda ionlar zichligi - 50 –100 juft/mkm . b-zarachalar muhit atomlarining elektroni ta'sirida o'z yo'nalishini o'zgartib, egri chiziq buylab o'tadi va aniq cheklanmagan nur dastasini hosil qiladi.

Protonlar ( $m=1$ , zaryad  $+1$ ) deytronlar ( $m=2$ , zaryad  $+1$ ) sun'iy ravishda maxsus tezlatgichlarda hosil qilinadi. Muhitni alfa nurlari kabi ionlashtiradi, ammo ularning energiyasi va o'tuvchanligi juda katta. Ular energiyasiga bog'liq xolda to'qimalarda 10 – 15 sm – gacha o'tadi. Bu nurlar o'tishida energiya yutilishining maksimumi o'tish yulining oxirida ro'y beradi (Bregg cho'qqisi).

Salbiy p-mezonlar elektron massasidan 340 marta katta, zaryadi – manfiy (1), energiyasi katta - 100 – 150 MEV. O'tuvchanligi va ionlashtirishi dastlab protonlarga o'xshash. Ma'lum chuqurlikda atom yadrolari tomonidan tutilib ularning parchalanishiga olib keladi. Parchalangan atomdan neytronlar, protonlar, deytronlar, alfa zarrachalar uchib chiqadi - geyokki miniatyurada atom portlashi ruy beradi va shu sohada katta energiya ajralib chiqadi va yutiladi, kuchli ionizatsiya yuzaga keladi.

Tez neytronlar ( $m=1$ , zaryad  $-0$ ) o'z energiyasini asosan vodorod atomlari bilan to'qnashib, protonlar urib chiqarishga sarflaydi. Ular zich ionlanish chiqaradi. Sekinlangan neytronlar atom yadrolarida (Na, P, N, C ) tutilib ularni radioaktiv izotoplarga aylantiradi va muhitni radioaktivlanishiga olib keladi.

Rentgen-, gamma- va tezlatgichlarning tormozlanish nurlari - elektromagnit tebranishlari (kvantlar) oqimidir. Ularning farqi asosan paydo bo'lish mexanizmidan. Gamma nurlar radioaktiv moddalarning parchalanishida atomlardan ajralib chiqadi. Rentgen va tormozlanish nurlari sun'iy hosil qilinadi. Ularning asosiy xususiyatlari umumiy o'xshash.

*Kvant nurlarning muhitni ionlashtirishi.* Kvant nurlarining atomlar bilan to'qnashishida asosan quyidagi uch tur jarayon yuzaga keladi.

1. Fotoeffekt – kichik energiyali (5-50-100 KEV) fotonlar yutilishida kuzatiladi. Foton atom elektronida to'liq yutiladi va uni orbitadan urib chiqaradi.

Natijada foton yo'qoladi, uchib chiqqan elektron (fotoelektron) yutgan energiyasini beta zarracha kabi muhitni ionlashtirishga sarflaydi.

2. Kompton effekti - foton energiyasi 100–200 KEV dan yuqori bo'lganda kuzatiladi. Bu paytda atom elektronlarida foton energiyasining bir qismi yutiladi. Elektron orbitadan uchib chiqadi va u olgan energiyani muhitni ionlashtirishga sarflaydi. Foton energiyasining qolgan qismi o'z yo'nalishini o'zgartiradi, singan, ikkilamchi nurlarga aylanadi, to'lqin uzunligi ortadi va keyin boshqa atom elektronlarida yutiladi.

3. Elektron – pozitron jufti hosil bo'lishi. Agar foton energiyasi 1,02 MEV dan katta bo'lsa va u atom yadrosi bilan to'qnash kelsa (elektronlar bilan to'qnashda Kompton effekti ruy beradi) kuzatiladi. Yadroda yutilgan foton uning kuchli qo'zg'alishiga olib keladi. SHu lahza yadrodan bir juft zarrachalar - elektron va pozitron uchib chiqadi va u stabillashadi. Yadrodan uchib chiqqan elektron o'z energiyasini to'liq sarf qilib bo'lguncha muhitni ionlashtiradi. Pozitron ( $e^+$ ) – elektronning aks zarrachasi – birorta elektron bilan to'qnashgach annigilyatsiya ruy beradi. Buning natijasida elektron va pozitron o'rnida bir biriga qarama-qarshi yo'nalgan ikki kvant hosil bo'ladi. Bu kvantlar sungra muhit atomlari elektronlarida yutiladi.

SHunday qilib kvant nurlari muhit atomlari bilan to'qnashganda bevosita o'zlari bir juft ion hosil qiladilar. Ionizatsiya, asosan, bu jarayonda hosil bo'lgan ikkilamchi elektronlar vositasida amalga oshadi. Kvant nurlari vositali ionlovchi nurlarga kiradi. Korpuskulyar nurlar - bevosita ionlovchi nurlar hisoblanadi.

Kvant energiyasi 2.2 MEV dan yuqori bo'lsa, uning atom yadrosi bilan to'qnashishi yadrodan proton yoki neytron uchib chiqishiga olib keladi. Bu jarayon yadro fotoeffekti deb ataladi. Natijada shu elementning boshqa izotopi yoki boshqa ximiyaviy element atomi hosil bo'ladi. Bu izotoplar va yangi hosil bo'lgan atomlar aksariyat holda radioaktivlikka ega bo'ladi. Energiyasi o'nlab MEV bo'lgan kvant atom yadrosiga tushgan hollarda yadro parchalanadi. Parchalanish mahsulotlari yangi yengil radioaktiv yadrolar bo'ladi.

*Energiyasining muhitga uzatilishi.* Nur ta'sirida atom elektronining orbitadan uchib chiqishi taxminan 35 EV energiya yutilishini talab qiladi. Fotonlar va korpuskulyar nurlarning energiyasi KEV va MEV-larda o'lchanadi va ular juda ko'p miqdorda ionlar hosil qilishga qobil. Turli nurlar muhitdan o'tish jarayonida chiziqli bo'ylab masofa birligida turli miqdorda energiya sarflaydilar. M. 1 MEV energiyali elektron chizmada 1 mkm masofada 0,2 KEV energiya sarflaydi; energiyasi 30 KEV elektron – 1 KEV sarflaydi (5 marta ortiq); 5 MEV energiyali – alfa zarracha – 100 KEV /1 mkm sarflaydi.

Nur traektoriyasi bo'ylab sarflangan energiya – energiyaning chiziqli sarflanishi (lineynaya peredacha energii – LPE) deb ataladi va u KEV /mkm bilan o'lchanadi (4-jadval).

Jadvaldan ham ko'rinib turibdiki masofa birligida (mkm) eng ko'p ion hosil qiluvchi, eng katta LPE -ga ega nur - alfa nurlari, undan keyin neytronlar turadi. Nur energiyasining ortib borishi bilan ionlanish va LPE kamayib boradi. LPE nur traektoriyasining hamma qismida bir xil emas. Nur yo'lining boshida hali energiya kam sarflanganda ionlar siyrak, traektoriyaning oxirida – bir necha marta zichroq. Protonlar, deutronlar va alfa zarrachalar traektoriyasining oxirida LPE juda ortadi, Bregg cho'qqisi hosil bo'ladi. Bu nurlar yutilishi nur traektoriyasining boshida kuchsiz (doza kichik) sungra, nurning turi va energiyasiga bog'liq holda, ma'lum chuqurlikda to'satdan bir necha barobar ortadi, sungra qisqa masofadan keyin keskin kamayib nurga tushadi. Rentgen va gamma nurlari masofaning kvadratiga teskari proportsional, ya'ni masofa necha marta ortsa shuning kvadrati barobar kamayib boradi.

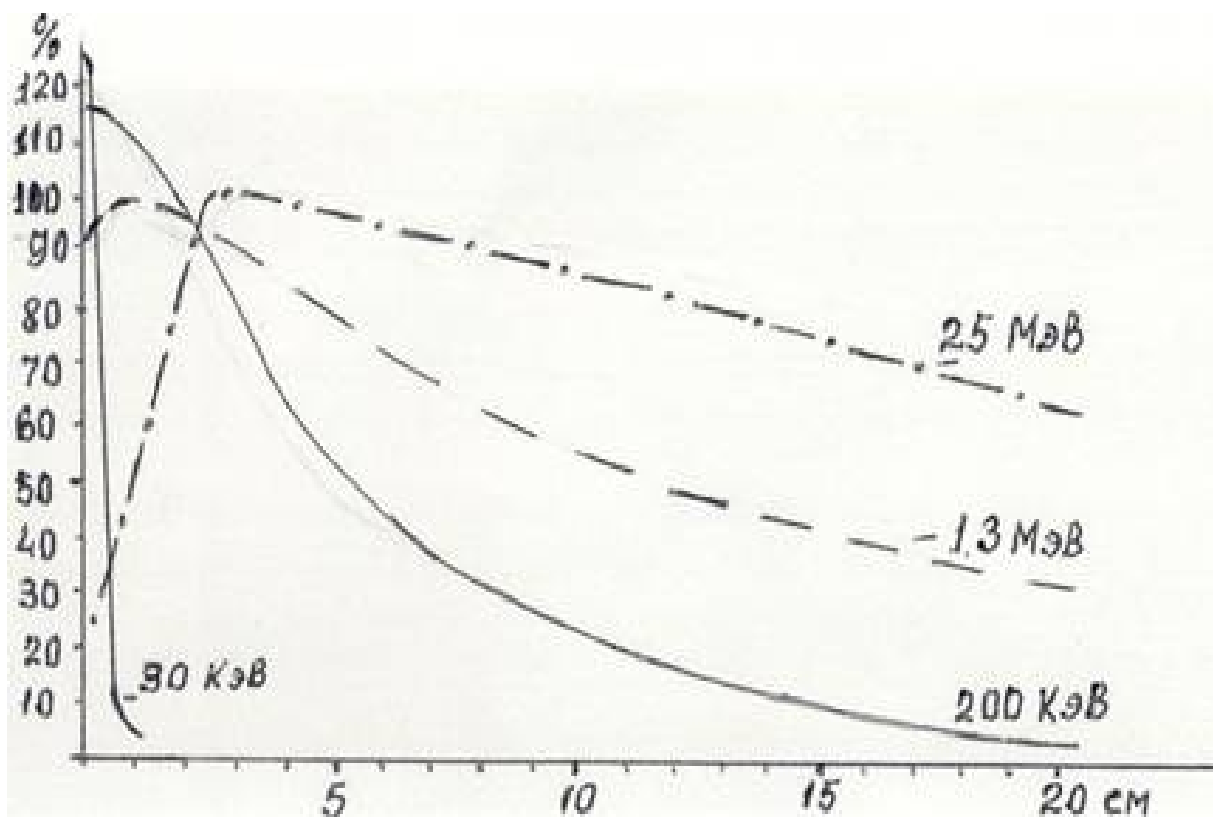
4-jadval

Quyida turli nurlar uchun LPE keltirilgan

| Nurning turi                     | Nur energiyasi | LPE KEV/mkm | Ionizatsiyaning 1 mkm da chiziqli zichligi |
|----------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|
| Rentgen nuri,yumshoq             | 8 KEV          | 4,7         | 145                                        |
| Rentgen nuri o'rtacha qattqlikda | 200 KEV        | 2,6         | 80                                         |
| Rentgen nuri qattiq              | 1 MEV          | 0,5         | 15                                         |
| Gamma ( $^{60}\text{So}$ )       | 1,3 MEV        | 0,4         | 11                                         |
| Elektronlar, sekin               | 30 KEV         | 1,0         | 30                                         |
| Elektronlar, tez                 | 25 MEV         | 0,3         | 8                                          |
| Neytronlar, sekin                | 12 MEV         | 9,5         | 300                                        |
| Neytronlar, tez                  | 0,4 MEV        | 35,8        | 100                                        |
| Alfa nurlar                      | 5 MEV          | 1500        | 4500                                       |

*Kvant nurlarining o'tishi va taqsimlanishi.* Yumshoq rentgen nurlari eng katta dozani teri yuzasida hosil qiladi, chuqurlikka borgan sari doza tez kamayib boradi. Anod toki kuchlanishi ortib borishi bilan rentgen kvantlari energiyasi xam ortadi, nur chuqurroqqa o'tadi.

M: Anod toki kuchlanishi 30 KV bo'lganda kvantlarning maksimal energiyasi 30 KEV bo'lib 50% nur to'qimalarda 0,5sm chuqurlikda qayd qilinadi.  $^{60}\text{Co}$  -ning energiyasi 1,3 MEV gamma nurlari qo'llanganda 50% nur 10 –11 sm chuqurlikga yetadi. Energiyasi 25 MEV tormozli nurlar qo'llanganda teri dozasi kamayadi 30–50 %ni tashkil qiladi (kvantlar energiyasi ortib borishi bilan teri dozasi kamayadi, chuqurlik dozasi ortadi). Ichkariga borgan sari doza ortib boradi va 3-5 sm chuqurlikda maksimumga yetadi, keyin sekinlik bilan kamaya boshlaydi. To'qimalarda 10 sm chuqurlikdagi doza 70–80 %ni tashkil qiladi (18-rasm).



18-rasm. Kvant nurlarining to'qimalarda taqsimlanishi.

## 12.2 Tekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir nur kasalligi.

Nurlanish kasalligi deb nur ta'siri natijasida rivojlanuvchi turli distrofik jarayonlar va unga organizmning javob reaksiyasidan tarkib topgan o'zgarishlar majmuasiga aytiladi. Bu o'zgarishlarning turli-tumanligi - nurlanishning umumiy yoki mahalliyliigi, bir martali (o'tkir), ko'p martali yoki cho'zilgan, surunkali, tekislik – notekisli, nurlanuvchi to'qimalarning hajmi, sohasi bilan bog'liq.

Nurlanish (nur) kasalligi degan tushuncha AQSh harbiylarining Yaponiya shaharlari Xirosima va Nagasakiga atom bombalari tashlaganlaridan keyin paydo bo'ladi. Nur kasalligi (NK) kechishi bo'yicha o'tkir va surunkali turlarga bo'linadi. Kasallik kechishining o'ziga xos tomoni, uning to'liqsimon kechishi. Unda alohida to'qimalar sistemasida rivojlanuvchi o'zgarishlar navbatma-navbat rivojlanadi. Guskova va Boysagolov o'tkir NK-ni kechishida uch davrni tafovut qiladilar: NK-ning shakllanish, tiklanish, oqibat va asoratlar davri.

O'tkir NK-ning shakllanish davrida 4 faza tafovutlanadi:

1. Birlamchi reaksiyalar fazasi.
2. Latent (yashirin), sog'ayish fazasi.
3. Klinik belgilarning yaqqol yuzaga chiqishi, kasallikning qizg'in rivojlangan fazasi (faza razgara).
4. Dastlabki tiklanish fazasi.

O'tkir NK kechishning og'irligiga qarab IV darajasi tafovutlanadi:

1. Birinchi (yengil) daraja NK (1-2,5 gr. umumiy nurlanishdan rivojlanadi).
2. Ikkinchi (o'rta) daraja NK (2,5-4 gr).
3. Uchinchi (og'ir) daraja NK (4-10 gr).
4. To'rtinchi (o'ta og'ir) daraja NK (10-1000 gr).

O'tkir NK I-III darajasida zararlanuvchi kritik sistema- gemopoez, asosan suyak iligi hisoblanadi va bu hollarda kasallikning hamma davrlari va fazalari to'liq kuzatiladi.

IV daraja o'tkir NK da nur dozasiga bog'liq holda me'da-ichak (10-20 gr.) yoki markaziy nerv sistema kritik sistemalari zararlanadi va klinik alomatlar ich ketish yoki MNS zararlanish belgilari – to'xtovsiz qusish, hushdan ketish, talvasalanish sudorgilar bilan xarakterlanadi. IV daraja o'tkir NK klinik ahamiyatga ega emas – bemorlarning hammasi nurlashdan keyingi soatlar va kunlar ichida o'ladi. Klinikada IV daraja nur kasalligida oraliq forma, nerv va ichak formalari o'rtasida toksemik forma ham tafovut qilinadi. O'tkir NK birlamchi reaksiyalar fazasi. Birlamchi umumiy reaksiya, nurlanish dozasi 2 gr-dan yuqori bo'lgan hollarda kuzatiladi, u 1-4 kun davom etadi. Bu reaksiya – ko'ngil aynishi, qusish, ishtaha yo'qolishi, og'iz ko'rish, achchiq ta'm, bosh og'rig'i, darmonsizlik, uyqu bosishi kabi umumiy belgilardan iborat.

Ko'ngil aynishi va qusishning paydo bo'lish vaqti, qaytalanishi, davomlilik o'tkir NK-ni og'irlik darajasini ko'rsatishi mumkin. Yengil NK-da nurlashdan 12-24 soat o'tgach bir necha soat davomida ko'ngil aynishi va bir-ikki marta qusish kuzatilishi mumkin. Nur kasalligining og'ir formasida ko'ngil aynishi va qusish dastlabki 1-3 soat ichida paydo bo'ladi, uzoq (3-4 kun) davom etadi, ko'p marta qaytalanadi.

Nurlanishdan keyin, bemorda karaxtlikka o'xshash holat kuzatilishi, arterial bosimning pasayib ketishi, qisqa muddatli hushdan ketishi, tana haroratining ko'tarilishi, ich ketishi kasallikning o'ta og'ir kechishidan darak beradi.

Bu davrda terida o'tkinchi giperemiya, turli nerv-reflektor buzilishlar mushak-pay reflekslarining assimetriyasi, dermografizmning kuchayishi, miyaning bioelektrik aktivligining o'zgarishi kuzatiladi.

Periferik qonda birinchi kunlarda o'ngga so'rilgan neytrofil leykositoz, absolyut va nisbiy limfositoponiya kuzatiladi. Nurlanishdan keyingi 2-3 kunda

limfositlar soni yanada kamayadi va uning ko'rsatgichi kasallikning oqibatini ko'rsatishi mumkin. Limfositlar soni I daraja NK-da 1000/mkl (~20%), II daraja NK-da 500-1000/mkl (~10%) III-IV daraja NK-da > 500/mkl-ni tashkil etadi.

Suyak iligi punktatida miyelokariositlarning soni va mitotik indeksning keskin kamayishi, ko'mik yosh hujayralarining yo'qolib ketishi kuzatiladi. Maxsus sitologik tekshirishlar ko'mikda degenerativ o'zgarishli hujayralar sonining ortishini dastlabki soatlardan oq ko'rsatadi.

3-4 gr-dan yuqori dozalar ta'sir etganda, qonda giperglikemiya, bilirubinemiya, xloridlarning kamayishi, aminoasiduriya kuzatiladi.

Boshlang'ich davr o'zgarishlari nurning bevosita zararli ta'siri, nurga sezuvchan hujayralarda interfaza o'lim, hujayra bo'linishini to'xtatishi, oqsillar parchalanishi va organizmda neyro-regulyator hamda gumoral bog'lanishlarning buzilishining natijasidir. Bu reaksiyalar odamlarda erkin namoyon bo'ladi, yetarli darajalarda itlarda ham kuzatilishi mumkin. Nurga nisbatan chidamliroq hayvon - quyonlar 12-15gr. doza ta'sirida (LD 100/30) nurlash paytida birlamchi reaksiyalardan o'lishi mumkin.

*O'tkir NK ning yashirin davri.* Bu fazaning davomiyligi kasallikning og'irlik darajasiga bog'liq bo'lib, 1-4 hafta davom etadi. Yashirin davr o'tkir NK og'ir formalarida bir necha kungacha qisqaradi, 10 gr-dan ortiq dozalarda umuman kuzatilmasligi mumkin. Bu fazada kasallikning tashqi belgilari yo'qoladi va bemor go'yo sog'aygandek bo'ladi. Ammo qonni tekshirish kasallikning rivojlanishda davom etayotganini ko'rsatadi. Birinchi davrda kuzatilgan neytrofil leykositoz bu fazada leykopeniya bilan almashinadi. Keyinroq trombopeniya, retikulopeniya yuzaga keladi, limfopeniya saqlanadi. Suyak ko'migida aplaziya, ayollarda tuxumdonda atrofiya, spermatogenezning susayishi yuzaga keladi.

*O'tkir NK klinik alomatlari rivojlangan fazasi (faza razgara).* Bu fazada bemorning ahvoli qaytadan yomonlashadi, harorat ko'tariladi, yurak urishi tezlashadi, kuchli darmonsizlik paydo bo'ladi. Kasallikning klinikasi



gemorragik, pansitopenik sindrom va infeksiyon asoratlarning belgilaridan iborat bo'ladi.

Gemorragik sindrom, bu fazada rivojlanadigan trombopeniya, qon-tomirlar devorining o'tkazuvchanligining ortishi va qon ivishining biokimyoviy faktorlari-protrombin, fibrinogen va boshqa faktorlar yetishmovchiligi tufayli yuzaga keladi. Teri, shilliq pardalar, me'da-ichak trakti, o'pka, yurak, miya va boshqa organlarda turli kattalikda qon quyulishlar yuzaga keladi va kasallikning bu fazasida bemorlarning o'lish sabablaridan biri hisoblanadi.

Bu faza uchun ikkinchi tur xarakterli o'zgarishlar: periferik qonda leykositlar umumiy sonining kamayib ketishi, neytropeniya, absolyut limfopeniya, trombopeniya, retikulopeniya va asta-sekin eritropeniya yuzaga keladi.

O'tkir NK og'ir formalarida suyak ko'migi hujayralarining go'yoki qirilib ketishi, kasallikning yengilroq formalarida kumuk va limfa tugunlarda regenerasiya alomatlari kuzatiladi. Organizmda qator biokimyoviy o'zgarishlar—gipoproteinemiya, gipoalbuminemiya, qonda azot qoldig'ining ortishi, xloridlarning kamayishi, modda almashinishining hamma turlarning buzilishi, ishtahasizlik, ich ketishi, bularning natijasida oriqlab ketish ro'y beradi. Non ishlab chiqarishning aplaziyasi, jigar, buyrak va boshqa organlar funksiyasining buzilishi, o'limga olib keluvchi ikkinchi asosiy sabab hisoblanadi.

Nur ta'sirida ro'y bergan leykopeniya, limfositopeniya, teri shilliq pardalarning to'siq (baryer) funksiyasining buzilishi, immunitetning hujayra va gumoral faktorlarining kuchsizlanishi infeksiyon asoratlar - stomotitlar, tonzillitlar, gastro-entero-kolit, pnevmaniya va boshqa infeksiyon kasalliklarni yuzaga keltiradi. Organizmda bakterimiya va sepsis yuzaga keladi. Infeksiyon asoratlar kasallikning bu fazasida o'limga olib keluvchi asosiy faktorlardan yana biri hisoblanadi. Kasallikning 3-fazasi 1-3 hafta davom etadi.

*O'tkir NK (dastlabki) tiklanish fazasi.* Bu faza tana haroratining normallanishi, bemor ahvolining yaxshilanishi, ishtaha va uyquning tiklanishi

bilan boshlanadi. Dispeptik alomatlar kamayadi, qon oqishlar to'xtaydi, to'qimalarga quyilgan qonlar so'rila boshlaydi.

Nonning ko'rsatkichlari tiklana boshlaydi. Non ishlab chiqarishning tiklanish alomatlari ko'mikning regenerasiyasi tufayli 3-davridayoq boshlanadi. Nonda retikulositlar, yosh leykositlar to miyeloblastlarga qadar, yosh trombositlar ko'payadi. 2-3 oyning oxirida retikulositlar soni ancha ko'tarilishi mumkin. Nonning tarkibi (leyko formula) tiklanadi. Non va siydikning biokimyoviy ko'rsatkichlari normallasadi. Dastlabki tiklanish davri 1-2 oy davom etadi. Kasallik boshlanishidan 3 oy o'tgach bemorning ahvoli qoniqarli darajaga yetadi. Ayni bir vaqtda, kasallikning ayrim belgilari hali saqlanadi, soch to'kilishi davom etadi (soch o'sishining tiklanishi 4 oyda boshlanadi va 4-6 oydan so'ng tugallanadi).

### **12.3 Notekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir NK.**

Organizmning umumiy tekis nurlanishi odamlarda yadro bombasi portlaganda va kamdan-kam yadro avariylarida kuzatiladi. Ko'pincha odam tanasi notekis, qisman nurlanadi, bunday sharoitda rivojlangan NK klinikasi tekis nurlashdan yuzaga kelgan o'tkir NK dan ma'lum darajada farq qiladi. Notekis nurlanishning ikki varianti bo'lishi mumkin.

1. Umumiy notekis nurlanish- nur dozasi chuqurlikka borgan sari kamayib borishi.
2. Mahalliy (lokal) nurlanish - tananing bir qismini to'sib (ekranlab) nurlash.

Notekis nurlash sharoitida nur katta dozada ta'sir etgan to'qima va organlar kritik organ rolini bajaradi. M: Tana beta va past energiyali rentgen nurlar bilan nurlanganda teri kritik organ bo'lib, unda yuzaga kelgan quyish maydonining kattaligi va chuqurligi kasallikning nima bilan yakunlanishini belgilaydi. Notekis nurlashda ichaklar, mushaklar, yurak va boshqa to'qimalar

kritik organ rolini bajarishi mumkin. Notekis nurlanish, organizmga organotropik xususiyatga ega radiaktiv moddalar tushishdan ham yuzaga kelishi mumkin. Notekis nurlanishda gemopoezning tiklanishi kam nurlangan gemopoetik hujayralar hisobiga tez tiklanadi. Kasallikning klinikasida ortiqcha nurlangan organ va to'qimalarga doir o'zgarishlar ustun turadi va o'lim asosan radiorezistent kritik sistemalarining chuqur o'zgarishlari hisobiga ro'y beradi.

*Surunkali nur kasalligi.* Surunkali NK organizmni kichik dozalarda uzoq vaqt davomida nurlanishidan kelib chiqadi. Surunkali NK ham fazali kechadi. Kasallikning ko'proq umumiy hamda ko'proq mahalliy nurlashdan kelib chiquvchi formolari ma'lum. Surunkali NK uzoq davom etgan (oylar, yillar) yashirin davrdan so'ng namoyon bo'ladi. Klinik belgilari, rivojlangan davri asta-sekin boshlanadi, nurlash to'xtatilsa, tiklanish davri boshlanadi. Davrlar orasidagi chegara noaniq. Nurlashning davom etishi kasallikning og'irroq formalarini keltirib chiqaradi. Surunkali NK-ning kechishida I daraja (yengil), II-o'rta og'irlikda va III-og'ir formolari, terminal stadiya tafovut qilinadi. Kasallik darmonsizlik, ishtahasizlik, limfopeniya, leykopeniya, trombopeniya, anemiya kabi belgilar bilan xarakterlanadi (19-rasm).



19-rasm. Nur ta'sirida terining o'zgarishi.

O'zgarishlar kasallik chuqurlashgan sari ortib boradi. Kasallikning II davri (stadiyasi)da gemorragik sindrom paydo bo'ladi. Terminal davrida o'zgarishlar eng yuqori darajaga yetadi va davolashga qaramay o'lim bilan tugallanadi.

Nazorat savollari.

1. Kvant va korpuskulyar nurlarning muhitdan o'tishini tushuntiring
2. Kvant va korpuskulyar nurlarning odam tanasida taqsimlanishi qanday?
3. Tekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir nur kasalliklari haqida so'zlab bering.
4. Notekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir nur kasalliklari haqida so'zlab bering.

### **13. NURLANISHDAN TIKLANISH JARAYONLARI**

*Tayanch so'zlar:* zararlanish, o'sma, nurlanish, nur kasalligi.

#### **13.1 Nurlangan organizmda tiklanish jarayonlari.**

O'tkir nurlanishdan so'ng organizmda kechuvchi tiklanish jarayonlari, qolgan hujayralarni proliferatsiyasi hisobiga kritik organlar hujayralari populyatsiyasini to'ldirish va ularning funksional aktivligining tiklanishidan iborat.

Avvallari postradiatsion tiklanish, faqat zararlanmagan hujayralar hisobiga ro'y beradi deb hisoblanar edi. Hozir kritik organ va sistemalar reparatsiyasi qisman zararlangan tiklanuvchi hujayralar hisobiga ham ro'y beradi deb hisoblanadi. Hujayralar tiklanishi eksponensial qonunga bo'ysungani tufayli, amaliyotda to'liq tiklanish davrini emas, yarim tiklanish davri e'tiborga olinadi va u tiklanish tezligi (tempi) ni aks ettiradi. Yarim tiklanish davri

nisbatan aniq ko'rsatkich bo'lib, uning kattaligi hayvonning umri uzoqligiga bog'liq. Bu ko'rsatkich turli tadqiqotchilarning ma'lumotiga ko'ra, sichqonlar uchun 2-8 kun, kalamushlarda 6-9 kun, itlarda 14-18 kun, odamlarda 25-45 kun (~28 kun)ga teng. PastRadiatsion tiklanish hych qachon to'liq bo'lmaydi, zararlanishlarning kamida 10% tiklanmaydi. Tiklanmagan qoldiq o'zgarishlar miqdori yutilgan dozaga proporsional.

Fiziologik regenerasiya kuchli bo'lgan to'qimalardan farqli o'laroq, kam yangilanuvchi to'qimalarda Radiatsion zararlanishlar ko'zga tashlanmaydi. Mexanik travma yordamida bu to'qimalarda tiklanish jarayonlarini stimulyasiya qilib yashirin o'zgarishlarni ro'yobga chiqarish mumkin. Akademik G.I.Strelin rahbarligida mushak, suyak, nerv, paylarni turli sharoitlarda nurlagandan so'ng posttravmatik regenerasiyani buzilishlari o'rganilgan. Bu ishlarda Samarqand davlat tibbiyot institutining o'nlab olimlari ham ishtirok etganlar. (professorlar F.M.Golub, A.I.Britun, U.A.Budagov, U.A.Oripov va boshqalar). Radiorezistent to'qimalarda postradiatsion o'zgarishlar, mexanik jarohatlardan keyin regenerasiyaning stimulyasiyasi sharoitida yuzaga chiqadi.

Vositali effektlarning radiatsion patologiyani kelib chiqishidagi roli. Nurning vositali ta'sir effektiga - mahalliy nurlashda yuzaga keluvchi umumiy reaksiya «rentgen yoki radiy karaxtligi» misol bo'la oladi. Nur ta'sirida organizmda yuzaga keluvchi jarayonlar qisman nur ta'siridan kelib chiqadi. O'zgarishlarning ikkinchi qismi vositali reaksiyalar natijasida yuzaga keladi. Bularni distansion effektlar deb ham ataladi.

*Suyak ko'migi o'zgarishlari.* Bu o'zgarishlar nurning bevosita va vositali ta'siridan kelib chiqadi. Kumukning bir qismini qo'rg'oshin plastinka bilan to'sib nurlansa, nurlanmagan ko'mik sohasida xromosoma abberasiyalari ko'payishi kuzatiladi. Yoki yumshoq to'qimalarni uzoq vaqt davomida katta dozada mahalliy nurlash, bemorda leykopeniya, trombopeniya, anemiya chaqiradi. Bu hodisa suyak ko'migi postradiatsion o'zgarishlari qisman vositali ta'sir tufayli ekanidan dalolat beradi. Nurlash kritik bo'lmagan boshqa

strukturalarda - markaziy nerv sistemasi, sezgi organlari, endokrin, immunologik sistema, nafas organlari, jigar, buyrak, suyak-mushak, ko'payish organlari va boshqa sistemalarda o'zgarishlar chaqiradi. Bu o'zgarishlar nurning bevosita hamda bilvosita ta'siri natijalari bo'lib, umumiy radiatsion patologiyani kelib chiqishida o'ziga xos ahamiyatga ega.

*Immunitetning postradiatsion susayishi.* Immun sistema organizmning kritik va nokritik sistemalari orasida joy olgan bo'lib, nur kasalligining potogenezida alohida o'ringa ega. Nurlanishdan so'ng asosiy immunnokomponent hujayralar hisoblangan limfositlarning yalpi qirilib ketishi ro'y beradi. Shu bilan birga nospesifik gumoral bakterisid sistemalar - properdin, lizosim, terining bakterisidligi pasayadi, antitelalar hosil bo'lishi kamayadi.

Immunitetning postradiatsion o'zgarishlari, infeksiyaga ta'sirchanlikning ortishi, organizmda, birinchi navbatda ichaklarda bakterial floraning sifat va son ko'rsatkichlarining o'zgarishida namoyon bo'ladi. Nur kasalligida infeksiyon asoratlari antibakterial immunitetning pasayishi bilan birga to'qimalar baryeri xususiyatining pasayishi tufayli ro'y beradi.

Nur ta'sirida yemirilgan hujayralar, oqsillar va ular bilan bog'liq moddalarning parchalanish mahsulotlari antigen sifatida qonga tushadi va organizmda immunologik perestroyka, kuchli auto sensibilizatsiya chaqiradi. Nurlanishda organizmda ikki tip antigenlar va unga mos antitelalar hosil bo'ladi. Biri autoto'qimalar antigeniga qarshi, ikkinchisi denaturasiyalangan oqsillarga qarshi. N.N. Klemparskaya nur kasalligi patogenezida to'qimalar, oqsillar yemirilishida hosil bo'lgan antigenlarga nisbatan autoallergiya yuzaga kelishiga katta o'rin beradi. Organizmda yuzaga keluvchi kuchli autosensibilizatsiya to'qimalarda nekrotik jarayonlar, gemorragiyalar chaqirishi mumkin. Allergik jarayonlarning nur kasalligidagi ahamiyatini nurlash oldidan o'tkazilgan vaktsinatsiya va desensibilizatsiyalovchi preparatlarning profilaktik va terapevtik effektivligidan ham ko'rish mumkin.

Kechki postradiatsion asoratlar.

Nur kasalligini boshdan o'tkazgan va sog'aygan odam va hayvonlarda uzoq muddatdan keyin qandaydir yangi o'zgarishlar kelib chiqishi mumkin, bu o'zgarishlar kechki asoratlar deb nom ham olgan. Kechki postradiatsion asoratlar asosan quyidagilar:

Umrning qisqarishi, leykozlar, xavfli o'smalar, kataraktalar rivojlanishi. Bulardan tashqari endokrin balansning buzilishi, nefroskleroz, pushtning qurishi sterillik va embrional rivojlanishning buzilishi yuzaga kelishi mumkin.

Umrning qisqarishi nurlanishning universal effekti bo'lib, sichqon va kalamushlarni bir marta subletal nurlanishining xar 1 Gr. umr uzoqligini 2,5-5%-ga qisqartiradi. Uorren (1956) AQSh-da rentgenologlar va boshqa soha vrachlarining kasallanishi va o'limini o'rganib chiqib rentgenologlarda leykozlar ko'proq uchrashi va boshqa sabablardan ertaroq o'lishlari sababli o'rta hisobda umrlari 5,2 yosh qisqaradi degan xulosaga kelgan.

Shu bilan birga eksperimentda kalamushlarni 0,008 gr. dozada umr davomida nurlash hayvonlar umrini 20-22% uzaytirgan. Umrning uzayishi past haroratga ( $5^{\circ}\text{C}$ ) nisbatan optimal ( $25^{\circ}\text{C}$ ) haroratda yaxshiroq namoyon bo'lgan.

Nur ta'sirida umrning uzayishi nurga chidamli bo'lgan boshqa jonivorlarda ham kuzatilgan. M: Un mitasini 30 gr. nurlash, drozzofillarni 45 gr. nurlash ularning umrini uzaytiradi. Campanularia (kovak ichaklilar)ni 2000 gr. nurlash ular umrini ikki martaga oshirgan. Hozirgi paytgacha yig'ilgan ma'lumotlar ionlovchi nurning ta'siri faqat zararli degan fikrni isbotlamaydi. Aksincha, yorug'lik va issiqlik energiyasi kabi ionlovchi nurlarning fiziologik va patologik ta'sir darajalari mavjud.

XX asr oxirigacha yig'ilgan ma'lumotlar kichik dozalarni odam organizmi uchun zararli ekanini isbotlamadi. Aksincha, 0,1 gr/yildan oshmagan dozadagi nurlanganlar orasida kasallanish ko'p emas, ularning o'rtacha umri ham o'rtacha ko'rsatgichlardan ~ 5 yil uzoq ekani aniqlangan.



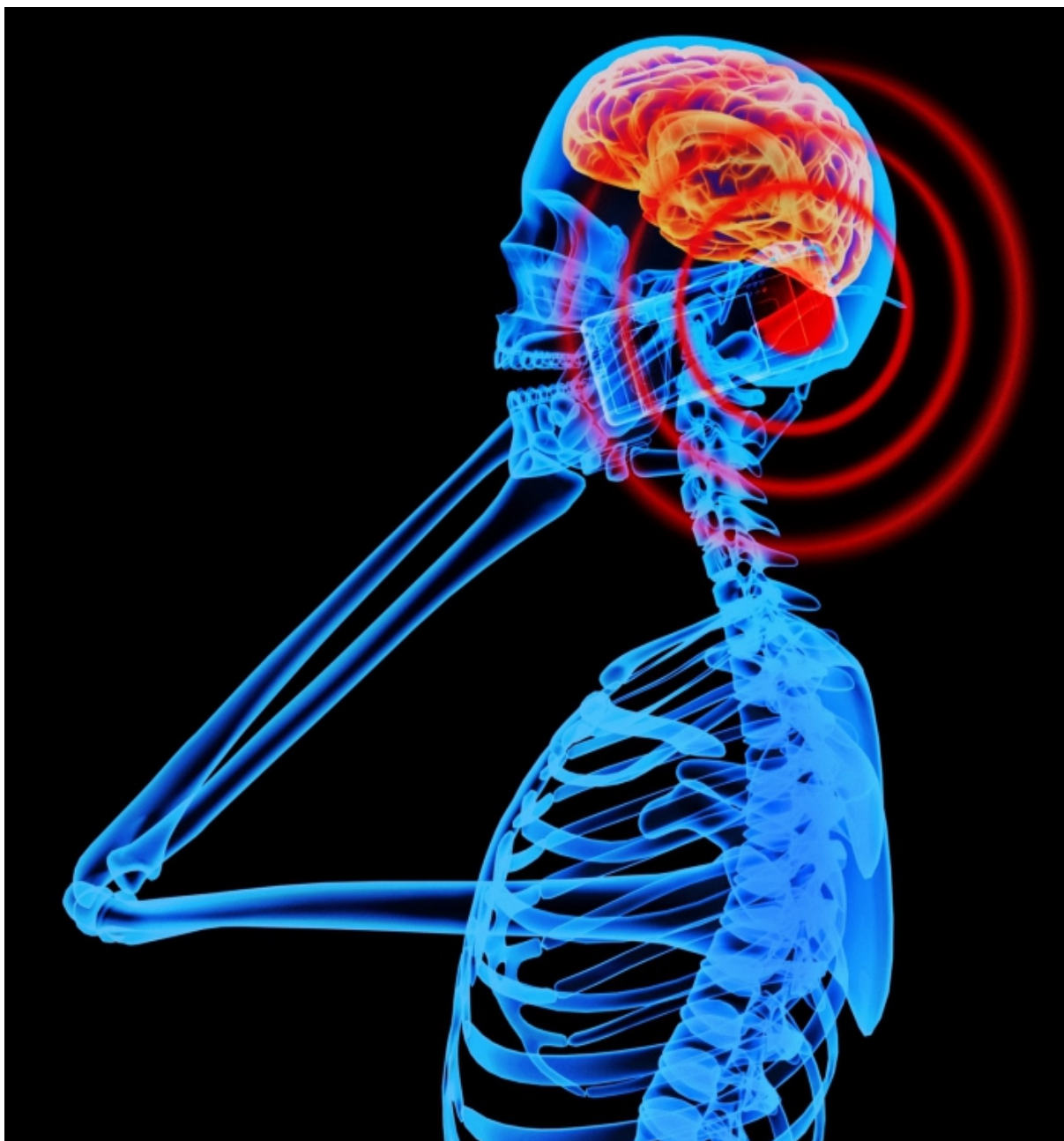
### **13.2 Nurlanish asoratlarining kelib chiqish mexanizmlari**

Nurlanishdan keyin yuzaga keluvchi asoratlar ko'p jihatdan keksayishda yuzaga keluvchi o'zgarishlarga o'xshaydi. M: O'smalar, katarakta rivojlanishi, sochning oqarishi, to'kilishi, tomirlarning sklerozi, teri elastikligining yo'qolishi va boshqa distrofik o'zgarishlar. Ma'lumki, odam va hayvonlar organizmi aksariyat yetuk, nurga chidamli to'qimalardan tarkib topgan. Nurlash bu hujayralarda regenerator qobiliyatlarining pasayishiga, funksional yetishmovchilikka olib keladi. Organizmda, hamma to'qimalarda hujayralar almashinishi uzluksiz jarayon sifatida bir umr to'xtovsiz kechadi.

Nurlash natijasida yuzaga kelgan funksional yetishmovchilik, regenerator jarayonlarining to'liq bo'lmasligi, bu to'qimalar va organlarning erta «qarishi»ga olib keladi. Hujayra bo'linishi uchun ma'sul struktura uning yadrosi bo'lib, undagi subletal zararlanishlar mitotik jarayondan so'ng paydo bo'lgan yangi hujayralarning bekamu-ko'st bo'lishini ta'min etolmaydi, ulardan hayotiy funksiyalari fiziologik jarayonlar buzilishi, nasliy o'zgarishlar yuzaga kelishi mumkin. O'smalar va leykozlar kelib chiqishi radiatsion mutasiyaning natijasidir. Nur ta'sirida yuzaga kelgan xromosoma o'zgarishlar, xususiyati o'zgargan, rivojlanishi va bo'linishi regulyator mexanizmlar nazoratidan chiqqan, to'xtovsiz ko'payuvchi hujayralar klani hosil bo'lishiga olib keladi. Tez bo'linuvchi to'qimalardan iborat sistemalar (qon ishlab chiqarish terining bazal qavat epiteliysi)da bu o'zgarishlar tezda yuzaga keladi va leykozlar, teri rakini keltirib chiqaradi.

### **13.3 Nur kasalligini davolash prinsiplari.**

Bu kasallik davolash, nurlangan organizmda kritik sistemalarda yo'qotilgan hujayralarning o'rnini to'ldirish; infeksiyaning oldini olish va kuchsizlantirish; funksional va simptomatik terapiyadan iborat. Odam organizmi 10 gr-gacha kattalikdagi dozalarda nurlanganda kritik sistema suyak ko'mugi bo'lib, unda interfaza o'limi tufayli juda katta miqyosda hujayralar yetishmovchiligi ro'y beradi. Kasallik rivojining muayyan bir davrida suyak ko'migida aplaziya va unga bog'liq ravishda periferik qonda birlamchi granulositopeniya va trombopeniya kelib chiqadi. Bu o'zgarishlar, qisman ikkilamchi infeksiyon asoratlari va qon oqish - gemorragiyalar hisobiga yuzaga keladi. Qon ishlab chiqaruvchi hujayralar defisitini suyak ko'migini transplantasiya qilib amalga oshirish mumkin. Bunga o'rta va og'ir nur kasalligida immunitetning pasayishi to'liq imkoniyat yaratadi. Nurlanishdan keyingi kunlari amalga oshirilgan ko'mikning transplantasiyasi bemorda pansitopeniyani kuchsizlantirishi, transplantasiya antibiotikoterapiya bilan birga amalga oshirilgan taqdirda infeksiyon asoratlarning ham oldini olish mumkin. Ammo odamlarda o'tkazilgan allotransplantasiya (ya'ni shu turga mansub hayvonlardan, boshqa odamlardan olingan, antigen strukturasi farq qiluvchi ko'mukni ko'chirib o'tkazish, keyinchalik transplantatning egasiga qarshi reaksiyasi tufayli rivojlanadigan ikkilamchi kasallikdan o'limga olib keladi. Bu nuqtai nazardan olganda faqat izologik (genetik bir xil, bir tuxumdan paydo bo'lgan egizaklardan yoki bemorni nurlanmay qolgan ko'migini boshqa sohalarga ko'chirib o'tkazish - autotransplantasiya effektiv bo'lishi mumkin (20-rasm). Bu sharoitda transplantat  $\square$ eying $\square$ m $\square$ c konflikt chaqirmaydi.



20-rasm. Uyali a'loqa nurlarining ta'sir doirasi sxemasi.

Periferik qonda keyingi elementlarning defisitini to'ldirish va unga aloqador asoratlarga qarshi kurash uchun gemotransfuziya – qon quyish qo'llaniladi. Ammo qeyi hajmda qon quyish keyingi max reaksiya chaqirishi mumkin. Kichik hajmda qon quyish keyingi elementlar sonini sezilarli darajada ko'paytirmaydi. Bu o'rinda qon zardobidan ajratilgan keyingi elementlar-leykositlar, trombositlar va eritrositlar massasini qo'yish, keyingi elementlar

sonining ortishiga qon oqishlarini to'xtashiga, infeksiyon asoratlarning kamayishiga imkon tug'diradi. Bu sharoitda keyingi max reaksiyalar ham kam kuzatiladi.

Nur kasalligida qon tarkibi suyuqliklari, elektrolitlar yo'qotilishlarining o'rnini bosish uchun qon o'rnini bosuvchi turli suyuqliklar (gemodez, poliglyukin, reopoliglyukin) tuzlar eritmalari (NaCl fiziologik eritmasi) glyukoza eritmasi va boshqalar yuboriladi.

Funksional terapiya nur kasalligida rivojlanuvchi turli funksional buzilishlarni to'g'rilash maqsadida olib boriladi. Nur kasalligining dastlabki davridanoq qusishni bosuvchi, tinchlantiruvchi, yurak qon-tomirlar faoliyatini, ovqat hazmini yaxshilovchi, ich ketishni, qon oqishni to'xtatuvchi, infeksiyani bosuvchi, qon ishlab chiqarishni tiklovchi va boshqa turli tuman klinik asoratlarga qaratilgan davolashlar majmuasi amalga oshiriladi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Nur kasalligining yuzaga kelishi, klassifikatsiyasi.
2. O'tkir nur kasalligining birlamchi reaksiya davri.
3. O'tkir nur kasalligining latent davri.
4. O'tkir nur kasalligining rivojlangan davri.
5. O'tkir nur kasalligining dastlabki tiklanish davri.
6. Notekis nurlanishdan yuzaga kelgan o'tkir nur kasalligi.

## 14. RADIASIYANING EMBRION VA HOMILAGA TA'SIRI.

*Tayanch iboralar:* radiasiya, embrion, homila rivojlanish anamaliyalari, majruhliliklar, dominant, resessiv effektlar, radioprotektorlar, indolilalkilaminlar, aminotiollar, kombinasiyali ta'sir.

### 14.1 Ionlanuvchi nurlarning odam embrioliga ta'siri.

Embrion yetuk bo'lmagan, ammo yetuklashib boruvchi tez bilinuvchi hujayralar tugunidir. Ma'lumki, hujayralarning yetuklik darajasi qancha past, bo'linishi tez bo'lsa ularning nurga ta'sirchanligi ham yuqori bo'ladi. Embrion, hujayralarning organ va to'qimalarning paydo bo'lishi, shakllanishi va differensiyalanishiga qarab ularning nurga ta'sirchanligi o'zgarib boradi. Ona qornida o'sish-antenatal davrning uch asosiy etapi tafovutlanadi.

1. Tuxum ona hujayra urchishidan tortib embrionni bachadonga yopishishigacha (implantasiya oldi) davri.
2. Asosiy organogenez davri.
3. Homila davri.

Bulardan tashqari, radiasiyaning embriogen ta'siri, tuxum hujayralarining bevosita urchish oldidan nurlanish asoratlarini o'z ichiga oladi. Urchish oldidan nurlangan tuxum hujayra xromosomalarida ro'y bergan keyingi informasiyaning defekti, embrionning hayotga noqobilligi, homila davrida o'lishiga olib keladi. Embriogenezning dastlabki davrlarida implantasiya oldi va erta organogenez davrida nurlanish homilada chuqur keyingi o'zgarishlar keltirib chiqaradi va uni ona qornidayoq o'lishiga olib keladi. Organogenezning o'rtalarida nurlanish – chaqaloqlik davrida o'limga olib keladi. Asosiy organogenez davrida nurlanish turli majruhliliklar, homila davrida nurlanish chaqaloqlar nur kasaligini keltirib chiqaradi.

Har qanday keyingi rivojlanish tarixida embrion va homila davri nurlanishga eng sezgir davrlar hisoblanadi. Katta yoshda to‘qimaning yetuklik davrida nurga sezuvchanlik qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, uning hujayralari keyingi davrda nurga o‘ta sezuvchan bo‘ladilar. M: Embrion nurlanishining asorati-mikrosefaliya yoki anensefaliya (miyaning kichikligi yoki umuman bo‘lmasligi) 0,5-2,0 gr dozadan kelib chiqishi mumkin. Bu o‘zgarishlarni kattalarda har qancha nurlaganda ham chaqirib bo‘lmaydi.

Embrionda rivojlanish markazlarining har biri hayot uchun ahamiyatli. Ulardagi hujayralarning postradiatsion zararlanishi kelgusida hujayralar defisitini va uning natijasida to‘qima va organlar defektini yuzaga keltiradi. Hujayralar defisitining klinik ko‘rinishlari: mikroftalmiya – kichik ko‘zlar, mikrosefaliya – kichik miya, keyingi o‘shining sekinlashishi – gipofazar nanizm (kichiklik) va boshqalar bo‘lishi mumkin. Homila nurlanishidan keyin paydo bo‘lgan «karlik»lar sog‘lom individlardan faqat kichikligi bilan farq qilishi mumkin.

Nurning embriogen ta’siri asosan bevosita ta’sir hisobiga ro‘y beradi, faqat 5% -ga yaqin o‘zgarishlar ikkilamchi, oraliq o‘zgarishlar tufayli kelib chiqadi. Homiladorlikning 7-8 kunlari kichik doza 0,1-0,2 gr. Nurlash, ona organizmda hech qanday o‘zgarish chaqirmasada, embrionda o‘zgarishlar keltirib chiqaradi. Ona organizmni urchitish oldidan ko‘p dozada (4 gr) nurlanishi nur kasalligi chaqiradi, ammo nurlashdan bevosita keyin paydo bo‘lgan homilada hech qanday o‘zgarish chaqirmasligi mumkin. Uchigan hujayralar embrion implatsiyaga qadar (1-5 kunlar) nurlansa, 40-80% homila ona qornida o‘ladi. Organogenez fazasida (6,5-12,5 kunlar) nurlanishdan so‘ng homilada juda ko‘p majruhliklar ro‘y beradi. Bu holda ona qornida o‘lim kam bo‘ladi, ammo bola tug‘ilgach, chaqaloqlikda ko‘p o‘lim kuzatiladi. Antenatal davrning keyingi muddatlarida nurlanishi (13-15 kunlar) homilada o‘limga olib keluvchi o‘zgarishlar keltirib chiqarmaydi. Homilani nurlashida odam va hayvonlarda yuzaga keluvchi o‘zgarishlar miyada: anensefaliya, (miyasizlik),

porencefaliya, (miya bir qismining yoʻqligi) mikrocefaliya (miya kichikligi), miya churrasi, mongolizm (mugʻulsimonlik), uzunchoq miya kichikligi, miya atrofiyasi, aqlning ojizligi, idiotiya (aqlsizlik, farosatsizlik), neyroblastomalar, majruhliklar (urodstva), silvi vodopravodining torayishi, qorinchalarning kattaligi yoki kichikligi, bosh miya nervlarining aplaziyasi yoki gipoplaziyasi (rivojlanmaslik yoki rivojlanishdan ortda qolishi, 5-jadval).

5-jadval

Periferik qon limfotsitlarida va suyak koʻmigi hujayralarida xromasoma aberratsiyalari hosil boʻlishining nurlanish dozasiga bogʻliqligi

| Doza Gr | Suyak ko'migining 100 limfotsitida |                  |                                   |
|---------|------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
|         | Ditsentriklar soni                 | Fragmentlar soni | Aberratsiyalar har 100 hujayrada  |
| 0 – 1   | 0 - 3,2                            | 0 - 22,5         | 20                                |
| 1 -2    | 3,2 - 12,,8                        | 22,5 - 45,0      | 2 - 50                            |
| 2 – 3   | 12,8 - 28,9                        | 45,0 - 67,5      | 50 - 80                           |
| 3 – 4   | 28,9 - 51,0                        | 67,5 - 90, 0     | 60 - 80                           |
| 4 – 5   | 51,0 - 81, 0                       | 90,0 - 112, 5    | 80 - 100                          |
| 5 – 6   | 81,0 - 116,0                       | 112,5 - 135,0    | 100                               |
| 6 – 7   | 116,0 - 158,0                      | 1350 - 1570      | har hujayrada 10 ta gacha yetadi. |

Koʻzlarda: anoftalmiya (koʻzning yoʻqligi) mikrooftalmiya (kichikligi), mikrokornea (shox parda kichikligi).

Skelet anomaliyalari: oʻsishdan qolish, boshning simmetrik-, assimetrik kichiklanishi, kattalanishi, koʻkrak, umurtqalar deformasiyasi va defektlari, barmoqlar koʻpligi yoki ozligi, qoʻshilishi, tovon, oyoq, oyoq- qoʻllar oʻsishining buzilishi, baʼzi suyaklarning yoʻqligi yoki birlashishi.

Tishlar soni va o'sishining buzilishlari, ekzoostozlar - suyakning chetga o'sishi. Tug'ma bo'g'in chiqishlar, turli osteo – xondro - va fibroz displaziyalar - suyak, tog'ay va biriktiruvchi to'qima rivojining buzilishlari va hokazo. Organlar soni, joylashgan o'rni, tuzilishi va funksiyasining buzilishlari (buyrak distopiyalari, buyrak aplaziya-gipoplaziyasi) qovoq berkilmasligi (ko'z ochiqqligi), g'ilaylik, qalqonsimon bezning ko'krak ichi va til osti distopiyalari, suv xaltali moyakchalar, albinizm, depigmentasiya, giperpigmentasiya, yurak, o'pkaning tug'ma nuqsonlari, quloq suprasining yo'qligi, deformasiyasi va hokazo.

Eksperimentda sichqonlarda kuzatiluvchi embrion va homila rivojlanishining postradiatsion buzilishlari odam uchun ham taalluqli. Faqat bu o'zgarishlar bir-biridan yuzaga kelish muddatlari bilan farq qiladi. Odamlarda embrion bachadon naylarida hosil bo'lib, bachadonga tushishi va uning shilliq pardasiga yopishishi - implantasiya oldi davri 10-12 kun davom etadi. Bu davr embrionning nurga eng sezuvchan davri bo'lib, homila, rivojlanib ulgurmasdan homiladorlikning dastlabki oylarida ona qornida o'ladi, keyingi 28-29-kunga qadar davr premordial organlar davri – birlamchi hujayralarning tez bo'linishi va differensiyasi natijasida organlarning dastlabki kurtaklari hosil bo'lish davri. Bu davrda embrional hujayralarning tez differensiyalanishi ro'y beradi. Bu davrda ham hujayralar yuqori radiosezgirlikka ega. Nurlangan hujayralardan rivojlangan organ va to'qimalarning deyarli hammasida chuqur buzilishlar kuzatiladi. Bu davrda yuzaga kelgan rivojlanishning buzilishlari, homila davrida o'limga olib keladi. Homiladorlikning 28-kunidan keyin 37-38-kunga qadar organogenez (organlar hosil bo'lish) davri. Bu davrda nurlanishdan keyin ham deyarli hamma vaqt o'zgarishlar kelib chiqadi va chuqur rivojlangan majruhliklar, ko'pincha bolani chaqaloqlik davridayoq o'limga olib keladi. Homila 40 kunli bo'lgandan so'ng qo'pol postradiatsion majruhliklar (urodstva) deyarli kelib chiqmaydi, faqat bevosita o'limga olib kelmaydigan ba'zi



rivojlanish anamaliyalari kuzatilishi mumkin. Tug'ilgandan keyin nurlash mutloq majruhlik yoki rivojlanishi anamaliyalari chaqirmaydi.

Radiasiyaning embriogenezga ta'siri Xirosima va Nagasaki shaharlarida atom portlashining tibbiy asoratlarida yaqqol ko'zga tashlanadi. Portlash markazidan 2 km masofada bo'lgan 30 ta homilador ayollarning yarmida homila yoki chaqaloqlar o'lgan. Tirik qolgan bolalarning ko'pida aqlning zaifligi kuzatilgan. Boshqa ma'lumotlar bo'yicha antental davrining 7-15 haftalarida nurlangan bolalarning deyarli yarmida aqlning zaifligi kuzatilgan. Bundan tashqari mikrocefaliya, o'sishdan qolish, mongolizm, tug'ma yurak nuqsonlari va boshqa anamaliyalar uchragan.

Umuman olganda embrionning dastlabki ikki oyida nurlanishi 100% holda o'zgarish keltirib chaqiradi, 3-5 oylarda nurlanish 60-65%, 6-10 oylarda 20-25% bolada turli asoratlar chiqarishi mumkin. Ionlanuvchi radiasiyaning embriogenetik ta'sir mexanizmi, albatta xromosomalar zararlanishi bilan bog'liq, ammo o'zgarishlar rivojlanishida regulyator, integrasiyalovchi, oraliq mexanizmlarni ham inkor etib bo'lmaydi.

Embriologik o'zgarishlar chaqiruvchi eng kichik doza (ostona-porogovaya doza) aniqlangan emas. Hatto 0,05 gr. nur urchigan tuxum hujayrani so'rilib ketishiga olib kelishi mumkin. Diagnostik nurlanishlar (0,001-0,2 gr) homilaning dastlabki oylarida amalga oshirilsa, chuqur majruhliklar chaqirishi mumkin. Shu sababdan ayollarni rentgenologik tekshirish menstrual siklning ikkinchi yarmida, homiladorlikning 1 yarmida o'tkazilmaydi. Homiladorlikning ikkinchi yarmida jiddiy tibbiy ko'rsatmalar bo'yicha o'tkaziladi.

Nurlanishning somatik va genetik effektlari va ularning dozaning kattaligi va quvvatiga bog'liqligi.

Somatik effektlar deb urug' hujayralariga mansub bo'lmagan tananing to'qimalarida ro'y beruvchi o'zgarishlar tushuniladi (somo – lotincha tana).

Somatik o'zgarishlar nurlangan odamning o'z tanasida yuzaga keladi. Genetik o'zgarishlar – jinsiy, urug' hujayralardagi effektlar bo'lib, aksariyat

nurlangan shaxs uchun xavfsiz, ammo uning kelgusi avlodida turli asoratlarning sifatida yuzaga chiqishi mumkin.

Somatik hujayralar xromosomalarida o'zgarishlar, genetik hujayralardagi kabi dominant yoki resessiv gen mutasiyalari sifatida bo'lishi mumkin. Somatik hujayralar bo'linishida genomning o'zgarishlari, yangi, qiz hujayralariga ham uzatiladi; informatsiya shu hujayralar klani uchun genetik xarakterga ega va u somatik mutagenezni yuzaga keltiradi. Dominant mutasiyalar, odatda xromosomalarning chuqur o'zgarishlarining natijasi bo'lib, hujayralar navbatdagi bo'linishlarda o'ladi. Somatik hujayralar xromosomalarning nuqtali zararlanishi resessiv genetik hujayra o'zgarishlarini chaqiradi va bir necha hujayra bo'linishlaridan so'ng, aksariyat noqulay sharoitlar ta'sirida namoyon bo'ladi. Bu o'zgarishlar asosan uzoq muddatdan (yillar) keyin, turli degenerativ giperplastik jarayonlar, xavfsiz va xavfli o'smalar sifatida ro'yobga chiqadi.

Jinsiy, urug' hujayralardagi dominant genetik o'zgarishlar xromosoma o'zgarishlarning chuqurligiga bog'liq holda urug'lanmaslik, homilasizlik, homilaning o'limi, chaqaloqlik o'limga olib keladi va asoratlarning birinchi avlodidan nari o'tmaydi (o'lib ketishi sababli). Jinsiy hujayralarning resessiv genetik o'zgarishlari xromosomalar zararlanishi nuqtali, chuqur bo'lmagani tufayli avlodlardan birortasida ehtimol uzoq avlodlarda yuzaga kelishi mumkin. Genetik o'zgarishlarning kelib chiqishi ehtimoliy (stoxastik) xarakterga ega va ular millionlab kishilarni uzoq yillar kuzatishda aniqlanishi mumkin.

Radiatsion mutasiyalar soni nurlanishning doza quvvatiga bog'liq. Sichqonlar spermatogoniyasidagi mutasiyalar soni xronik nurlanishda, doza quvvati 0,0001 gr/min.dan 0,0009 gr/minga qadar. Ortishi mutasiyalar sonini ko'payishiga olib keladi, umumiy doza 6; 8,6 gr-ga diapazonda 7 lokusdagi mutasiyalar soni nurlanganlar orasida deyarli o'zgarmaydi, ammo nurlanmagan hayvonlarga nisbatan kamayadi. Doza quvvati 0,9 gr/minutga yetkazilganda mutasiyalar soni keskin ko'payadi. Xulosa qilib aytganda, juda kichik dozada umr bo'yi nurlangan taqdirda ham mutasiyalar soni ortmaydi.

Radiatsion o'zgarishlar tufayli aholi o'rtasida ro'y berishi mumkin bo'lgan ehtimoliy o'lim, radiasiyaga aloqador bo'lmagan faktorlardan kuzatiluvchi o'lim bilan solishtirilsa farq sezilmaydi, ammo doza quvvatining ortishi, ya'ni o'sha umumiy dozani qisqa muddat ichida berilishi mutasiyalarni ortishiga olib keladi. Odamda premiotik spermatogoniyalarda va ovositlarda mutasiyani ikki marta ko'paytiruvchi doza qisqa muddatli nurlanishda 0,1-1 gr.ni tashkil etadi. Leykemiya 2 marta ko'paytiruvchi doza 0,5 gr. umuman leykozlar va boshqa o'smalarni nurlanish hisobiga (0,01 gr) ko'payishi 1 mln. odamda 3-6 kishini tashkil etadi. Nurlanmaganlar orasida, sobiq SSSRda rakning kelib chiqishi o'rta hisobda 1,500-1,600 bo'lgan.

#### **14.2 Radioprotektorlarning kombinasiyali ta'siri.**

RP ning nur ta'siridan himoya mexanizmi turlicha, shunga asoslanib, Radiatsion patologiyaning dastlabki turli zvenolariga ta'sir etuvchi har xil sinflarga mansub RP ni kombinasiyali qo'llab, ularning ta'sir kuchini oshirish mumkin. M: 7 gr nurlangan (LD 100/30) sichqonlarni meksamin (75 mg/kg) bilan himoyalash 60% hayvonni tirik olib qoladi; MEA (150 mg/kg) shu dozada nurlangan sichqonlarni 52% himoya qiladi; bu ikkala preparatning kombinasiyada pullanishi 92% himoya effekti beradi.

Nurdan saqlash effektiga erishish uchun aksariyat RP lar toksik doza chegarasi miqdorida qo'llanadi, shu sababdan ular nurlanmagan organizmda yurakqon-tomir, nafas olish, ovqat hazmi yo'llari, ajratish organlari, markaziy nerv sistemalari tomonidan qator funksional o'zgarishlar chaqiradi. Kislorodga bo'lgan talab ortadi, endokrin bezlar ishi buziladi va hokazo. Bu o'zgarishlar o'tkinchi va ularni nurdan saqlash effekti bilan qiyoslab bo'lmaydi.

*Radioprotektorlar effektivligiga ta'sir qiluvchi faktorlar.* RP nurlashdan ma'lum bir vaqt avval organizmga kiritilsa, muayyan bir vaqt davomida nurdan

optimal saqlovchi ta'sir ko'rsatadi. Ko'pgina RP-lar organizmga yuborilgandan keyingi dastlabki 30 min ichida effektivlikka ega. Agar RP-ni nurlashdan bir soat avval yoki bevosita nurlash ketidan yuborilsa, ular nur ta'siridan saqlamaydi. Nurlangan hayvonlar o'limi nazorat guruhidagidan farq qilmaydi. RP ma'lum terapevtik diapozonda o'z effektini namoyon qiladi. Kichik konsentrasiyalarda nurdan saqlash effektivligi past, toksik konsentrasiyalarda letal effektning ortishi kuzatiladi.



21-rasm. Nur ta'sirida xormosomalarda translokatsiyaning yuzaga kelishi.

Ba'zan RP nurlashdan keyin yuborilgan taqdirda ham ma'lum darajada himoyalovchi ta'sir ko'rsatishi mumkin. M: serotonin, ehtimol MEA, sistamin, AET. Bu o'rinda radioprotektorlik emas, balki terapevtik ta'sir to'g'risida gapirish lozim. Terapevtik maqsadda protektorlarni qo'llash katta ehtiyotkorlikni talab qiladi, ko'p hollarda nur keltirib chiqargan o'zgarishlarning chuqurlanishi ro'y berishi mumkin.

*RP – lik xususiyatining doza quvvatiga bog'liqligi.* Ma'lumki, doza quvvati ortishi bilan nurning biologik ta'siri ortadi. M: Agar doza quvvati 0,4 gr bo'lsa, kalamushlar uchun LD 50/30 6 gr ni tashkil qiladi. Doza quvvati 0,015 gr/min-da LD 50/30 - 8 grga teng. Birinchi misolda nurlashning davomiyligi 7,5

min ikkinchi misolda - 467 min. Radioprotektorlik xususiyati LD 50 ga nisbatan LD 90 da kuchliroq, doza kichik bo'lgan holda RP-ning muhofaza xususiyati kuchsiz bo'ladi. Uning asosiy sababi, nurlash tugaguncha RP - ning muhofazalovchi optimal konsentrasiyasining saqlanmasligidir, bundan tashqari radioprotektorlik LD 50/30 ga nisbatan LD 90/30 da yaxshiroq namoyon bo'ladi.

*Radioprotektor effektivligini preparatni kiritish yo'liga bog'liqligi.* Preparatni vena orqali yuborilganda qisqa muddatda organ va to'qimalarda effektiv konsentrasiya hosil qilinadi. RP qorin ichiga yuborilayotgan taqdirda ham u qonga tez so'rilib o'tadi va effektiv konsentrasiyani yuzaga keltiradi. Teri ostiga yuborishda preparat sekin so'riladi. Preparat og'iz orqali yuborilsa eng sekin va past konsentrasiya yuzaga keladi va uning effektivligi ham pasayadi. Buni kompensasiya qilish uchun radioprotektorning dozasini oshirish lozim bo'ladi. Turli radioprotektorlar muayyan bir yo'l bilan yuborilganda o'z effektivligini ko'rsatadi. Ammo ideal radioprotektor uchun og'iz orqali yuborish eng usulma'qul hisoblanadi.

*Nurdan saqlash effektining RP dozasiga bog'liqligi.* Ma'lum diapazonda nurdan himoya qilish RP ning dozasiga - bog'liq. Ammo RP dozasi ma'lum bir chegaraga yetgandan keyin kimyoviy muhofazaning yuqori nuqtasiga yetiladi. Bu nuqta tiollar uchun minimal toksik dozaga yaqin. Indolilalkilaminlar dozasi ortishda ancha davom etsa ham nurdan saqlash effekti o'zgarmay turadi, toksik effekt kuzatilmaydi, ya'ni bu preparatlar katta terapevtik diapazonga ega.

RP-ning nur ta'siridan saqlash xususiyat hayvonlarning turiga bog'liqligi. Turli hayvonlar RP larni turlicha «ko'taradi», kichik hayvonlar oson ko'taradi, itlar va maymunlar og'ir ko'taradi. Yirik hayvonlarda toksik xususiyatining namoyon bo'lishi sababli ularga preparatning dozasini, demak tananing har bir kg. massasidagi miqdorni kamaytirishga to'g'ri keladi. Shu sababdan yirik hayvonlarda RP nurdan saqlash effekti pastroq, kichik hayvonlarda effekt kuchliroq namoyon bo'ladi. M: sistamin sichqonlarga 355 mg/kg. yoki 125-250

mg/kg qorin ichiga yuborilsa 8 gr. (LD100/30) nurlanishdan so'ng 100% hayvonning tirik qolishini ta'min etadi. Sistamin quyonlarga vena ichiga 100 mg/kg yuborilsa 10 gr (LD100/30) nurlanishdan so'ng 83% hayvonni o'limdan saqlaydi. Sistamin maymunlarga vena orqali 120 mg/kg yuborilsa 6,2-6,5 gr nur (LD100/30) 60% saqlaydi. Itlarda preparat 60 mg/kg. vena orqali yuborilsa 5 Gr nurlanishdan so'ng 40% hayvonni tirik saqlaydi.

*RP effektini dozaning kattaligi va nurning turiga bog'liqligi.* RP ning effektivligi hayvonlarning tirik qolishi bo'yicha belgilansa, yuqori himoya effekti LD 50/30 – LD 80/30 da namoyon bo'ladi. Ichak o'limi chaqiruvchi dozalarda ham ba'zi protektorlar (sistamin) dastlabki 6 kunda ichak sindromidan o'limni kamaytiradi. Shu bilan birga nurdan saqlash effekt suyak ko'migining o'zgarishlariga qarab belgilansa ta'sir, katta diapazonda 1,5-6 gr ya'ni subletal, minimal letal va o'rta letal dozalarda ham kuzgatiladi, 3-6 gr dozalarda o'zgarmay turadi.

Nurning turiga bog'liqlik xususida, ta'siri to'qimalarda gipoksiya hosil qilishga asoslangan RP (indolilalkilaminlar) siyrak ionlar hosil qiluvchi nurlar (rentgen, gamma) nurlar ta'siridan saqlaydi, ammo zich ionlovchi nurlar (neytronlar, protonlar) ta'siri deyarli o'zgartmaydi. Tiol birikmalar (sistamin, sistofas, gammafos) hamma tur nurlar ta'siridan saqlaydi.

### **14.3 Radionuklidlarni biologiya va meditsina tadqiqotlarida qo'llanishining asoslari va printsiplari**

*Klinik radionuklid diagnostika, odam va hayvonlarda fiziologik, metabolik jaraenlarni Radionuklidli tadqiqoti.* Er xotin Fridrix Jolio-Kyuri va Iren Kyurilar tomonidan 1934 yilda sun'iy radioaktivlik hodisasi kashf etilgandan so'ng, turli jarayonlarni Radionuklidlar yordamida o'rganish boshlanadi. Ximiyaviy element radioaktiv va stabil izotoplarining ximiyaviy xossalari aynan o'xshash bo'lib, ularning o'simliklar, hayvonlar organizmida kechadigan

biokimyoviy va fiziologik jarayonlarda ishtiroki ham bir xil. Radioaktiv izotoplar o'zlaridan nur tarqatib, organizmda siljishi to'planish sohasi, qanday jarayonlarda ishtirok etayotganidan darak berib turadi. Radioaktiv izotoplar qo'llab o'tkaziluvchi tadqiqotlar radioaktiv indikatsiya metodi yoki boshqacha aytilishi nishonli atomlar metodi deb ataladi. Chunki bunday jarayonlarda ishtirok etuvchi birikmalar tarkibiga kiruvchi radionuklidning nuri uni qayerda, qanday larda ishtirok etayotganidan darak beradi.

Bunday tadqiqotlarda Radionuklidlar ba'zan toza holda (M.  $^{14}\text{C}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^3\text{H}$ ), ko'pincha nishonli birikmalar sifatida qo'llanadi. Nishonli birikmaa deb tarkibida bir yoki bir necha atomi radioaktiv izotoplar bilan almashtirilgan ximiyaviy moddalarga aytiladi. Tadqiqotlarda asosan sun'iy Radionuklidlar qo'llanadi. Ular asosan yadro reaktorlarida va maxsus tezlatgichlar, tsikrotronlarda olinadi. Nishonli birikmaalalar ximiyaviy yoki biologik sintez yordamida, nishonli hujayralar - Radionuklidli muhitda inkubatsiya qilish yuli bilan hosil qilinadi. Nishonli birikmalar vositasida o'tkaziladigan tadqiqotlarning afzalligi shundan iboratki bu metod o'rganilaetgan moddaning juda kichik miqdorlarini ( $10^{-18}$  g) aniqlashga imkon beradi. Holbuki analitik metodlar yordamida aniqlanadigan minimal miqdor  $10^{-6}$  g-ni tashkil qiladi. Radionuklidlarni qo'llash, turli moddalarning tabiatda suv-tuproq-o'simlik-hayvon organizmi zanjirida migratsiyasini o'rganishga imkon beradi. Bundan tashqari turli birikmalarning metabolitlarini aniqlash, hayvonlarning organ va to'qimalarida kechadigan fiziologik va patologik jarayonlarni katta aniqlik bilan o'rganish imkoniyatini yaratadi. Ammo Radionuklidlar fiziologik va bioximik jarayonlarning sungida muhitda kontsentratsiyalanishi mumkin. Bunga yul quymaslik uchun odam va hayvonlarda o'tkaziluvchi tadqiqotlarda asosan umri qisqa, yarim yemirilish davri 50 kundan oshmaydigan yoki organizmdan tez chiqib ketuvchi Radionuklidlar qo'llanadi. Qo'llanadigan Radionuklidning miqdori indikator aktivlikda, ya'ni tadqiqot natijalarini ko'rsata oluvchi eng kichik miqdorda

bo'lishi, organ va to'qimalarda yutilgan nur maksimal ijozat etilgan doza (MIED)dan ortmasligi talab qilinadi. Bundan tashkari odamlarda o'tkaziluvchi radionuklidli tekshirishlar yetarli darajada asoslangan bo'lishi lozim. Radionuklidli tadqiqotda nurlanishdan bo'ladigan xavfga odamlarning turli guruhlariga har xil yondashiladi. Odamlarda o'tkaziluvchi radionuklidli tadqiqotlar uch qategoriyaga bo'linadi.

Birinchi kategoriya (AD) hayotiy ko'rsatmalar bilan o'tkaziluvchi tadqiqotlar yoki onkologik kasalliklar sababli yoki shunga gumon bo'lgan bemorlarda radionuklidli tadqiqotlar. Bu paytda yutilgan nur dozasi to'qimalarni zararlamasligi yoki asosiy patologiyaning kechishini o'g'irlashtirmasligi ahamiyatli.

Ikkinchi kategoriya (BD) onkologik bo'lmagan kasalliklar diagnozini aniqlash, davolash taktikasini belgilash maqsadida o'tkaziladigan tadqiqotlar. Bu toifa tadqiqotlarda odamlarda yutilgan nur, kech yuzaga keluvchi genetik asoratlar chaqirish ehtimolining ortishiga yul quymaslik ahamiyatga ega.

Uchinchi toifa (VD) nazorat tariqasida o'tkaziluvchi tadqiqotlar. Bunda bo'tun populyatsiyada genetik o'zgarishlar chakirmaslik ahamiyatli. Bundan tashkari tekshiriluvchilarning yoshi va organizmning fiziologik holati ham e'tiborga olinadi. Bir yoshdan kichik bolalarda faqat AD kategoriya buyicha radionuklid tadqiqot olib borilishi mumkin. Emizakli va homilador ayollarda organizmga radionuklid kiritib o'tkaziluvchi tadqiqotlar o'tkazilmaydi. Radionuklidli tadqiqotlarda organ va to'qimalarda to'plangan radionuklidlardan tarqalgan nur ta'siridan zararli o'zgarishlar rivojlanishiga yul radionuklidli uchun MIED belgilanadi.

Radionuklilarni muhitda tarqalishni qayd qilishning uch turi mavjud:

1. Radiometriya - muhitda tarqalgan yoki organizmga kiritilgan radionuklidlarning miqdorini o'lchash. Radiometriya vaqt birligi ichida, (odatda 1 minutda), radiometrning detektori (hisoblagichi)ga tushgan nur hosil qilgan tok impulsleri sonini rakamlarda aks etdiradi. Radiometriya atrof muhitda,



tuproq, suv, havo turli chiqindilar, odam organizmi alohida organlar, to'qimalar, biologik- suyuqliklar (qon, sulak, siydik, likvor, eksudat, zardob sut va boshqa muhitlar)da radioaktivlik miqdorini ko'rsatadi. Radiometriya yordamida turli buyumlarning radioaktiv ifloslanishi, teri yuzasi, kiyim poyafzal, pol, devor, turli asboblari, jihozlarning radioaktiv moddalar bilan ifloslanish darajasi aniqlanadi. Odam tanasining radiometriyasi radionuklidlarni organizmga ilmiy, klinik diagnostika, davolash uchun yuborilgandan sung tadqiqot va radiatsion gigiena maqsadlarida o'tkaziladi.

2. Radiografiya - radionuklidlarni organizmga tadqiqot maqsadlarida yuborilganda ma'lum sohaga (organga) kelish-ketish tezligini maxsus qo'hoz lentaga egri chiziq sifatida uzluksiz qayd qilish. Bu tur tadqiqot belgilangan sohada radioaktivlik tez, sekundlar, minutlar ichida o'zgaradigan hollarda o'tkaziladi. M. Nafas olishda radioaktiv indikatorni, o'pkaga havo bilan birga kirishi va chiqishi, o'pka ventilyatsiyasini o'rganish. Bu tur tadqiqotda ko'p hollarda vaqt ko'rsatgichi o'rganiladi. SHu tufayli metod-gammaxonografiya deb ham ataladi (xronos - vaqt).

3. Gammatopografiya - organizmga yuborilgan radioaktiv moddani turli organ va to'qimalarda tuplanish kartasini olish. Gammatopografiyaning ikki turi mavjud: statik va dinamik gammatopografiya. Statik gammatopografiya skaner deb ataluvchi, harakatlanuvchi stsintilyatsion hisoblagichli uskuna yordamida bajariladi. Tananing ma'lum bir sohasida yoki organda radionuklidlar to'planishi maksimal darajaga yetgan va stabil, o'zgarishsiz saqlangan fazasida radiofarmpreparatning to'planish kartasi olinadi. Bu tadqiqotda radionuklidning to'planish kartasi qo'hoz varaḡida chiziqchalar (shtrixlar) bilan yoziladi. Agar qo'llangan radionuklid organotropikga ega bo'lsa organning tasviri olinadi va uning joylashgan o'rni, shakli, kattaligi, chegaralari va funktsional parenximasining ichki tuzilishi o'rganiladi. Organ funutsiyasini o'zgarishi, unda boshqa xususiyatga ega hosilalar paydo bo'lishi gammatopogrammada o'z aksini topadi. Radioaktiv moddaning ko'p to'planishi,

shtrixlar zichlanishi - «issiq tugun», aksincha radionuklidning oz to'planishi «sovuq tugun» sifatida aks etadi. «Sovuq tugun» organda o'zga hususiyatli hosila (m. kista, xavfli o'sma) paydo bo'lganda kuzatiladi. Agar qo'llangan radionuklid yallihlanish, o'sma kabi patologik to'qimalarda ko'p tuplanuvchi (tumorotrop, spetsifiktrop) bo'lsa, unda shu to'qima sohasida chizmachalardan iborat tasvir paydo bo'ladi. Dinamik gammatopografiya, bir vaqtda tananing katta qismini qamrab oluvchi stsintillyatsion detektorga ega uskunalar gamma-kameralar yordamida amalga oshiriladi. Bu toifa uskunalar kompyuterli qayta hisoblovchi sistemaga ega. Ular radionuklidni organ va to'qimalarga kelish-ketish tasvirini berilgan programmaga muvofiq har sekund yoki minutlarda ko'rsatadi va dinamik tasvir hosil qiladi.

*Konkurent mikroanaliz -probirkada tekshirishlar.* Ba'zan kasalliklar diagnostikasida va ilmiy maqsadlarda biologik namunalarda o'ta kam miqdorda bo'lgan moddalar: garmonlar, fermentlar dorivor moddalar miqdorini aniqlash talab qilinadi. Bu tadqiqotlar probirkada - In vitro o'tkaziladi. Metodning printsipi: qidirilayotgan stabil va uning nishonli analogini, spetsifik bo'g'lovchi sistema bilan konkurent bo'g'lanishidan iborat. SHu sababdan bu metod konkurent mikroanaliz deb ataladi. Kuzatiladigan reaksiya antigen - antitelo reaksiyasiga o'xshash bo'lgani uchun bu tadqiqotlar radioimmunologik analiz (RIA) deb ham ataladi. RIA tadqiqotlar to'rt etapdan iborat.

1. Reagentlarni aralashtirish. Bu etapda tekshiriladigan modda, m. qon zardobidagi, garmon tiroksin va uning nishonli analogi (m.  $^{125}\text{J}$  tiroksin) - antigenlar, maxsus bo'g'lovchi sistema (antitelo) bilan aralashtiriladi.

2. Inkubatsiya - aralashma  $40^{\circ}\text{C}$  haroratda ma'lum muddat termostatda saqlanadi. Bu davrda aralashmada antigen - antitelo reaksiyasi ruy beradi. O'rganiluvchi moddaning qon zardobidagi miqdoriga bog'liq holda nishonli va nishonsiz antigenlar o'zlariga mos antitelo bilan bo'g'lanadi.

3. Ajratish. Antigen - antitelo bog'lanmasi, bo'g'lanmay qolgan antigenlarda ajratiladi. Buning uchun turli sorbentlar - aktivlangan ko'mir, ion

almashlovchi smolalar yoki xromotografiya, pritsipitatsiya, dializ kabi ajratish metodlari qo'llanadi.

4. Radiometriya. Namunalarni avtomatik ravishda almashtiruvchi maxsus schetchikda radiometriya o'tkaziladi. Agar radioaktiv nishon sifatida  $^{32}\text{P}$  olingan bo'lsa, (u faqat beta-nurlar tarqatadi) radioaktivlik suyuq stsintilyatsion hisoblagichlar yordamida aniqlanadi.

Xuddi shuningdek tekshirish, o'rganilayotgan moddaning standart kontsentratsiyasi bilan ham o'tkaziladi. Tekshirishning natijasi taqqoslab grafiklar tuziladi va tekshirilayotgan modda kontsentratsiyasi aniqlanadi. Radiokrunkurentli mikroanaliz yordamida odamlar qonida turli endokrin bazlarining garmonlari (gipotalamusning rilizing garmonlari gipofizning trop garmonlari, qalqonsimon bez, me'da osti, buyrak usti bezi, jinsiy bezlar garmonlari, dorivor moddalar va 400-dan ortiq boshqa moddalar miqdori aniqlanadi. Radionuklidlar yordamida turli organlar funktsiyasi va metabolik jarayonlar o'rganilishi mumkin. M. Qalqonsimon bez (KB) ning funktsiyasi tireoid garmonlar - triyodtironin ( $\text{T}_3$ ) va tetrayodtironin (tiroksin -  $\text{T}_4$ ) sintez qilish va uni qonga chiqarishdan iborat. Bu jarayon bir necha etapda kechadi. Dastlab KB qonda tsirkulyatsiyadagi iodidlarni tutib, undan yod atomlarini ajratib oladi. Yod KB-da tirozin bilan birikib monoyodtirozin, sungra diyodtirozinlar hosil bo'ladi. Tirozinlar o'zaro birikib  $\text{T}_3$  va  $\text{T}_4$  hosil bo'ladi. Tireoid garmonlar, tiroksin bo'lovchi globulin bilan birikib qonda tsirkulyatsiya qiladi va to'qimalarda hujayralar metabolizmida qatnashib o'tilizatsiya bo'ladi. Bu jarayonda ajralib chiqqan erkin iod atomlari yana KB-da tutiladi va garmon sinteziga sarflanadi. KB-ning garmon hosil qilish funktsiyasi bilan uning iodga bo'lgan ehtieji va uni organda to'planishi o'rtasida tujri boglanish bor.

Organizmدا iod almashinishini uch bosqichga bo'lishadi.

1. Ichki tireoid bosqich.
2. Transport-organik bosqich..

### 3. Periferik bosqich.

Birinchi bosqich ikki fazadan iborat: anorganik faza- qondagi iodidlarni KB-da tutilishi va organik - bezda yeriga tireoid garmonlar sintezi. Bu bosqichlar alohida yoki summar baholanishi mumkin. Ichki tireoid bosqichni summar baholash, 1,5 oy davomida iod preparatlari, KB-garmonlari, sulfanilamidlar qabul qilmaslikdan iborat tayyorgarlikdan sung o'tkaziladi.

Metodika. 100 -150 KBk  $^{131}\text{J}$ - iodid natriy radioaktivligi aniqlangach, ertalab och qorniga ichiriladi. Oradan 2, 4, 24, 72 soat o'tgach bir kanalli stsintilyatsion gamma uskuna detektorini 30 sm uzoqlikga o'rnatib radiometriya o'tkaziladi. Qayta tekshirishlarda olingan natijalar(S) dastlabki radioaktivlikga (V) nisbatan protsentlarda ifodalanadi.

$$A = V/S \text{ h } 100\%$$

Ichki tireoid bosqichning anorganik fazasi  $^{99\text{m}}\text{Ts}$  - pertexnetat yordamida o'rganiladi. Bu Radionuklid KB tomonidan iod kabi tutiladi, ammo garmon sintezida ishtirok etmaydi. Metodika: dastlabki radioaktivlik o'lchangach 1,5 - 2,0 MBk  $^{99\text{m}}\text{Ts}$  - pertexnitat bemorga ichiriladi. 2 soat o'tgach, preparatning KB-da maksimal to'planishi paytida radiometriya o'tkaziladi. Sungra bemorga 0,2 g perxlorat ammoniy yoki perxlorat kaliy ichiriladi. Bu preparatlar texnetsiyni KB-dan siqib chiqaradi. Oradan 30 min. o'tgach qaytadan radiometriya amalga oshiraladi. Qayta o'tkazilgan radiometriya buyin tomirlarida tsirkulyatsiyada bo'lgan pertexnitat miqdorini o'lchash uchun o'tkaziladi.  $^{99\text{m}}\text{Ts}$ - pertexnitatning KB tuplanish miqdori (T) birinchi va ikkinchi radiometriyalarning farqi buyicha aniqlanadi.

$$T = (R/K - R1/K1) \times 100\%$$

Bunda R va R1 - birinchi va ikkinchi radiometriyaning ko'rsatgichlari.

K va K1 - standartning birinchi va ikkinchi radiometriyasi ko'rsatgichlari. Qalqonsimon bezda iod va texnetsiy to'planishi, protsentlarda ifoda qilingan ko'rsatgichlarining farqi, Ichki tireoid bosqichning organik fazasini ko'rsatadi. Iod almashinishining transport-organik bosqichi tiroksin bo'g'lovchi globulin

bilan boʻlangan va erkin triyodtironin va tetrayodtironinlarni kokurent mikroanaliz metodi bilan aniqlab oʻrganiladi. Iod almashinishning periferik bosqichi butun tana radiometriyasi asosida oʻrganiladi.

*Metodika.* Bemorga 0,7 MBk  $^{131}\text{J}$  - natriy iodid ichirib, bemor siydik pufagini boʻshatmasdan butun tana radiometriyasi oʻtkaziladi (Radiometriya detektorni 1m. masofaga uzoqlashtirib oʻtkaziladi) Radiometriya natijalari, (fon koʻrsatgichlarini chiqarib tashlab) 100% deb olinadi. Sungra KB-ni 4-5 sm qalinlikga ega qoʻrʻoshin ekran bilan toʻsiladi va qayta radiometriya oʻtkaziladi. Xuddi shuningdek 1, 3, 8 kunlari radiometriya takrorlanadi. KB -ni ekran bilan tusmay oʻtkazilgan radiometriya koʻrsatgichlari, radioaktiv parchalanish hisobiga aktivlik kamayishi eʼtiborga olingan taqdirda, iodning organizmdan chiqarilishini koʻrsatadi. KB-ni toʻsib 3, 8 kunlari oʻtkazilgan radiometriya toʻqimalardagi tireoid garmonlarining miqdorini - iod almashinishining periferik bosqichini koʻrsatadi. Boʻtun tana radiometriyasi vositasida uch asosiy koʻrsatgich aniqlanadi: KB -da iod miqdori; iodning organizmdan chiqarilishi; organik iodning toʻqimalardagi miqdori.

Metabolik jarayonlarning Radionuklid tadqiqotlariga misol tariqasida organizmda vitamin  $V_{12}$  metabolizmini oʻrganishni keltiramiz. Organizmda.  $V_{12}$  yetishmovchiligi pernitsioz, yoki boshqacha aytilishi  $V_{12}$  (folevaya kislota) defitsit anemiya keltirib chiqaradi. Bu avitaminoz, koʻpincha organizmda  $V_{12}$ -vitaminni normal oʻzlashtirishini taʼminlovchi modda gastromukoproteinni meʼdada ishlab chiqarilishining buzilishi natijasida kelib chiqadi. Ammo  $V_{12}$  avitaminozi uning ichaklarda soʻrilishining buzilishi natijasida ham yuzaga kelishi mumkin.

Radionuklid tadqiqot  $V_{12}$  metabolizmining buzilishini oʻz vaqtida koʻrsatib beraoladi. Tadqiqot nishonli  $V_{12}$  vitaminini ichaklarda soʻrilishini aniqlashga asoslangan. Agar soʻrilish buzilgan boʻlsa, vitamin  $V_{12}$  organizmdan tez chiqib ketadi.

*Metodika.* Bemorga, ertalab nahorda 0,25 mg karboxolin mushaklar orasiga

yuboriladi. Bu modda me'dada gastromukoprotein ishlab chiqarishni stimulyatsiya qiladi. Oradan 15 min. o'tgach bemorga 70 -180 KB aktivlikga ega vitamin  $^{58}\text{So}$ -  $\text{V}_{12}$  ichiriladi. Radiometriya u preparat ichirilgan kuni va 10-sutkada takrorlanadi va organizmga surilgan vitamin  $\text{V}_{12}$  miqdori aniqlanadi. Surilgan vitamin  $\text{V}_{12} = A/A_1 \times 100\%$

A va  $A_1$ , 1 va 10 kunlardagi radioaktivlik. Vit.  $\text{V}_{12}$  metabolizmini uning axlat, siydik bilan chiqarilishi, plazmdagi miqdorini o'lchash bilan ham amalga oshirish mumkin. Ammo u metod texnik jihatdan sertashvish. Ko'p kunlar davomida siydik axlatni to'plash va radiometriya o'tkazish, undan tashqari qon plazmasining radioaktivligini o'lchashni talab qiladi.

Shunga o'xshash metodikalar yordamida organizmda endogen oltingugurt  $^{35}\text{S}$ - natriy sulfati metabolizmi,  $^{45}\text{Sa}$ -kaltsiy xlor  $^{99\text{m}}\text{Ts}$ -texnifor metabolizmlarini, eritrotsitlar, leykotsitlar, trombositlar funksiyasini, turli organlarda kechadigan metabolik jarayonlarni o'rganish mumkin. M. Jigarning yutish - ajratish (poglotitelno-videlitel'naya) o't hosil qilish, barer funksiyalarini o'rganish,  $^{57}\text{Se}$ -metionin jigar parenximasida tutilishi asosida uning oqsil hosil qilish funksiyasini o'rganish va hakovolar.

*Radionuklidlarning mikrobiologiyada qo'llanishi.* Radionuklidlar makroorganizmlarning fiziologiyasi, bioximiyasi, genetikasini o'rganishda sezgir metod sifatida qo'llanadi. Ular yordamida aminokislota oqsillar, nuklein kislotalar sintezini o'rganish mumkin. Nishonli mikroorganizmlarni olish. Buning uchun mikroblar o'stiriladigan oziqa muhitga myaso - peptonniy; va myaso - peptonniy pechenochniy agar (MPA, MPPA) va boshqa muhitlarga  $^{35}\text{S}$ ,  $^{32}\text{R}$  izotoplari, nishonli metionin, tsistin, natriy sulfat, natriy fosfat aralashtiriladi.

*Metodika.* Radionuklidlar  $^{32}\text{R}$  150 -160 KBK/ml,  $^{35}\text{S}$  70 -80 KBK/ml. 4 ml. hajimda, 100 ml oziqa muhitga qo'shiladi, probirkalar apparatda roso silqitib aralashtiriladi, probirkalarga 5 ml.-dan quyiladi, 25 min davomida avtoklavda 0,7 ATM da sterilizatsiya qilinadi va qiyalatib qotiriladi. Sungra

bakteriyalar (m. Ichak kaltakchalari -kishechnaya palochka)ning 1 sutkali agar agar kulturasidan sim sirtmoqqa (petlya) bilan olib radioaktiv muhitga ekiladi va termostatga quyiladi. Radioaktiv muhitga ekib ko'paytirilgan mikroblar probirkalardan distillangan suv bilan yuviladi, 3-6 marta tsentrofugalanib o'zlashtirilmagan Radionuklidlardan tozalanadi, quritiladi va radiometriya o'tkaziladi. Nishonli bakteriyalar asosan ikki yo'nalishda qo'llanishi mumkin. Bakterial hujayralar modda almashinishining o'ziga xos tomonlarini o'rganish; mikroorganizm bilan makroorganizm o'rtasi aloqalar, kasalliklar patogenezi, diagnostikasi masalalarini o'rganish, bakteriyalarning patogen yoki patogen emasligini tafovutlash.

Nishonli eritrotsitlar, leykotsitlarning olinishi. Nishonli qon shakliy elementlari ularni  $^{32}\text{R}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Ts}$ ,  $^{51}\text{Sr}$  -li muhitda (plazmada) inkubatsiya qilib olinadi. M. Nishonli eritrotsitlarni olish metodikasi. 1000 yed. geparin solingan probirkaga 20 ml bemor qoni solinadi. Unga, har bir ml qonga 200 KBk miqdorida  $^{51}\text{Cr}$  qo'shiladi. Vaqt-vaqti bilan (ohista aralashtirib) 1 soat davomida inkubatsiyadan sung qon tsentrafugalanadi va eritrotsitlar plazmadan ajratiladi. O'zlashtirilmagan Radionuklidlardan tozalash uchun eritrotsitlar izotonik eritmada uch marta yuvib qayta tsentrafugalanadi. Nishonli eritrotsitlar tsirkulyatsiyadagi qonning va eritrotsitlarning umumiy hajmi, yashirin qon oqishni aniqlash va eritrotsitlarning o'z patologiyasiga doir tadqiqotlarda qo'llanadi.

Biologik tadqiqotlarda radionuklidlarning o'simliklar hayvonlar to'qimalarda, hujayrlarda to'planishi va shu orqali ularning hujayra strukturalarida kechadigan jaraenlarda qatnashishini o'rganish metodi - *radioavtografiya* va *mikroradioavtografiya* metodlari mavjud. Bu tadqiqotlarda hujayradagi metabolik jarayonlarda ishtirok etuvchi modda tirik organizmga kiritiladi va ma'lum muddat o'tgach, biopsiya yoki autopsiya yuli bilan olingan to'qimalar namunasini mikrotom yordamida kesib sezgir fotoplastinkaga yopishtiriladi yoki mikrotomda kesilgan to'qima qatlami predmet shishasiga

o'rnatib fiksatsiya qilingach, hujayralar ustiga suyuq, fotoemulsiyaning yupqa qatlami surtiladi. Emulsiya surtilgan preparat nur tushmaydigan qutichada ma'lum muddat saqlangan (1-2 hafta) sungra fotoobrabotka qilinadi. Fotoobrabotka: ochish, fiksatsiya - dan sung preparat gematoksilin bilan bo'yaladi. Uni mexanik ta'sirdan buzilmasligi ta'minlangach, quritib mikroskop ostida immersion ob'ektivlar yordamida o'rganiladi. Radioavtografiya maqsadlarida past energiyali beta zarrachalar tarqatuvchi izotoplar –  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{35}\text{S}$  qo'llanadi. Bu izotoplar nurlarining o'tuvchanligi kichik, fotoemulsiya yuqori sezgirlikga ega, nur unda loqal doʻl qoldiradi. Ba'zi radioavtografiya preparatlari elektron mikroskop vositasida o'rganiladi. Bu metod yordamida hujayra bo'linishi tsiklining fazalari, hujayra populyatsiyasining proliferativ puli, DNQ sintezining intensivligi, DNK oldi birikmalari, xromosoma DNK-sining va oqsillarining reproduksiyasi, hamda yadro va sitoplazmada kuchuvchi boshqa nozik biologik jarayonlarni o'rganish mumkin.

Ma'lumki zarracha fotoemulsiyaga ta'sir qilib, unda iz qoldiradi. Radioavtogrammada fotoemulsiya mikroskop ostida ko'zatib, kiritilgan radionuklid nurlari qoldirgan izga qarab, uning hujayra strukturasining qanday organellalarida tutilgani, va qanday jarayonlarda ishtirok etish o'rganiladi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Radiasiyaning tuxum hujayraga embrion va homilaga (sichqonlar misolida) ta'siri.
2. Radiasiyaning odam embrioni va homilasiga ta'siri.
3. Homila nurlanishida odam va hayvonlarda yuzaga keluvchi asosiy o'zgarishlar.
4. Nurlanishning somatik va genetik effektlari va uning nur dozasiga, doza quvvatiga bog'liqligi.



5. Organizmni nur ta'siridan kimyoviy himoyalash.

**15. IONLANUVCHI NURLARNING OLIY O'SIMLIKLARGA VA  
JONLI DUNYONING BOSHQA TURLARIGA TA'SIRI.**

*Tayanch iboralar:* oliy o'simliklar, bakteriyalar, qishloq xo'jalik zararkunandalari, o'simlik hujayraning DNK-si, xromosomalarga ta'sir, sterilizasiya, urug'larni nurlash, o'sishni stimulyasiyalash, rivojlanishga ta'sir, hosildorlik, radiodiagnostika, nurli terapiya.

**15.1 Ionlanuvchi nurlarning usimliklarga ta'sirining umumiy tavsifi.**

Ionlanuvchi nurlarning qishloq xo'jaligida qo'llashga bo'lgan ehtiyoj o'simliklarga nur ta'siri, mexanizmlarni o'rganishni taqozo qiladi. Hujayralardagi modda almashinuvning asosiy jarayonlari anaerob va aerobli glikoliz, Krebs trikarbon sikli, oksidlovchi fosforlanish, nuklein kislotalar, oksidlar, fermentlar sintezi hayvonlar va o'simliklarda ko'p jihatdan o'xshash. Ammo o'simliklarda hujayralarning umumiy tuzilish sistemasi, modda almashinishi boshqarilishining hayvonlarga nisbatan ancha soddaligi ularda nur ta'sirida yuzaga keluvchi dastlabki o'zgarishlarni kuzatishni osonlashtiradi.

Ionlanuvchi nurlarning o'simliklar urug'iga, yosh nihollarga, voyaga yetgan o'simliklarga ta'siri, turli nurlash sharoitlarida kuzatilgan. O'simliklarga nur ta'sirini, ularni maxsus gamma-maydonchalarda o'tkir va surunkalarni nurlab, yoki ularga radioaktiv moddalar kiritib o'rganilgan. Radiatsion effekt, asosan o'simliklarning o'sish va rivojlanish tezligining o'zgarishi, shoxlanishi, ular tuzilishida morfologik o'zgarishlar paydo bo'lishi, shishsimon o'smalar

rivojlanishi, o'simliklarning o'lishiga qarab belgilanadi. Sitologik tekshirishlarda radiasiya ta'sirida mitotik indeksning o'zgarishi, xromosoma aberrasiyalarning soni, o'simlik hujayralari yadrosi va sitoplazmasidagi o'zgarishlar o'rganilgan. Nurlangan o'simliklar yangi naslida mutantlar, sterillik paydo bo'lishi va hosildorlikga e'tibor berilgan. Hujayra nafas olishi, fotosintez, oksidlovchi fosforlanish, nuklein kislotalar va modda almashinishining boshqa ko'rsatgichlariga radiasiyaning ta'siri, hujayraning fizika-kimyoviy xarakteristikasi-o'tkazuvchanlik, ekzoosmos, plazma harakati, elektr o'tkazuvchanlik biopotensiallar nur ta'sirida o'zgarishi kuzatilgan.

Tadqiqotlar ko'rsatishicha, o'simliklar radiasiya ta'siriga hayvonlarga nisbatan ancha chidamli. Issiq qonli hayvonning yetuk yoshlilari bir miyorda, qisqa muddatli umumiy nurlanish sharoitida 10 gr atrofidagi nur ta'siridan o'ladi. Sovuq qonlilar uchun letal doza - 15-40 gr. Voyaga yetgan o'simliklarda bir necha ming Gr nur ta'sir etganda ham birorta seziladigan o'zgarish yuzaga kelmaydi.

O'simliklarning har xil turlarining nurga ta'sirchanligi turlicha. Masalan: Gamma nurli maydonchalarda surunkali nurlab o'tkazilgan tajribalarda o'simliklarning tashqi morfologik o'zgarishlari, rivojlanishdan qolishi, majruhliklar kelib chiqishi e'tiborga olinadigan bo'lsa, ba'zi o'simliklarda (*Tradescantia paludosa*, *Lilium Longifarum* - udlennennaya liliya) rivojlanishining buzilishi surunkali nurlashda 0,3-0,5 gr kunlik dozadan yuzaga kelsa, gladioluslar kunlik doza 50-60 r-ga teng nur ta'sirida kuchsiz o'zgarishlar namoyon qiladilar yoki mutloq o'zgarish kuzatilmaydi. Dastlab olimlar o'simliklarning turlicha radiosezgirliги ularda xromosomalar soniga bog'liq bo'lsa kerak deb faraz qilganlar, ammo keyingi kuzatuvlar o'simliklar nurga ta'sirchanligining ularda xromosomalar soniga bog'liq emasligini ko'rsatdi.

Masalan: *Pisum sativum* – (14 xromosoma) zararlovchi doza- 080 gr.

*Trifolium repens* – (16 xromosoma) zararlovchi doza- 300 gr.

*Sinapis alba* – (18 xromosoma) zararlovchi doza- 920 gr.

*Cannabis sativa* – (20 xromosoma) zararlovchi doza -075 gr.

*Helianthus annuus* (34 xromosoma) zararlovchi doza -050 gr.

O'simliklar xromosomalarining ploidligi ham ularning nurga ta'sirchanligini tushuntirib berolmaydi. Ploidligi bir xil bo'lgan har xil o'simliklarning nurga sezuvchanligi turlicha bo'lishi mumkin. Ammo bir turga mansub o'simliklarning ploidligi ortib borishi bilan ularning nurga chidamliligi ortadi. M. Xrizantemalarning uch turi turlicha ploidlikka ega ( $2n$ ,  $8n$ ,  $22n$ ). Ploidlik ortishi bilan hujayra yadrosi ham kattalashib boradi. Shunga bog'liq holda o'simlikning nurga chidamliligi ham ortadi.

Ko'p o'simliklarda buning teskarisi, nurga sezuvchanlik yadroning kattaligiga bog'liq. Yadro kattalashgan sari hujayralarning nurga sezuvchanligi ortib boradi. Yadroning kattaligi undagi DNK soniga bog'liq. Demak, o'simlik hujayrasining nurga sezuvchanligi uning yadrosidagi DNK soniga proporsional ortib boradi. Bunga isbot: o'simlik urug'i ho'llangandan so'ng dastlabki paytlarda yadro kattalashadi unda DNK soni va hujayra radiosezgirliigi ham ortadi. Ammo hujayra radiosezgirliigini faqat DNK sonining ortishi va yadro kattalashishi bilan bog'lab bo'lmaydi. Chunki bu jarayonlar DNK sintezi davrining nihoyasida kuzatiladi. Hujayraning nurga eng yuqori ta'sirchanlik vaqti presintetik fazaga to'g'ri keladi. Bu o'rinda shuni e'tiborda tutish kerakki, hujayra yadrosi kattalashishi bilan bir vaqtda hujayraning hajmi sitoplazmaning hajmi, ham kattalashishi modda almashinishining faollashadi. Bu jarayonlar radiosezgirlikni ortishiga sabab bo'lishi mumkin.

O'simlik hujayralarining nurga sezuvchanligida ularning fiziologik holati, modda almashinishning faolligi muhim ahamiyatga ega. O'tkir nurlash sharoitida tez o'suvchi, fiziologik jarayonlar aktiv kechuvchi o'simliklar nurga ta'sirchan. Modda almashinish jadalligi va hujayra bo'linish siklining davomiyligi tashqi haroratga ham bog'liq. Ma'lum optimal haroratda bu

jarayonlar eng yuqori jadallikga yetadi. Shu paytda o'simlikning nurga ta'sirchanligi maksimumga yetdi.

O'simliklar urug'i ham turlicha radiosezgirlikka ega. Ba'zi o'simlik urug'lari nisbatan kichik dozadan uladi (M. ot loviyasi-bobi konskiye-100 gr, nurdan o'ladi, ayni vaqtda oq gorchisa urug'i hatto 2000 gr nur ta'siridan keyin ham yashash qobiliyatini saqlaydi. O'simlik urug'larini siyrak ion hosil qiluvchi (rentgen yoki gamma) nurlar bilan nurlashda ta'sir effekti me'yorda bir tekis emasligi kuzatiladi. Ba'zi o'simliklar urug'i chuqurroq, ba'zilari kamroq zararlanadi yoki deyarli zararlanmaydi. Ammo zich ionlovchi nurlar (neytronlar) ta'sirida zararlanish kuchliroq bo'ladi.

O'simlik urug'larining nurga ta'sirchanligi undagi suv miqdoriga bog'liq. Urug'da suv miqdori normal (10-12%) bo'lganida u nurga sezuvchan. Urug'ni sun'iy quritish natijasida undagi suv miqdori kamayib ketsa, (4% qadar tushsa) yoki urug' namlansa radiosezgirlik ortadi. M: urug'ni 8 soat nurlash uning nurga ta'sirchanligini 10 marta oshiradi. Sababi - urug' hujayrasida aktiv metabolizm boshlanishi uning nurga ta'sirchanligini oshiradi. Bu radiosezgirlik uchun hujayrada modda almashinuv jarayonlarining shiddati naqadar ahamiyatli ekanini ko'rsatadi. Urug'ning biokimyoviy tarkibi, undagi modda almashinish va nurga ta'sirchanlikka ta'sir ko'rsatadi.

O'simliklar urug'ini rentgen va gamma nurlar bilan nurlanganda kislorod ishtiroki nurga ta'sirchanlikni kuchaytiradi. Neytronlar bilan nurlashda bu effekt namoyon bo'lmaydi. Rentgen nurlari ta'siridan keyingi dastlabki soatlarda urug'da genetik zararlanishlar (xromosomalar uzilishi) yaqqol ko'payadi va bu jarayonda tashqi muhit, harorat, namlik, kislorod ishtiroki muhim ahamiyatga ega.

O'simliklarning turli funksional qismlarining nurga ta'sirchanligi turlicha. Tomirlar uchi, kurtaklarning nurga ta'sirchanligi yuqori. Yetarli kattalikdagi nur dozasi o'simliklarda hayvon organizmidagi kabi yadroda DNK sintezini, mitoxondriyalardagi oksidli fosforlanish jarayonlarini sekinlashtiradi. Fotosintez

jarayoni esa nur ta'siriga chidamli, fotosintezning sustlanishi nisbatan katta dozalarda yuzaga keladi, shu bilan birga doza ortib borishi bilan bu jarayon ham sekinlashib boradi. Hujayra reproduktiv qismini nurlash xromosoma aberrasiyalari va mutasiyalar chaqiradi. Zich ionlovchi radiasiya (neytronlar) ko'p miqdorda xromosoma aberrasiyalari chaqiradi. Siyrak ionlanuvchi nurlarning zarari kamroq bo'ladi.

O'simliklarni nisbatan kichik dozalarda nurlash natijasida ko'p hollarda hujayralar bo'linishi va o'sishining tezlanishi, hosildorlik va uning sifati o'zgarishi mumkin. Katta dozalarda surunkali, ko'p kunlar davomida nurlash o'simlik o'smalarini keltirib chiqaradi. Bu o'smalar ikki xil bo'ladi. Bir turi o'simlik uchlari, shoxlari, barglari orasidan o'suvchi, ikkinchisi subepidermal hujayralar o'sishi tufayli bo'rtish sifatida bo'lishi mumkin.

## **15.2 O'simliklardagi nur ta'sirining fizikaviy va kimyoviy mexanizmlari.**

Ionlanuvchi nurlar ta'sirida o'simliklarda kuzatiluvchi birlamchi va dastlabki jarayonlar tirik mavjudotda kechuvchi jarayonlardan prinsipial farq qilmaydi. Ammo, o'simliklarda o'zaro boshqarish jarayonlari ancha sodda, modda almashinishning o'ziga xos tomonlari mavjud. Shular tufayli va voyaga yetgan o'simliklarning nurga chidamliligi ularda biologik ta'sirning ayrim tomonlarini kuzatishga imkon beradi. O'simliklarda hayotiy jarayonlarning normal fiziologik ko'rsatkichlari - o'sish, rivojlanishning tezligi, mitozlar intensivligi reproduktiv organlar (urug')ning soni, ko'k massa miqdorining o'zgarishlarida stimulyasiyalash effektini kuzatish mumkin. M: Kartoshkani nisbatan kichik dozada nurlash, unda ko'karayotgan ko'zchalar sonining ortishiga olib keladi. Xuddi shuningdek, lavanda, so'li, makkajo'xori, sabzi urug'larini nurlash, ularda mitozlar sonining ortishiga, o'sishning tezlashishiga, hosildorlikning oshishiga olib keladi, ammo juda katta dozalar qo'llangan hollarda, aksincha, bu ko'rsatkichlarning kamayishi ro'y beradi. Xulosa qilib

ayganda, o'simliklar urug'ini kichik dozada nurlash, o'sish, rivojlanish, hosildorlikga stimulyasiyalovchi ta'sir ko'rsatadi. Katta dozalar jarayonlarga salbiy, pasaytiruvchi ta'sir ko'rsatadi. Xuddi shuningdek, nurning stimulyasiyalovchi ta'siri, gamma-maydonchalarda o'simliklar poyasi nurlanganda yoki ularga radioaktiv moddalar yuborilganda ham kuzatiladi. Nur ta'sirida o'simliklarda rivojlanadigan o'zgarishlar faqat dozaga bog'liq emas. Nurlash chaqiradigan effekt, nurning turiga, ionlarning zichligiga ham bog'liq. Muhitda zich ionlanish chaqiruvchi nurlar- tez neytronlar va  $\alpha$ -nurlar bilan nurlash doim zararli ta'sir ko'rsatadi. Stimulyasiyalovchi effekt faqat siyrak ionlovchi nurlar - beta, gamma va rentgen nurlari ta'sirida kuzatiladi.

1925 yilda M.I. Nemenov ionlovchi nurlarning kichik dozalari loviyalarda mitozlarni faollashtirishni kuzatib, buning sababi modda almashinishining nur ta'sirida o'zgarishi deb taxmin qildi. N.V. Timofeyev-Ressovskiylarning taxmin qilishicha, nur ta'sirida sitoplazmada hujayra molekulalarining yemirilishi ro'y beradi va ular kichik konsentrasiyalarda hayot faoliyatini qo'zg'atuvchi, stimulyasiyalovchi ta'sir ko'rsatadi. Nurlangan o'simlik, to'qimadan so'rib olingan moddalar kichik konsentrasiyalarda o'simlik urug'i rivojlanishini stimulyasiya qilishi, katta miqdorlarda urug'ning unib chiqishi va o'simlikning rivojini kamaytiradi. Bu moddalar, o'simlik tomirida mitozlarni kamaytiradi, mikroyadrolar hosil qiladi, xromosoma aberrasiyalarini chaqiradi. Nurlashda o'simliklarda hosil bo'luvchi biologik aktiv moddalar - fenollar fermentativ oksidlanishning faollanish mahsuli - xinonlar va ortaxinonlar hamda to'yinmagan kislotalarning perioksidlari bo'lishi mumkin.

Shunisi qiziqki, o'simlik urug'ini yarim letal dozada nurlangandan so'ng 1 sutka davomida yuvilsa, radiatsion effektlarning 50-70% kamayishiga olib keladi. Bu paytda zararli toksik mahsulotlarning bir qismi yuvilib ketishi natijasida radiatsion effekt kamayadi deb taxmin qilish mumkin. Demak nur ta'sirida o'simliklarda ham radiotoksinlar hosil bo'ladi.

Radiotoksinlar hujayra yadro DNK-sidan informasiyani fermentlar sintez qiluvchi ribosomalarga uzatishga to'sqinlik qilishi mumkin. DNK polinukleotidlar zanjiri alohida zvenolarining buzilishi hujayraning oqsil sinteziga ta'sir ko'rsatadi. M: Nurlangan chigitdan (150 gr) o'sib chiqqan paxta chigiti DNK-sida adenin va timinning o'zaro miqdor nisbati va oqsillarda ba'zi aminokislotalar miqdori o'zgaradi.

### **15.3 Yadro nurlarining qishloq xo'jalik zararkunandalariga ta'siri va ularga qarshi kurashda qo'llash.**

O'simliklar va tirik mavjudot radiosezgiriligining katta farqi, o'simlik mahsulotlarning qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi kurashda yadro nurlaridan foydalanishga imkon beradi.

Ma'lum bo'lishicha, zararkunanda qurt-qumursqalarning lichinkasi nurga ancha ta'sirchan 100-200 gr nur ularning ko'payishini to'liq to'xtatadi va ayni vaqtda quruq o'simlik mahsuloti sifatini mutloq o'zgartirmaydi.

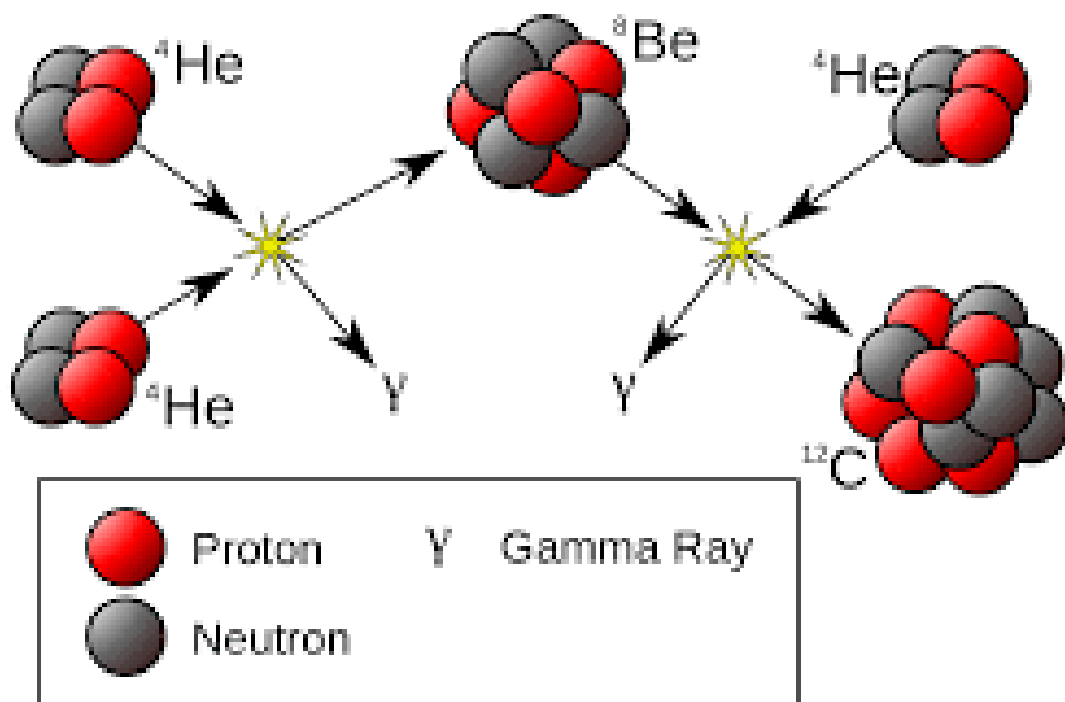
Shunga asosan don mahsulotlarini elivatorga to'kish oldidan 100 gr dozada gamma nurlash tavsiya etiladi. Bu doza nur, ombor mitasining lichinkalarini o'ldiradi. Xuddi shuningdek, quruq meva va sabzavotni ham nurli sterilizasiya qilish tavsiya etiladi. 50 gr dozada Greypfrutni nurlash Meksika meva pashshasi lichinkalarini to'liq safdan chiqaradi va bu mevani uzoq saqlash hamda va uzoq masofaga tashish imkoniyatini beradi.

Aytish kerakki, ho'l meva va sabzavotni nur yordamida sterilizasiya qilib konservasiyalash ba'zi qiyinchiliklarga ega. Mikroblarni o'ldirish juda katta dozalarni (15000-20000 gr) talab qiladi. Bu dozalar vitaminlar oksidlanishini chaqirishi, odatdan tashqari oksidlanish mahsulotlari hosil qilishi mumkin.

Yadro nurlari bahor, yoz oylarida kartoshkaning o'sib ketishini oldini olish uchun ham qo'llanildi. Buning uchun maxsus bunker orqali o'tayotgan kartoshka <sup>60</sup>So gamma nurlari bilan nurlanadi. Kartoshkaning bunkerdan o'tish

tezligi uni 80-100 gr nur olishini ta'minlaydigan bo'lishi lozim. Bunday nurlash, kartoshkani ozuqa sifati, shirinligini o'zgartirmagan holda uni ko'karishdan to'la saqlaydi.

*Yadro nurlarini o'simlikshunoslik amaliyotida qo'llash.* Yadro nurlarining qishloq xo'jaligida qo'llanishining yana bir turi, o'simlik urug'ini ekish oldidan nurlash. Nurlash urug'ning unib chiqish energiyasini oshiradi, dastlabki rivojlanish davrida ildiz sistemasining o'sishi, tomir otishining tezlanishi va nav nihol o'sishini yaxshilaydi.



22-rasm. Kimyoviy moddalarning parchalanishi natijasida gamma nurlarining tarqalishi.

Nurlangan urug'dan o'sgan o'simliklarda gullash ertaroq ruy beradi, hosil to'plash davri tezlashadi va hosildorchilik 10-20% ortadi. Hosildorlikning ortishiga o'simlikda modda almashinishning tezlanishidan tashqari, o'simlik shoxlarining ko'payishi, qo'shimcha o'sish nuqtalari paydo bo'lishi sabab bo'ladi. M: Nurlangan urug'dan o'sgan makkajo'xorida asosan 2,3,4



makkajo‘xori sutasi hosil bo‘ladi. Ayni vaqtda o‘simlik donida vitaminlar, qand oqsillar miqdori ko‘payadi, hosil sifati yaxshilanadi. O‘simliklar hosildorligini yaxshilash uchun urug‘ni nurlashning optimal dozasi turli o‘simliklar uchun turlicha. M: makkajo‘xorining silos uchun ekiluvchi sterling navi urug‘i uchun optimal doza 5 gr, sabzi urug‘i uchun – 25 gr, karam urug‘i – 20 gr, so‘li – 10 gr, osh kadi, qovun urug‘i – 40 gr, paxta chigiti – 15 gr. O‘simlik urug‘ini optimal nurlash dozasi turli iqlim zonalari uchun bir xil emas. Issiq iqlim zonalari uchun doza yuqoriroq. M: makkajo‘xori doni o‘rta iqlim belboqi (Sredniy klimaticheskiy poyas) uchun 5 gr. Ozarboyjon uchun 30 Gr. Nurlashda urug‘ning namlik darajasi e‘tiborga olish lozim. Yuqorida keltirilgan optimal dozalar kondension namlik uchun ishlab chiqilgan. Effekt nurlashdan keyin o‘tgan vaqt va urug‘ni saqlash sharoitiga ham bog‘liq. Urug‘ni nurlangandan keyin darhol ekilsa, eng yaxshi effekt kuzatiladi. Nurlashdan keyingi soatlarda urug‘ni ekish nihol o‘shisini 50-80% tezlashtiradi. Stimulyasiyalovchi effekt 24 soat ichida keskin kamayadi va keyingi 7-10 kun davomida o‘zgarishsiz qoladi. Bu kunlar urug‘ni ekish uchun qulay, ammo bunda stimulyasiyalash effekti 10-20% ni tashkil qiladi.

Ekishdan oldin urug‘ni nurlashning bir o‘zi yuqori hosilni ta‘min etmaydi. Nurlashning effektivligi o‘simlikning o‘shish sharoitiga ham bog‘liq. Effekt qulay agrotexnika sharoitlarida yuqori va noqulay tashqi sharoitlar - suv, o‘g‘it yetishmasligi kabi salbiy faktorlarni kompensasiya qilmaydi. O‘simlik uchun optimal sharoitda stimulyasiyalovchi ta‘sir to‘liq realizasiyalanadi (amalga oshadi). M: gidroponika sharoitda o‘stirilgan urug‘i nurlangan makkajo‘xorilari yoki arpaning ozuq massasi deyarli ikki barobar ortishi mumkin, oziqaning vitaminligi ham ortadi.

Paxta, sabzi, karam, kartoshka, osh qovoq, qovun urug‘larini ham ekin oldidan urug‘ni nurlashning foydali tomonlari aniqlangan. O‘z vaqtida, 108- F paxta chigitini nurlash (15-20 gr) vositasida hosildorlikni 10% oshishiga erishilgan. Hozirgi erta pishar, hosildorligi yuqori paxta navlarining yaratilishida

ham yadro nurlarining chigitga ta'siridan olingan natijalarning ham o'z o'rnini bor. Urug'ni va unib chiqayotgan texnika ekinlarini nurlashda hosil bo'luvchi ijobiy mutasiyalardan konkret maqsadlarda foydalanish, xalq xo'jaligini yetarli ozuqa mahsulotlari bilan ta'min etish imkoniyatini yaratadi. Ionlanuvchi nurlarning jonli dunyoning boshqa turlariga ta'siri va undan amaliyotda foydalanish. Ionlovchi nurlar bakteriosid ta'sirga ega bo'lib bundan ilmiy maqsadlarda Radiatsion mutagenezni o'rganish amaliyotda biologik preparatlarni sovuq sterilizatsiyasi uchun foydalaniladi. Veterinariya amaliyotida ionlanuvchi (rentgen) nurlar diagnostika maqsadida qo'llanadi. Bu sohada hayvonlar asosan eksperimentlar obyekti sifatida xizmat qiladi. Ionlovchi nurlar ko'proq tibbiyotda rentgenodiagnostika, radionuklid diagnostika va nurli terapiya maqsadilarida qo'llanadi. Tibbiyotda ionlanuvchi nurlar asosan xavfli o'smalar, yallig'lanishli, ayniqsa surunkali yallig'lanishlar, degenerativ va distrofik kasalliklarni davolashda qo'llashadi.

#### **15.4 Ionlanuvchi nurlarning davolash maqsadida qo'llanishining radiobiologik asoslari.**

Ionlanuvchi nurlarning kasalliklarni davolashda qo'llanishi asosan ikki narsaga asoslangan:

1. Nurlangan to'qima, organ va butun organizmda funksional va organik o'zgarishlar chaqirishi. Kasallangan organ va to'qimalarni yoki patologiyaning kechishiga ta'sir ko'rsatuvchi strukturalarni nurlab, ularda davolash uchun kerak bo'lgan effekt chaqiriladi. Ma'lumki, kichik dozalar asosan funksional, katta dozalar morfologik o'zgarishlar chaqiradi. Shunga asosan, kasallangan organ va to'qimalar, patologiya o'chog'i yoki patologiyaning kechishiga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan anatomik strukturalarni nurlab, davolash effekti olish mumkin.

M: Qalkonsimon bez giperfunksiyasi – gipertireozda, shu organning tiroksin garmoni ishlab chiqarish funksiyasini pasaytirish lozim. Buning uchun bemorga

ma'lum miqdorda radiaktiv yod ichiriladi. Bu modda qalqonsimon bezda to'planadi, undan tarqalgan nur tireositlarning bir qismini zararlaydi va garmon sintezi kamayadi. Natijada tireotoksikoz alomatlari yo'qoladi. Ikkinchi misol: katta dozalar hujayralarni o'ldiradi, hatto to'qimalar nekroziga olib keladi. Shunga asoslanib xavfli o'sma to'qimalarini yemira oladigan dozada nur qo'llab rak va shunga o'xshash o'smalar davolanadi.

2. Patologik o'zgargan to'qimalarning nurga sezuvchanligi sog' to'qimalarga nisbatan yuqori. Ma'lumki, yosh differensiyasi past, tez bo'linuvchan funksional aktiv hujayralarning nurga ta'sirchanligi yuqori. Normal hujayralar aynib o'sma hujayralariga aylanganda, ularning differensiyasi pasayadi. Hujayra bo'linishi tezlashadi, demak nurga ta'sirchanligi ortadi. Shu sababli sog' to'qimalar orasida yotgan o'sma nur ta'sirida atrof sog' to'qimalarda nekroz yuzaga kelib ulgurmasdan o'ladi.

Yallig'langan to'qimalar ham nurga ta'sirchan. Chunki yallig'lanishda ro'y beruvchi jarayonlar – alterasiya, ekssudasiya va proliferasiya nurga ta'sirchanlikni oshiruvchi faktorlardir. Alterasiya – hujayraning, to'qimaning patogen faktor ta'sirida zararlanishi. Nurlash bu zararlanishlarni tiklanmaydigan darajaga keltiradi. Ekssudasiya – hujayra, uning atrofida to'qimalarda suyuqlik miqdorining ortishi – bu sharoitda nurlanish suvning radioliz mahsulotlari va perioksidli birikmalar ko'p hosil bo'lishiga, radiasiyaning vositali ta'siri kuchayishiga olib keladi. Proliferasiya – hujayralar bo'linishining tezlashishi, bu sharoitda nurga ta'sirchanlik ortadi.

Yallig'lanish, degenerativ – distrafik jarayonlar, bitmaydigan turli yaralar va boshqa surunkali jarayonlarda nur terapiyasining qo'llanishi, nur ta'sirida yuzaga kelgan kichik o'zgarishlarga javoban reflektor va boshqa ijobiy ikkilamchi o'zgarishlarga asoslangan. M: yallig'langan to'qimalar yoki bitmaydigan yaralarni kichik dozada nurlashda shu soha reseptorlari ta'sirlanadi, markaziy nerv sistemasiga yo'nalgan impulslar paydo bo'ladi, ularga javob reaksiya natijasida nurlangan sohada qon aylanishining, to'qimalar

oziqlanishining yaxshilanishi yuzaga keladi. Nur ta'siridan ba'zi nurga sezuvchan hujayralar o'ladi, leykositlarning migrasiyasi va fagositozni stimulyasiya qiladi. O'lgan hujayralarning toksinlariga yangi antitellar hosil bo'ladi. Bu reaksiyalar spesifik emas, ular mahalliy tiklanish jarayonlarni stimulyasiya qiladi.

To'qimalar va organizmni nurga ta'sirchanligini ma'lum darajada boshqarish mumkin. Bunga ehtiyoj asosan o'smalarni davolashda yuzaga keladi. O'smaning oksigenasiyasini oshirish (giperbarik oksigenasiya yordamida) uning nurga ta'sirchanligini kuchaytiradi. Bunga teskari yo'l bilan ham erishish mumkin, o'sma sohasini oziqlantiruvchi qon-tomirlarni bog'lab. Bu holda ta'minotga sezuvchan, modda almashinishi aktiv bo'lgan rak hujayralari qon yetishmaslikdan o'la boshlaydi. Yoki ularda distrofik o'zgarishlar rivojlanadi. Bunday sharoitda nur hujayralarni kuchliroq zararlaydi.

O'sma hujayralari nurga ta'sirchanligini oshirishning yana bir yo'li, giperglikemiya hosil qilishdir. O'smalarda uglevodlar almashinishi to'liq bo'lmay, sut kislotasi (molochnaya kislota) qadar davom etadi. Giperglikemiya sharoitida o'sma hujayralarini sut kislotasi bilan zaharlanishi ro'y beradi. Bunday sharoitda nurlash nurning zararli ta'sirini kuchaytiradi. Shuningdek, mahalliy gipertermiya ham o'sma to'qimasining nurga sezuvchanligini kuchaytiradi. Bulardan tashqari, qator kimyoviy birikmalarning ham nurlanishga sensibilizasiya chaqirishi aniqlangan. M: elektron akseptorlik xususiyatiga ega birikma-metronidazol kislorodga o'xshash ta'sir ko'rsatib gipoksiya sharoitidagi rak hujayralarining nurga ta'sirchanligini oshiradi. Sitostatik modda 5-ftorurasil nurning DNKga ta'sirini kuchaytiradi va o'smaning nurga sezuvchanligini oshiradi. To'qima va organlarning nurga ta'sirchanligini boshqarish o'smalarni davolash va sog' to'qimalarni saqlab qolishda muhim ahamiyatga ega.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Hayvon va o'simliklar hujayralari morfologiyasi va funksiyasining umumiy tomonlari.
2. Nur ta'sirida o'simliklarda rivojlanuvchi asosiy o'zgarishlar.
3. O'simliklarning nurga differensial ta'sirchanligi.
4. O'simliklar nurga ta'sirchanligining o'simlik hujayrasidagi xromosomalar soni va ploiddlikga, yadro va sitoplazma kattaligiga bog'liqligi.
5. O'simliklar urug'ining radiosezgirligi.
6. O'simliklarning funksional qismining nurga ta'sirchanligi.
7. O'simliklarga nur ta'sirining fizikaviy va kimyoviy mexanizmlari.
8. Yadro nurlarining qishloq xo'jalik zararkunandalariga ta'siri.
9. Yadro nurlarining o'simlikshunoslik amaliyotida qo'llanishi.
10. Yadro nurlarini biologiya va xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida qo'llash perspektivalari.
11. Yadro nurlarini tibbiyotda kasalliklar diagnostikasi va davolashda qo'llanishi.

## **16. RADIATION EKOLOGIYA MUAMMOLARI.**

*Tayanch iboralar:* Radiatsion ekologiya, gigiyenik me'yorlash, radiasiyaning tabiiy manbalari, radiativ ifloslanishlar, tabiiy fon, professional nurlanish, biologik oqibatlar, nurlanishdan saqlanish, MKRZ, MIED, nurlanuvchilar kategoriyalari.

## 16.1 Yadro portlashlari hisobiga radioaktiv moddalar bilan atrof-muhitni ifloslanishi.

Radiatsion ekologiya tabiatda radiaktiv moddalar va ularning nurlari bilan tirik mavjudotning yashashi, rivojlanishi o'rtasidagi aloqalarni o'rganadi. Albatta, tirik mavjudotlar orasida odam organizmiga tabiiy va sun'iy ravishda yuzaga kelgan radiaktiv muhitning ta'siri katta ahamiyatga ega. Yerdagi hayot – radiaktiv muhit tufayli yuzaga kelgan va rivojlanmoqda. XX asrning o'rtalaridan boshlab yadro sinovlari, tadqiqotlari va texnologiyalarini hayotga tadbiq qilinishi va bu jarayonda ro'y bergan turli ekstremal situatsiyalar, atom sanoati va texnologiyalarining radiaktiv chiqindilari radiaktiv muhitni o'zgartirdi. Radiaktiv moddalar sanoatda, qishloq xo'jaligi, tibbiy va xalq xo'jaligining boshqa sohalarida, ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llana boshladi. Bu radioekologiya katta muammosi - radiaktiv chiqindilarni o'tillash (yo'q qilish) muammosini keltirib chiqardi.

Tabiiy radiaktivlik quyidagilardan tashkil topgan:

1. Kosmik nurlar
2. Yer po'stlog'i suv va atmosfera radiaktivligi
3. Ovqat mahsulotlarining radiaktivligi
4. Organizmni o'zining radiaktivligi

Kosmik nurlarning uch kategoriyasi tafovvt qilinadi:

1. Galaktikaning kosmik turlari: ular asosan protonlar (97%),  $\alpha$  - zarrachalar (12%) va boshqa atomlar yadrosidan (S, N, O, C, Fe – 1%) tashkil topgan.
2. Yerning ikki radiatsion belbog'lari – yerning magnit maydoni tomonidan tutilgan protonlar va elektronlar oqimi.
3. Quyoshda kuchli portlashlardan so'ng hosil bo'lgan nurlar oqimi.

Kosmik nurlar – asosan protonlardan tarkib topgan. Quyoshdan tarqalgan birlamchi nurlar yer atmosferasining yuqori qatlamlari bilan to'qnash kelib

mezonlar, elektronlar, fotonlar, protonlar, neytronlar singari ikkilamchi nurlar hosil qiladi. Atmosferaning yuqori qatlamlarida birlamchi kosmik nurlar to'liq yutiladi va yerdan 20 km balandlikda ular deyarli topilmaydi. Yerga faqat ikkilamchi kosmik nurlar yetib keladi. Yerning o'rta kengliklarida, dengiz sathida kosmik nurlar dozasi 0,005rad (0,00005 gr) ni tashkil qiladi. Bu doza yer yuzasidan 1 km balandlikda deyarli 2 marta, 2 km balandlikda – 4 marta, 4 km balandlikda - 10 marta katta. 10, 20 km balandlikda doza yer yuzasidagiga nisbatan 70, 280 marta ortadi, ya'ni dengiz sathidan yuqoriga ko'tarilgan sari masofa ( $\text{km}^2$ ) kvadrati barobar ortib boradi.

Yer po'stlog'i, suv va atmosfera radiaktivligini asosan dispers sochilgan  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  va ularning parchalanishi produktlari – qiz mahsulotlari, hamda radiaktiv izotoplar  $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{S}$  tashkil qiladi. Yer yuzasida radiaktivlik bir xil emas, ba'zan regionlarda uran radiaktivligi 80 marta, radiy – 180, tariy – 150, kaliy radiaktivligi 10-12 marta katta. Radiaktivlik yuqori bo'lgan regionlar: Braziliyaning Rio-de-Janeyro, Espiritu-Santu shtatlari, Xindistonda Madras shtati, Koreyada, Tinch okeanida Nide oroli, Nil daryosining shimoliy qismi, Fransiyaning slansli va qumli hududlari O'zbekistonda - Nurobodda, Navoiyda, Buxoro viloyatining ayrim hududlarida, Qirg'izistonda Mayli-soy.

Dengiz suvida radiaktivlik asosan  $^{238}\text{U}$  va  $^{40}\text{K}$  hisobiga, daryo va ko'llarda uran va radiy hisobiga tarkib topgan. Tabiiy radiaktivlik buloq suvlarida, daryo suviga nisbatan ko'p. Buloq suvlarida uran miqdori deyarli ming marta, radiy miqdori o'n ming marta, radon bir necha million marta ko'p. Atmosferaning pastki qatlamlari radioaktivligini asosan radon va toron tashkil etadi. Bu moddalarning miqdori yopiq xonalarda ayniqsa beton devori binolarda ko'proq. Odam tanasi bir yilda o'rta hisobda radon va toron hisobiga 0,005 rad (0,00005 gr) nur oladi. Oziq mahsulotlar va o'simliklar radiaktivligi birinchi navbatda atrof-muhit, yer, suv, radiaktivligi bilan bog'liq. Shu bilan birga ba'zi o'simliklar o'zlarida radiaktiv moddalar radiy va uranni to'plash xususiyatga

ega. M: suv o'tlari, turli astrogallar (Astrogollus Patterson, A.Gred, A.Prenssi) igna bargli daraxtlar shunday xususiyatga ega.

Odam organizmi radiaktivligini suv, oziq-ovqat mahsulotlari va havo bilan organizmga tushuvchi moddalar hosil qiladi, ularning aksariyati  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Rb}$ , ma'lum darajada  $^{40}\text{K}$  va  $^{14}\text{C}$  hisobiga tarkib topgan. Radiy va radiaktiv qo'rg'oshin aksariyat suyaklarda to'planadi. Agar odam organizmining nurlanishini 100% deb olsak, uning 40% kosmik nurlar, yana shunchasi yer va suv radioaktivligi tashkil etadi. Bu manbalar hisobiga jinsiy a'zolar, suyak va uning ko'migi bir me'yorda nurlanadi. Odam tanasidagi radioaktivlik (ichki) nurlanishni umumiy dozaning 20% ni tashkil etadi. Shundan 19%  $^{40}\text{K}$  hisobiga 1% boshqa radiaktiv manbalar hisobiga, to'g'ri keladi.

*Yadro portlashlari hisobiga radiaktiv moddalar bilan atrof-muhitning ifloslanishi.* 1945 yilda ANSh harbiylari Yaponiya shaharlari Xirosima va Nagasakini bombadimoni, 1954-1959 yillarda katta quvvatga ega, megatonli atom bombarlari va termoyadro reaksiyasiga asoslangan vodorod bombalarni sinash, 1961-1962 yillarda katta yadro portlashlaridan (50,100 megatonna) keyin juda ko'p miqdorda radioaktiv mahsulotlar atmosferaga ko'tarildi.

Yadro portlashlari asosan uch xil sharoitda, atmosferada, yer ustida, yer yoki suv ostida amalga oshirilishi mumkin. Muhitning radiaktiv mahsulotlari bilan ifloslanishi portlashning turiga bog'liq. Yadro mahsulotlarining atmosferaga eng ko'p miqdorda ko'tarilishi yer usti portlashida kuzatiladi.

$^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  yoki  $^{239}\text{Pu}$  zanjir reaksiyasiga asoslangan portlashlarda 20 ga yaqin izotoplar atmosferaga chiqadi. Ular orasida umri qisqa radionuklidlar:  $^{132}\text{Te}$  ( $T_{1/2} = 77$  soat);  $^{131}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 8.1$  kun). Umri o'rtacha yarim yemirilish davri 1-2 yil  $^{144}\text{Se}$  ( $T_{1/2} = 288$  kun);  $^{106}\text{Ru}$ , ( $T_{1/2} = 1.01$  yil) va umri uzoq radionuklidlar  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{1/2} = 28$  yil)  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30$  yil) radiaktiv ifloslanishning asosini tashkil qiladi. Bu radionuklidlar yadro portlashda hosil bo'lgan yuqori haroratda gaz holatiga kelib atmosferaning yuqori qatlamlariga ko'tariladi, so'ngra sovib mayda dispers holatda radiaktiv bulut bilan ko'chib sekinlik bilan



yerga tushadi. Havo oqimlari bilan uzoq masofalarga ko'chadi. Yadro portlashda paydo bo'luvchi kuchli neytron nurlanish muhitda radiaktiv moddalar hosil qiladi. Bular orasida eng ahamiyatlisi –  $^{14}\text{S}$  hosil bo'lishi ( $T_{1/2} = 5700$  yil).

Yadro katastrofalarida dastlabki kunlar radiaktiv nurlanish asosan umri qisqa izotoplar  $^{132}\text{Te}$  va  $^{131}\text{J}$  hisobiga, keyinchalik nurlanish umri uzoq izotoplar hisobiga bo'ladi. Yadro sinovlari natijasida 1954 yildan 1963 yilgacha o'tgan o'n yil ichida  $^{90}\text{Sr}$  izotopning aktivligi Nyu-York va Tokioda  $50 - 60 \text{ KBk/km}^2$  - dan  $1400 \text{ KBk}$ -ga qadar - 225 barobar ortgan  $^{137}\text{Cs}$  ning to'planishi esa 50 marta oshgan.

Radionuklidlar yerga tushib o'simliklar orqali uy hayvonlarida, sigir suti va go'sht orqali odam organizmida to'planadi. Radiaktiv chang, yomg'ir, daryo, dengiz suvlariga tushib, undagi suv o'tlarida to'planadi. Ulardan zooplanktoning ozuqasi sifatida mollyuskalar va kichik dengiz hayvonlari organizmiga, ulardan baliqlar, qisqichbaqalarga o'tadi. Bu jarayon biosinoz zanjirida radionuklidlarning tobora ortib borishiga olib keladi. Xullas, biosferada ma'lum tip jonli mavjudotlarda radionuklidlarning konsentrasiyasi ortib boradi. M: chuchuk suvda o'suvchi o'simlik kladoforada Sr-ning to'planishi koeffisienti 1910 marta,  $^{91}\text{Y}$  – deyarli 120 ming  $^{144}\text{Se}$  to'planishi 35 mingdan ortadi. Yoki ssenedesmusda  $^{91}\text{Y}$  to'planish koeffisienti 22 mingdan ortiq,  $^{144}\text{Se}$  - deyarli 21 mingni tashkil qiladi.

Itbaliqlarda (golovastik)  $^{90}\text{Sr}$  to'planishi koeffisienti 210,  $^{144}\text{Se}$  -70000-ni tashkil qiladi. Yuqoridagi misollardan ko'rinib turibdiki ba'zi organizmlarda radionuklidlar konsentrasiyasi atrof-muhitga nisbatan minglab barobar ortadi.

Turli radionuklidlar o'z kimyoviy xossalariga binoan turli o'simlik va hayvonlar dunyosida turlicha to'planadi. M:  $^{90}\text{Sr}$  kimyoviy xossalari bo'yicha kalsiyga o'xshash va kalsiy bilan birga o'simliklar ildizi orqali tuproqdan so'rilib o'simlik va daraxt barglari va tanasida to'planadi, so'ngra qishloq xo'jaligi hayvonlari tomonidan iste'mol qilinib, asosan sigir suti bilan odam

organizmiga tushadi. Odam organizmida skeletda to'planadi. O'simliklar bargi, tanasi, donida to'plangan stronsiy arpa, bug'doy, guruch, ko'katlar, sabzavotlar orqali ham odam organizmiga tushishi mumkin. Stronsiy suvga tushgan taqdirda asosan baliqlar suyagi va tangachalarida to'planadi. Baliqning odam yeyishi mumkin bo'lgan yumshoq to'qimalarida kam to'planadi va u odam uchun katta xavf tug'dirmaydi.

Stronsiyni odam organizmiga tushishi aholining ovqat rasioniga ham bog'liq. Yer yuzi aholisining uch xil ovqat rasionini tafovutlash mumkin:

1-tur rasion. Stronsiy organizmga asosan sut bilan tushadi (Shimoliy Amerika, Yevropa aholisi).

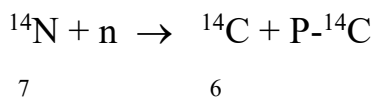
2-tur rasion. Stronsiy 50% sut bilan, 50% meva sabzavot bilan organizmga tushadi (Hindiston, Misr, Turkiya).

3-tur rasion. Stronsiy asosan don mahsulotlari, sabzavot va baliq orqali odam organizmiga tushadi (Uzoq Sharq, Yaponiya)

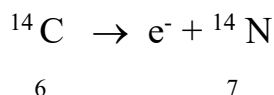
Radioizotopning organizmga tushishida oziqa rasionining yoshga bog'liq tomonlari ham mavjud. M: yadro sinovlari avjga chiqqan yillarida (1959) Angliyada turli yoshdagi odamlar suyagidagi stronsiy miqdori o'rganilganda uni kichik (2-3) yoshdagi bolalarda 15-20 yoshlilarga nisbatan 8-10 marta ko'p ekani aniqlangan. Kichik yoshda bolalarning ovqat rasionida sigir suti asosiy o'rinni tutishi hammaga ma'lum. Demak, stronsiy ifloslangan o't yegan sigirning suti orqali yosh bolalar organizmiga tushib, unda to'plangan.

<sup>137</sup>Cs o'simliklarda barglari va ildiz sistemasi orqali to'planadi. Bu modda hayvonlar organizmiga ko'k o't, don mahsulotlari va suv orqali o'tadi. Odam organizmiga don mahsulotlari, suv, meva, sabzavot, go'sht, sut orqali tushadi. Bu moddaning to'qimalarda tarqalishi kaliynikiga o'xshash, hamma to'qimalarda deyarli birdek tarqaladi va organizmdan tez chiqib ketadi. Izotopning organizmdan yarim chiqarilish davri qisqa. <sup>137</sup>Cs suvdagi miqdorini kamaytirish uchun tez ko'payuvchi suv o'tlari yordamida «biologik tozalash» usulini qo'llash mumkin.

$^{14}\text{C}$  ko'p miqdorda megatonli vodorod atom-vodorod va neytron bombasi portlashida quyidagi reaksiya orqali hosil bo'ladi:



kosmik nurlar tarkibidagi neytronlar ta'siri ostida atmosferada to'xtovsiz hosil bo'lib turadi. Yadro bombalarining sinovlari avjga chiqqan yillarda 7 yil ichida (1957 yildan 1963 yilga qadar) radiaktiv uglerodning atmosferadagi miqdori 10-11 marta oshgan. Atmosferadagi radiaktiv uglerod o'simliklarda fotosintezda ishtirok etadi va o'simlik mahsulotlarining tarkibiy qismi sifatida ularda to'plana boshlaydi. Bu radioizotop organizmda bir tekis tarqaladi va hamma to'qimalarni bir xilda nurlaydi.  $^{14}\text{C}$  - ni biologik ta'siri faqatgina uning tarqatgan nuri hisobiga bo'lmay, boshqa izotoplardan farqli o'laroq, DNK strukturasidagi kimyoviy bog'lanishlarning buzilishi orqali ham yuzaga kelishi mumkin. Ma'lumki, C va H atomlari DNK molekulasida zanjirda nukleotidlar-adenin, sitizin, timin, va boshqalar strukturasiga kiradi. Nur ta'sirida azot atomini uglerodga aylanib qolishi DNK molekulasida buzilish, genetik informasiyaning yo'qoliga sabab bo'lishi mumkin. Bu nuqtai nazardan  $^{14}\text{S}$  nuri ta'siridan ro'y berish mumkin bo'lgan genetik o'zgarishga nisbatan organizmda azotdan radiaktiv uglerod hosil bo'lishi natijasidagi DNK strukturasining o'zgarishlari ahamiyatliroq bo'lishi mumkin:



ya'ni,  $^{14}\text{C}$  DNK-ning tarkibiy qismiga kiruvchi kimyoviy elementning izotopi sifatida, parchalanish jarayonida boshqa element ( $^{14}\text{N}$ ) atomiga aylanib informasion makromolekulaning o'zgarishini yuzaga keltiradi.

Yadro parchalanishlarida ko'p miqdorda  $^{131}\text{I}$  hosil bo'ladi, bu izotop umri qisqa bo'lgani sababli ( $T_{1/2} = 8,1$  kun) dastlabki bir necha hafta davomida nur

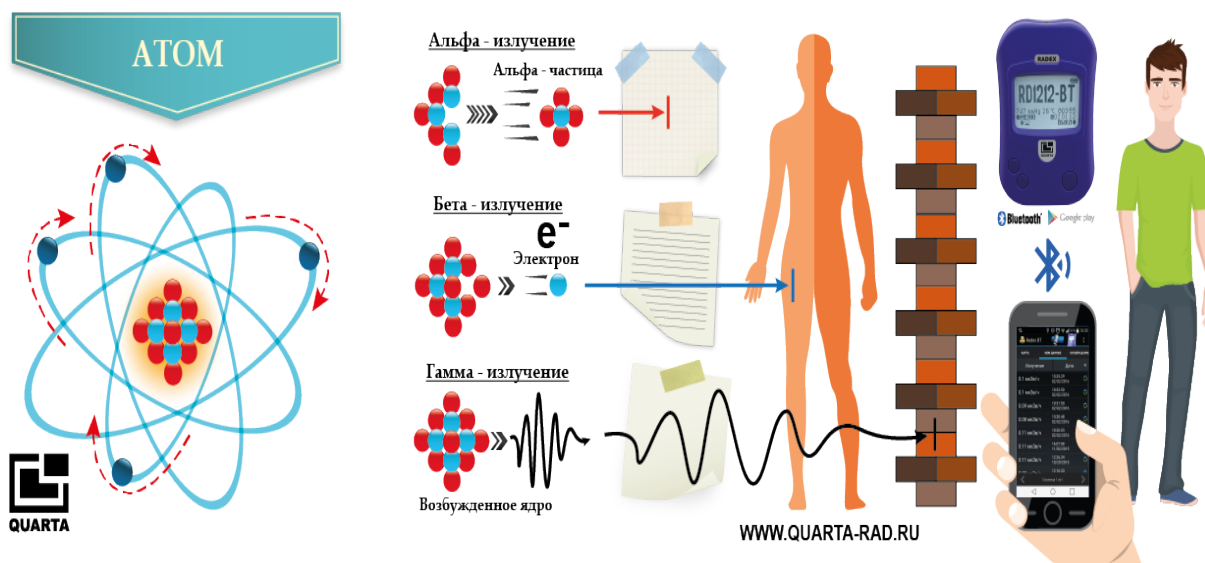
manbai sifatida ahamiyatga ega. Yod organizmga suv, atmosfera, ifloslangan ko'katlar, meva, sabzavotlar orqali tushadi va ko'p miqdorda qalqonsimon bezda to'planadi. Preparatning katta aktivlikda bu organda to'planishi gipotireoz, keyinchalik, qalqonsimon bez raki keltirib chiqarishi mumkin.

## **16.2 Radioaktiv ifloslanishdan saqlanish va uni bartaraf qilish.**

Ochiq holatdagi radioaktiv moddalar bilan ishlanganda atrof-muhitni ifloslanishdan saqlash uchun turli sanitariya-gigiyena vositalari ko'zda tutiladi. Radioaktiv moddalar radioaktiv ifloslanishga imkon bermaydigan idishlarda germetik - yopiq holatda saqlanadi, hamma amal va muolajalar maxsus stol, muolaja shkaflarda, bug'lanuvchi va gazsimon moddalar bilan amallar havo so'ruvchi shkaflarda bajariladi. Ishxonalarda, albatta havoni ichga tortuvchi va tashqariga chiqarib yuboruvchi vintilyasiya bo'lishi ta'min etiladi (9-rasm). Radioaktiv chiqindilar (ifloslangan pinsetlar, tamponlar, salfetaklar, radioaktiv modda saqlangan flakonlar va hokazolar) maxsus konteynerlarda aktivligi belgilangan darajaga qadar kamayguncha saqlanadi. Aktivligi kamaygan, ishga yaroqsiz preparatlar maxsus joylarda ko'miladi.

Xodimlarni ish jarayonida radioaktiv ifloslanishga yo'l qo'ymaslik uchun maxsus sanitariya-gigiyena normalariga rioya qilishlari va individual vositalar (jarrohlik rezina qo'lqoplar, plastik fartuklar, lozim bo'lganda respiratorlar)dan foydalanishlari talab qilinadi.

Radioaktiv ifloslanish ro'y bergan hollarda ularni bartaraf qilish, uni mexanik yo'q qilishdan iborat. Radioaktiv ifloslanishlarni bartaraf qilishdan iborat tadbirlar - dezaktivasiya deb ataladi.



9-rasm. Nurlar va ularning to'qimaga ta'siri.

Dezaktivasiya tadbirlari radioaktiv moddalar bilan ifloslangan jismlarni yuvish, qirib, supurib tozalashdan iborat. Yer yuzasi ifloslanganda lozim bo'lsa, yuza qatlamni kirib olinadi, hamma chiqindilar maxsus joylarda ko'miladi. Har qanday yuqori yoki pastki harorat, bosim, kimyoviy moddalar radioaktivlikka ta'sir ko'rsatmaydi.

### 16.3 Radioterapiya, rengenodiagnostika radionuklid diagnostika bo'linmalarining tuzilishi, texnologik uskunalari, ularning ishi.

*Radioterapiya bo'limida nur manbalarini saqlash, qo'llash, xodimlar va bemorlarning radiatsion xavfsizligini ta'minlash.* Radioterapiya bo'limi bemorlarni davolash uchun mo'ljallangan bo'lib uch funktsional blokdan iborat: distantсион nur terapiyasi bloki, yopiq radioaktiv preparatlar bloki, ochiq radioaktiv preparatlar bloki.

Distantcion nur terapiyasi blokida, bemorlar rentgenoterapevtik, gammaterapevtik apparatlar va tezlatgichlarda nurlanadilar. Bemorlar o'zlaridan nur tarqatmaydilar. Ular, umumiy sanitariya - gigiena normalariga javob beruvchi palatalarda yotadilar va umumiy rejimga buysinadilar. Nurlovchi uskunalar binoning chetida, maxsus xonalarda o'rnatiladi. Xonaning maydoni, hajmi, devorlari o'rnatilgan manbaning quvvati va nur energiyasini hisobga olgan holda ma'lum normativlarga mos quriladi. Uskunalar qushni xonadan, maxsus pultdan boshqariladi. Nurlash paytida bemorlar ahvolidan nazorat rentgenoterapiyada qo'rg'oshinli oyna bilan berkilgan maxsus darcha orqali, gammaterapiya va megavoltli elektron va tormozlanish nuri terapiyasida radio, televizion vositalar yordamida amalga oshiriladi. Nurlash paytida muolaja xonasida faqat bemor qoladi.

Yopiq radioaktiv preparatlar blokida tashki tomondan germetik yopilgan radioaktiv preparatlar - naychalar, ignalar, applikatorlar, diskalar, granulalar va hokazolar saqlanadi va qo'llanadi. Bu blokda radioaktiv preparatlar saqlovchi xona, amallar xonasi, muolaja xonasi, maxsus palatalar, san uzal (dush, hojatxona), xodimlar uchun ish va dam olish xonasi bo'lishi shart. Yarim yertula yoki yer ustida bo'lishi mumkin. Unda radioaktiv preparatlar maxsus qo'rg'oshinli konteynerlar va muhofaza seyflarida saqlanadi. Yuqori aktivlikka ega preparatlar saqlanuvchi seyflar tashkaridan beton devor bilan qoplanadi. Radioaktiv preparatlarni seyfdan tashkaridan olish, quyish, baland va qalin qo'rg'oshinli to'siq ortidan disintsiya instrumentlar karntsanglar, uzun tutqichlar yordamida bajariladi. Radioaktiv preparatlarni bir joydan ikkinchi joyga eltish, konteynerlarda, maxsus transport vositalari (ekranli g'altakchalar, aravachalar, transport liniyalari) yordamida amalga oshiriladi. Radioaktiv preparatlarni bemor tanasiga o'rnatish va olish muolaja xonasida, radiatsion xavfsizlik qoidalariga rioya qilingan holda amalga oshiriladi.

Bemorlar yotgan palatalarda har bir bemor uchun ajratilgan maydon 10 m<sup>2</sup> dan kam bo'lmasligi talab qilinadi (umumiy normativ 4 m<sup>2</sup>) bemorlar bir

biridan va koridor tomondan 1,5 m balandlikda qo'shimcha beton devor bilan to'silgan. Radioaktiv preparatlar bilan zaryadlangan bemorlarni boshqalar bilan muloqatga ijozat berilmaydi. Hatto tabiiy ehtiyojlar, shu blokning o'zida joylashgan sanitariya uzeli - hojat xonada ushaladi. Boshqa hamma muolajalar, radioaktiv preparatlar bemor tanasidan olingandan so'ng o'tkaziladi.

Radioterapiyaning ochiq radioaktiv preparatlar blokida, organizmga suyuq holdagi turli radioaktiv preparatlar yuborib davolash o'tkaziladi. Bu blok o'zining alohida «hraniliщe» si manipulyatsionnaya, protsedurnayasi, sanitariya uzeli va palatalariga ega. Umuman, radioaktiv preparatlar, qaerda ishlatilsa usha yerda saqlanishi, bemorlar shu joyda maxsus palatalarida yotishi va san uzelidan foydalanishlari kerak. Organizmga yuborilgan ochiq radioaktiv preparatlar chiqaruv sistemasi orqali, ter bezlari, sulak orqali organizmdan ajralib chiqadi. SHu sababli atrofni radioaktiv ifloslanishdan saqlash choralari ko'riladi. Radioaktiv chiqindilar maxsus konteynerlarda, oqava suvlar maxsus beton quduqlarda undagi radioaktiv modda to'liq parchalanganga qadar saqlanadi.

*Radionuklid diagnostika laboratoriyasi.* Davolash diagnostika maqsadlarida qo'llanuvchi radioaktiv moddalarini radiofarmatsevtik preparatlar (RFP) deyiladi. RFP-lar bilan bajariladigan har qanday ish maxsus xonalarda bajarilishi lozim. Bu xonalar bemorlar va xodimlarni nurlanishdan va radioaktiv ifloslanishlardan saqlaydigan jihozlar bilan ta'minlangan bo'lishi kerak. Laboratoriya quyidagi ish - amal xonalariga ega.

1. RFP saqlash xonasi - «hraniliщe». Unda, RFP germetik yopiq flakonlarda, qo'rg'oshin konteynerga solib, ko'p katakli maxsus muhofaza seyflarida saqlanadi.
2. Qadoqlash xonasi - RFP -ning umumiy miqdoridan kundalik ish uchun kerak miqdorini ajratib olish va qadoqlash bajariladi
3. Generator xonasi - Umri qisqa (1 suktadan kichik) radionuklidlarni generatordan ajratib olinadi.

4. Yuivish xonasi - radionuklidlar bilan ifloslangan idish, asbob -uskunalarni yuvib dezaktivatsiya o'tkaziladi.

5. Amalxona - RFP -ni bemorlarga yuborish xonasi.

6. Muolajalar xonalari:

Radiometriya, radiografiya va gammatopografiya xonalari - radiodiagnostik tadqiqotlar o'tkazish xonalari.

7. Biologik muhitlar (qon, siydik, boshqa suyuqliklar) radioaktivligini aniqlash xonalari.

8. Radioimmunologik tadqiqotlar xonasi

9. Ambo'latoriya kasallarining qabulxonasi

10. Personal uchun ish xonalari.

11. Personal uchun sanitariya xonasi - dush xonasi. Dush, uch xonali: dahliz, dushxona, chiqish xonalardan iborat. Dush dahlizi va chiqish xonasi teri yuzasi, kiyim, poyafzalni radioaktiv ifloslanishini ko'rsatuvchi radiodiagnostik asbob bilan jihozlanadi.

12. Xodimlar uchun dam olish xonasi.

Radioaktiv moddalar saqlanadigan va ishlatiladigan xonalar, idishlar, apparatlarga «radioaktiv xavf» belgisi va «radioaktivlik!» degan ogohlantiruvchi yozuv quyiladi. Laboratoriyada RFP ishlatilishi bilan aloqador hamma amallar maxsus muhofaza to'siqlari ortida turib, distantsion asboblardan yordamida amalga oshiriladi. Havoni radioaktiv moddalar bilan ifloslanishiga yul quymaslik uchun, laboratoriyada bug'lanuvchi va gazsimon radioaktiv moddalar bilan olib boriladigan hamma ish ventilyatsiyalanuvchi xonada havo tortuvchi shkaf va boshqa uskunalardan yordamida bajariladi. RFP bilan ifloslangan hamma buyumlar, qattiq va suyuq radioaktiv chiqindilarni koteynerlarida to'plab, markazlashgan holda maxsus transport bilan tashib, belgilangan joylarda ko'miladi. Radioaktiv preparatlar bilan ishlashda xodimlar radioaktiv ifloslanish va nurlanishdan saqlovchi korjoma (plastikatli-, qo'rg'oshinli rezina fartuk, qulqop, qalpoq) kiyadilar. Ish kuni tugagach, radioaktiv ifloslanish bor -



yuqligini aniqlovchi radiometrik nazoratdan o'tadilar. Radiodiagnostika laboratoriyasi maxsus tashkilotlarning ijozati bilan ishlaydi va ularning nazoratida bo'ladi.

*Rentgenodiagnostika kabineti* – maxsus normativlarga javob beradigan kattalikdagi maydon va hajmga ega xonalar majmuasi. U muolaja xonasi, vrachning ish xonasi, fotolaboratoriya, boshqaruv pulti, bemorlar kutishi uchun dahliz va hojatxonadan iborat. Muolaja xonada 2-3 ish o'rni - rentgen apparati o'rnatiladi.

Kabinetdagi muhofaza vositalari: Rentgen trubkasining qo'rg'oshinli g'ilofi, nur dastasini cheklovchi tubus, diafragma, muhofazali ekran, katta kichik to'siq (shirma)lar; Individual muhofaza vositalari - qo'rg'oshinli rezina fartuk, yubkacha, qalpoq, qo'lqoplar.

Radiatsion xavfsizlik, muhandis-texnik, sanitariya - gigiena va tashkiliy tadbirlar qompleksi vositasida amalga oshiriladi. Rentgenodiagnostika kabinetlari, radiologiya bo'limlari maxsus proekt bilan, personal va bemorlarning radiatsion xavfsizligini ta'minlaydigan qilib quriladi.

Ish jarayonida nurdan saqlanish uch printsipga asoslanadi: muhofazalovchi to'siq - ekran qo'llash; masofa bilan himoyalaniish - manbadan imkoniyati boricha uzoqda turish; Vaqt bilan himoyalaniish -nur ta'sirida bo'lish vaqtini qisqartish. Muhofazalovchi to'siq - ekranlar uch guruhga, bo'linadi: harakatsiz - statsionar, harakatlanuvchi (ko'chma) to'siqlar va individual himoya vositalari.

Statsionar to'siqlarga devorlar, gammaterapevtik uskunalarning radiatsion boshchasi, rentgen trubka g'ilofi, beton ichiga o'rnatilgan muhofaza seyflar, devorga o'rnatilgan muhofazali shkafchalar, qo'rg'oshinli oyna bilan tusilgan kuzatuv darchalari, tom, beton pollar kiradi.

Harakatlanuvchi to'siqlarga metallardan yoki qo'rg'oshinli rezinadan yasalgan to'siqlar ko'chma muhofazalovchi ekranlar, katta kichik parda (shirma)lar, eshiklar, olinuvchi tubuslar, filtrlar, radioaktiv preparatlar va

chiqindilar saqlanuvchi koteynerlar, muhofazali sterilizatorlar, qo'rg'oshinli shishadan yasalgan shpitslar, muhofazali stollar, stullar kiradi.

Ekranlovchi individual muhofaza vositalari: qo'rg'oshinli rezinadan yasalgan fartuk, yubkacha, qalpoq, qo'lqop, muhofaza oynaklari, betta nurlanishdan saqlovchi yuz tusqich. Ochiq radioaktiv preparatlar bilan ishlaganda radioaktiv ifloslanishdan saqlanish uchun plastik fartuklar, xirurgik perchatkalar, respiratorlardan foydalanadi.

Masofa bilan himoyalanish - birinchidan kuchli nur manbalarini boshqa xodimlar ishlaydigan joydan uzoq xonaga o'rnatish, bolalar muassasalari, aholi doimiy istiqomat qiluvchi uylarni yaqinda bo'lishiga yul quymasliq, radioaktiv preparatlar bilan ishlaganda distantsion instrumentlardan foydalanish (uzun mexanik qo'llar, uzun pintsetlar, tutqichlar, transport liniyalari va hokazo).

Vaqt bilan himoyalanish sotsial-tashkiliy, amaliy tadbir choralar yordamida oshiriladi. Sotsial-tashkiliy choralar: umumiy ish soatini qisqartish (5s), qo'shimcha tatil berish (hammaga 30 ish kuni), nurli kasblarda ishlash muhlatini qisqartish, erta pensiya belgilash). Amaliy tadbir choralar: radioaktiv preparatlar bilan ishlashda amalni chaqqon va aniq bajarilishiga erishish, tekshirishlarda nurlash vaqtini qisqartish radioaktiv moddalarni amal bajarilgandan sung organizimdan tez chiqib ketishini ta'minlash, nur manba'lari bo'lgan xonalarga behudaga kirmasliq, unga faqat biror amalni bajarish uchun kirishdan iborat. Boshqa paytlarda xodimlar dam olish xonasida, yoki o'z kabinetlarida nurlashga aloqador bo'lmagan ishlar bilan shugullanadilar.

Aholiga nur ta'sirini kamaytirish tadbirlari. Global miq'yosida radioaktiv foni ortishiga qarshi umumdavlat tadbirlardan tashqari, davolash va diagnostik amallarni bajarishda ortiqcha nurlanishni kamaytirishga qiratilgan tadbirlar mavjud.

Bu tadbirlar quyidagilar:

1. Tekshirishlarni va nurli davolashni shunga yetarli ko'rsatmalar bo'lganda o'tkazish;

2. Kam nurlovchi, eng informativ metodlarni tanlash.
3. Bemor va xodimlarni nurlanishdan maksimal darajada muhofaza qilish.
4. Tekshirishni yoki davolash davomlilikini mumkin qadar cheklash va olingan nur dozasini qayd qilib borish.
5. Bolalarda ommaviy profilaktik rentgenologik tekshirishlar o'tkazmaslik.
6. Homilador ayollar va kichik yoshdagi bolalarda nurli tadqiqotlarni hayotiy ko'rsatmalarga binoan, juda katta ehtiyoj bo'lganda o'tkazish.

## **17. Ionlanu vchi nurlarni gigienik me'yorlash .**

*Tayanch so'zlar:* radioatsion xavfsizlik, nurlanish, Ionlovchi nurlar, radionukeid.

### **17.1 Ionlanuvchi nurlarni gigienik me'yorlashning ilmiy asoslari.**

Ionlanuvchi nurlarni fan, sanoat, tibbiyot va xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida keng qo'llashnishi va ularning ta'siri organizm uchun befarq emasligi, bu nurlar bilan ishlashning gigiyenik me'yorini belgilashni talab qiladi. Nurdan saqlanish problemi global xarakterga ega. Chunki odamlarning nurlanishi jahon miqyosida ortib bormokda. AQSh da 1960 yilda atom sanoatida 193000 kishi band bo'lgan. Hozirgi kunda yer sharida nur manbalari bilan ishlovchilar soni 2,5 mln.dan ortiq, har yili dunyo aholisining yarmidan ko'pi rentgenologik va boshqa turli tadqiqotlardan o'tadi. Diagnostik nurlashni kamaytirishning imkoniyati yo'q, chunki bu usullar yordamida olinuvchi informasiyani boshqa uslublar bilan olib bo'lmaydi va kasalliklarni o'z vaqtida aniqlash va to'g'ri davolashda bu tekshirishlar ko'p hollarda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Agar XX asrning 60 yillarida rivojlangan mamlakatlar aholisi (Shvesiya, Yaponiya, Germaniya) diagnostik amallarda olgan nurlari tabiiy radiaktiv fonning 30-40% tashkil etgan bo'lsa, hozirgi kunda bunday nurlanish 2,5-3 marta oshgan (AQShda diagnostik nurlanish 80 yillarda o'rta hisobda tabiiy radioaktiv fonga tenglashgan).

Atom sinovlari 1963 yilda to'xtatilganiga qaramay (yer osti sinovlaridan tashqari, ba'zi shartnomaga qo'shilmagan mamlakatlar atmosferada sinov o'tkazmoqdalar), shu sinovlar tufayli radiaktiv fonning ortishi ham uzoq vaqt saqlanadi. M: Yer atmosferasi va biosferada,  $^{14}\text{S}$  miqdori atom sinovlari natijasida o'rta hisobda ikki barobar ortgan. Bu moddasining yarim parchalanishi davri – 5600 yil. Demak, uning ta'siri kamida 11 ming yil, odamlarning 300 avlodi davomida saqlanadi, yadro parchalanishining asosiy parchalanish mahsulotlari –  $^{30}\text{Sr}$  – yarim yemirilish davri 27 yil,  $^{137}\text{Cs}$  – 30 yil – ham uzoq yillar global radiaktiv fonning ortishiga hissa qo'shib turadilar. Shu sababdan ortiqcha har qanday nurlash cheklanishi lozim, har qanday diagnostik tekshirish asosli bo'lishi, nur manbalari bilan ishlash ma'lum tashkiliy tadbiriy, me'riy doirada olib borilishi kerak. Radiatsion xavfsilikning tadbiriy va me'yoriy hujjatlarini ishlab chiqish bilan shug'ullanuvchi birinchi xalqaro tashkilot 1928 yilda 2 xalqaro radiologik kongressda rentgen va radiy nurlashdan saqlanish komiteti tashkil qilingan. 1950 yilda bu komitet Radiatsion muhofaza bo'yicha xalqaro komissiyaga aylantirildi va u 1956 yilda Xalqaro sog'liqni saqlash tashkiloti bilan bog'langan. Shu komissiyaning tavsiyanomalari asosida Radiatsion xavfsizlik me'yorlari tuziladi. Hozirgi kunda asosiy me'yoriy hujjat NRB – 96 hisoblanadi. Har bir mamlakatda Radiatsion xavfsizlik milliy komissiyalari mavjud. Viloyatlar va tumanlarda sanepidstansiyalar qoshida Radiatsion xavfsizlik bo'limlari ishlaydi. Radiatsion xavfsizlik sistemasi uch prinsipini ko'zda tutadi.

1. O'tkaziladigan nurli tadqiqotni asoslash prinsipi: Nur manbalaridan foydalanishdan olinadigan foyda nurlanish keltirib chiqaradigan zarardan ko'p

bo'lsa, tadqiqot o'tkaziladi va aksincha, nurli amaldan keladigan foyda real va gipotetik zarardan kichik bo'lsa nurli tadqiqot o'tkazish man etiladi.

2. Olinadigan nur miqdorini me'yorlash prinsipi: Normal sharoitlarda belgilangan dozadan ortiq nurlashga yo'l qo'ymaslik lozim.

3. Optimizasiyalash prinsipi: Sotsial-iqtisodiy faktorlarni hisobga olgan holda nurlanayotgan kishilar sonini va individual dozani shu sharoitda imkoni boricha kamaytirish.

MKRZ tavsiyanomalarida ko'rsatilgan «Odam rivojlanayotgan muhit sharoitlarining o'zgarishi zararli asoratlarni chiqarishi mumkin. Shuning uchun tabiiy nurlanishdan tashqari har qanday ta'sir ma'lum xavf bilan bog'liq bo'lishi mumkin». Shunga asosan har qanday odam uchun gipotetik nuqtai nazardan xavfli, ammo amalda xavfsiz, maksimal doza belgilangan, uni maksimal ijozat etilgan doza - MIED (predelno-dopustimaya doza - PDD) deyiladi. MIED - shunday dozaki, uning uzoq vaqt davomida yoki bir marta ta'siridan kelib chiqadigan asoratlarni hozirgi zamon bilimlari nuqtai nazaridan qaraganda, nurlangan kishi sezmaydigan yoki mutaxassislar aniqlay olmaydigan darajada juda kichik, aholi uchun MIED sifatida tabiiy radiaktiv fonga teng doza qabul qilingan.

Professional nurlanish «MIED - 50 yil davomida nurlanishdan so'ng xodimlarning o'zlarida va ularning keyingi avlodida chaqirgan o'zgarishlarni hozirgi zamon usullari aniqlab bo'lmaydigan yillik doza» hisoblanadi. Bu doza 0,05 gr/yil.

## **17.2 Odam organizmining turli manbalardan nurlanishi.**

Odam organizmi, gonadalar, suyak ko'migi oladigan dozalarni hisoblash juda qiyin. Buning sabablari - nurlanish sharoitlarining turli-tumanligi va dozimetriyaning murakkabligidir. BMT-ning radiasiyadan muhofaza komitetining ma'lumotlari bo'yicha, tabiiy radiaktiv fon hisobiga odam tanasida

yutiladigan nur dozasi 0,13 rad/yil. (maksimum 0,8 rad). Tibbiyot va professional nurlanish hisobiga olinadigan nur tibbiy nurlashning 30%-ini tashkil qiladi, atom sinovlari hisobiga radiaktivlikni global oshishi hisobiga olinadigan nur tabiiy radiaktiv fondning 10%-dan kamroq qismini tashkil qiladi.

*Atom sanoati chiqindilaridan nurlanish.* Atom sanoati va turli texnologiyalar (AES, atom muzyorari, suv usti va suv ostida uzoq masofalarga suzuvchi atom energetik ustanovkali kemalarni ishlatishda, radioizotoplar ishlab chiqarishda atrof-muxitning radioaktiv ifloslanishi xavfi yuzaga keladi va ularning tirik organizm tomonidan yutilishi, odamlar, hayvonlar va umuman biosenozga ta'sir etishi mumkin. Yadro yekilgisini tayyorlashda AES- larni ishlashi aerorozollar yoki gazlar holatidagi radioizotoplar ( $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$   $^{14}\text{C}$ ,  $^{131}\text{J}$ ) suyuq, quyuq chiqindilar, shlaklar konsentratlar hosil bo'ladi. Gazsimon radionuklidlar baland trubalar yordamida atmosferaga chiqarib yuboriladi. Shu hisobda  $^{131}\text{J}$  aerorozollari ham atmosferaga chiqadi. Uning aktivligi va yarim parchalanish davri kichik bo'lgani uchun ekologiya nuqtai nazaridan ahamiyatsiz. Katta miqdorda hosil bo'luvchi suyuq va quyuq chiqindilarni daryo suviga oqizish ekologiya nuqtai nazaridan xavfli. Ularni dengiz va okeanlarga to'kish mumkin. Ular katta hajmdagi suvda xavfsiz konsentrasionalarga qadar suyulishi mumkin. Ammo so'nggi yillarda bunday radiaktiv chiqindilarni, konsentrasionalasini orttirib (quyuqlashtirib) maxsus metall yoki beton konteynerlarda germetik yopib, dengizga cho'ktirish yoki yer ostiga ko'mish usul qo'llanadi. Radiaktiv chiqindilarning utalizacioniyasi yildan yilga muammoga aylanib bormoqda.

*Professional va uy ro'zg'orda nurlanish.* Professional nurlanishning yillik dozasi 5,0 rad belgilangan. Ammo amalda ishlovchilarning 10% -ga yaqin qismi 1 yilda 1 rad nur oladi, juda kamdan-kam xodim bundan ortiq nur oladi. Nolgan 90% xodimlar olgan nur 1 rad-dan kichik. Genetik ahamiyatli professional nurlanish dozasi 0,01-0,04 rad/yilligi aniqlangan. Demak, professional nurlanish dozasi genetik o'zgarish chaqirishi mumkin.

Uy ro‘zg‘or sharoitida odamlar yulqinlanuvchi sifrlatli xronometrlar, televizorlardan tarqaluvchi nur ta‘sirida bo‘ladilar. Televizorlardan yil davomida olinadigan nur dozasi 0,001 rad-ni tashkil qiladi. Aytish lozimki, rangli televizorlar yuqoriroq kuchlanishli tokda ishlaydi, o‘tuvchanligi va dozasi kattaroq nur tarqatadi (6-jadval). Bu televizorlarda qo‘shimcha ekran o‘rnatish maqsadga muvofiq. Uy-ro‘zg‘or sharoitida ma‘lum bir kichik doza nur binolar devoridan, ayniqsa beton devorlardan tarqaluvchi radiasiya hisobiga to‘g‘ri keladi.

6-jadval

Turli toifa bemorlarni radiodiagnostik tekshirishlar uchu- maksimal ijozat etilgan doza (MIED (PDD)).

| Kritik organlar guruhi                                      | PDD (mZv/yil - BER/yil) |          |          |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|
|                                                             | AD                      | BD       | VD       |
| 1. Butun tana, gonadalar suyak kumigi                       | 250 (25)                | 50 (5)   | 5 (0,5)  |
| 2. Qalqonsimon bez va 1-3 gruppaga kirmagan boshqa organlar | 750 (75)                | 150 (15) | 15 (1,5) |
| 3. Teri, suyak, bilak panjalar.                             | 1500 (150)              | 300 (30) | 30 (3)   |

*\*Homiladorlarda BD va VD tadqiqotlar, 16 yoshgacha bo‘lgan bolalarda VD tadqiqotlari o‘tkazilmaydi.*

### 17.3 Turli toifa odamlar uchun nurlanish xavfi.

Nurlanuvchi kishilarning 3 toifasi tafovutlanadi:

A – toifasi – nur manbasi bilan bevosita ishlaydigan odamlar, ular ish jarayonida nurlanishi mumkin.

B – toifasi – radiaktivlik aholi yashaydigan hududlar uchun belgilangan me'yoriy ko'rsatkichlardan ortiq bo'lgan joylarda yashovchilar.

V – toifasi – umumiy aholi.

Tanada kritik organlarning 4 guruhi tafovutlanadi:

1. Butun tana, gonadalar, gemopoetik to'qima.
2. Ko'z qorachig'i, mushaklar, yeglar, jigar, taloq, buyrak, me'da-ichaklar, o'pka.
3. Nalqonsimon bez, suyak, teri.
4. No'l, bilak, tavon

7-jadval

Kritik organlar nurlanishining personal va umum aholi uchun belgilangan eng katta yillik dozalari.

| Kritik organlar<br>guruhlari | MIED personal uchun<br>(Gr.) | Umumiy aholi |
|------------------------------|------------------------------|--------------|
| I                            | 0,05                         | 0,005        |
| II                           | 0,015                        | 0,015        |
| III                          | 0,030                        | 0,030        |
| IV                           | 0,075                        | 0,075        |

Yuqorida (7-jadval) keltirilgan somatik to'qimalar nurlanishning eng yuqori chegarasi hamma aholi uchun belgilangan, ammo bunday nur olayotgan kishilar soni va nurlanish dozasini kamaytirishga doim intilish talab qilinadi.

Aholi uchun genetik ahamiyatga ega ichki va tashqi nurlanish dozasi 30 yil davomida 0,05 gr.dan oshmasligi kerak. Bu doza nurlanuvchilar toifasi bo'yicha quyidagicha: A toifa – 0,01 gr; B toifa – 0,0005 gr; V toifa – 0,02 gr. Aytish kerakki, ionlanuvchi nurlarning xavfsiz, ostana dozasi noma'lum. Doza har qanday kichik bo'lganda ham genetik o'zgarishlarning genetik xavfi saqlanadi.



Tibbiyotda diagnostika va davolashda rentgen va radiaktiv manbalardan foydalanish tobora ortib bormoqda. O'rta hisobda bir yilda har ikki-uch odamdan bittasi tibbiyot ko'rsatmalari bo'yicha nur ta'sirida bo'ladilar. Bu paytda olinadigan doza ham turlicha, nur dozasi nisbatan katta rentgenoskopiyada M: ko'krak qafasi rengenoskopiyasida - 1,3-2 rad, me'da-ichak trakti tekshirilganda 3-5 rad, ko'krak qafasi rengenografiyasida - 0,1 rad, boshqa kichik rentgen suratini olishda - 0,05 rad. Tibbiyot muolojalarida olinadigan dozani kamaytirish uchun rentgenologik va boshqa nurli tekshirish usullarini takomillashtirish, nur dastasini va nurlash vaqtini cheklash, kabi har xil muhofaza usullari qo'llanadi.

#### **17.4 Radionukeidlar va ionlanucchi nurlarning qishloq xo'jaligi hamda veterinariyada qo'llanilishi.**

*Tayanch iboralar:* Sifatsiz o'simtali shishlar, kritik organlar, aplikasiya, gipertireoz, geangeoma, aktinamikoz, termodekoz, radioterapiya, transplantasiya, donor-resipiyent, trixonella, revaksinasiya, ichak tayoqchasi.

Zamonaviy tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, yosh, tez ko'payadigan xujayralar nurlanishga ta'sirchandir, shu sababli tibbiyotda sifatsiz o'simtali shishlarni davolashda radioaktiv izotoplar samarali qo'llaniladi. Shishlarni joylashganiga qarab kobolt 60 ni gamma nurlari yuzaki qo'llaniladi yoki radionukleidlarni shishni o'ziga, nayli ignalar vositali yuboriladi. Ko'pincha Belov aplikasiya usuli bilan yuboriladi.

Qisqa muddatli yashovchi radionukleidlar vena ichiga yuboriladi va ular tanlangan kritik organlariga to'planiladilar. Misol: Yod 131 ta'sir effekti 7,6 kun, qalkonsimon bezlarda tuplaniladi va gipertirioz (qalkonsimon bezini kattalashi bo'qoq) kasalligiga davolavchi ta'sir etadi. 2 oydan keyin radioaktivlangan yod organizmdan butunlay yuqoladi.

Hozirgi kunda qisqa muddatli yashovchi yod 132 qo'llaniladi parchalanish, yashash davri 2.26 soat. Radioaktiv fosfor 32 geongeomalarda va suyaklarda qadoqlarni, mazolni shakillanishiga samarali qo'llaniladi. Oltin Au 128-ni yashash davri 2,6 kun.

Sut bezlari, siydik pufagi va bachadon bo'ynini o'simtali yallig'lanishni davolashda qo'llaniladi. Sigirlar aktinomikozida, dermodekozida-teri yallig'lanishida va otlar teri va kon'yunktivitida shishlarga qarshi radioterapiya usuli muofakiyatli qo'llanilishi iqtisodiy foydaga bog'liq.

Hozirgi vaqtda neytronni qamray olish usuli qo'llaniladi. Bu usul o'simtali shishni ichkaridan bombardimon qilishga imkoniyat beradi va shishni ichidan davolashga imkoniyat beradi. Dastlab organizmga stabil borni V-10ni to'playdilar va neytronlarni maxsus moslama bilan borbandimon qilinadi.

Vor-10chi neytronlarini kamrab olgan neytronlar litiyga Li 7-ga aylanadi. Shu vaqtda alfa zarrachalar ajraladi. Ionizasiya katta zichligiga ega bo'lib, qisqa masofaga tarkalishi 15 mikrondan kam bo'lib, alfa zarrachalar shishlardan chiqib ketmaydi va shu sababli atrofidagi to'qimani shikastlamaydilar. Ush bu uslubni afzalligi shunda kim alfa zarrachalarni bunda miqdorlash mumkin. Va natijada neytronlarni nurlashi bilan tasiri tugaydi.

Lekin bu uslubda odamga qo'p miqdorda. Vor-10da odam tanasiga 3,5mg/kg o'y xayvonlarning urgochilarda nurlanish bilan konsiz o'rchitish samara bermaydi. O'rg'ochi xayvonlarda katta dozada nurlanishda, maxalliy qo'llanishida xaqikatdan xam vaqtinchali ta'sir etadi.

Ovogenezni to'xtatib, tuxumdonlarni funksiyalarini katta dozalarda so'ndiriladi. Ular shu vaqtda chukur nurlanish shkastlanishlarga va yaqinda joylashgan azolarda jaroxatlanishga keltiradi.

Robirsu va Arbeiten (1959).Buyicha, Organizmni immunobiologik aktivlikni, umumiy nurlash yuli bilan pasaytirish mumkin. Transplantasiyada vaqtincha immunitet pasaytiriladi- anititanachalarni ishlab chikarilishi yangi

paydo bulgan oqsilga sundiriladi. Shu bilar donor va resipiyent orasida tukimasida bitishga imkoniyat yaratiladi.

Letal doza 50/30 rentgengacha bulsa resipiyentdan yangi to'qimani ajralishi kuzatilmaydi va moslash tezroq kechadi.

Yuqorida keltirilgan uslub odamlarda kamdan kam qo'llaniladi, boshqa uslublar samara bermaganda. Misol: Buyraklar o'tkir infeksiyalarda, ikkala buyrak ishdan chikkanda. Bu xolatlarda buyraklarni kuchirilishida – transplantasiya yagona imkoniyat bo'lganda. Lekin odamlarda bir tuxumli ekizaklarda xam samara bermasligi xam mumkin, ularda antigen bulmasa xam.

Uzbekistonda va Gruziyada U.D.Arifov (1959) tajribalarida ilpak kurtlarini 370 rentgen doza bilan nurlash natijada ipakni miqdori va sifati oshiriladi.

Suyilgan cho'chqalarda tanasini 10-18 ming rentgen nurlash bilan, trixonella qurtlarini rivojlanishi toxtatiladi. Ularning maxsulotlari odam organizmiga tushganda rivojlanmaydilar ko'paymaydilar. Bu miqdorlar bilan trixinellani o'ldirib bulmaydi. Buning uchun 900 rentgen dozasi kerak. Lekin bunga extiyoj kerak emas va 100000 rentgenda xam gushtni sifatiga ta'siri aniqlanmagan.

Yukorida keltirilgan uslub exinokokozda-exinokoklarga tasir kilmaydi. Lekin trixanemmalarga ush bu uslub samarali qo'llaniladi.

Shotlandiyada, Avstriya va Yugoslaviyada dikseokoulyoz, gemonxoz va trixostrogilyoz qo'ylarda va buzoqlarda samarali natija berdi.

Bir marotabali nurlanishda nematodalar xaloq buladilar. Revaksinasiyada-takroriy kasallik chatishtirilganda nematodalar, xayvonlar suyilganlaridan keyin aniqlanmagan.

Mikroorganizmlarni radioaktiv tamg'alash:

a) Mikroorganizmlarga radioizotop tamgalarni kiritish.

b) Konuniyatlardan amaliy foydalanish.

1. Mikroblarni, antigenlarni, toksinlarni tamgalash uchun radionuklidlarni kullanishi va kelgusida ulardan patalogik proseslarni urganish uchun, ulardan foydalanish tugrisida kupgina ma'lumotlar bor.

Kimyoviy elementlarning xar xil izotoplarni mikrobiologiyada foydalanish tugrisida ma'lumotlar tamgalangan amallarni ilmiy soxasida keng kullanishi tugrisida guvox beriladi.

Radionuklidlarni mikrobiologiyada fdydalanish oldinga kuyilgan maksadga kura, asosan 2 yunalish bilan xarakterlanadi:

Bakteriya xujayralarida modsa almashinuvini uziga xos xususiyatlarni urganish uchun kullanish.

Bakteriyalarni yoki ularni fraksiyalarni radionuktalanish mikro va mikroorganizmlarning o'zaro munosabatini va shu asosida patogenoz, deagnostika, profilaktika va boshka maksadlarni ochib berish.

B) Ichak tayokchalarni tamg'alash natijisida, bakteriya modda almashinuvni va undan kelib chikadigan konuniyatlarni amaliyotni ko'llanishi mumkin.

Ichak tayokchalarni inson va xdyvon patalogiyasini urganishlari rolini tan olingandan sung, xozirgi vaktda patogen va nopatogen mikroblarni xillarini differansiasiya kilish metodlarni ishlab chikarish, tadkikotchilarni dikkatini uziga tortadi. Bu muammolarni ochish uchun kupgina metodik uslublardan va teatrlardan foydalanilgan: patogen bakteriyalarning uzaro alokalarni va ularning kultural: biokimyoviy, toksik, gemolitik, kolisiogen va antigenlik xususiyatlarini kddirish. Ichak tayokchalarini patogen xususiyatlarini anikdash uchun xar tur xayvonlar uchun, shu jumladan laboratoriya xayvonlarini xam to'g'ridan-to'g'ri tekshirish uchun foydalanilgan. Model sifatida, tovukdari rivojlanayotgan embrionlardan, ingichka ichakni sirtmogidan foydalangan esherixiyalarning patoginetik tamomlangan fagasitozini tekshirish yuli, ozika muxitlardan va tukimalarni urchitish yulidan foydalangan tamomlangan fagasntozni tekshirish va esherixiyalar ozikdantiruvchi muxitda tukimalarni

ustirish yuli bilan aniklan . Esherixiyalarni patogenezi fagasitoz va tukimalar usishini tekshirish yuli bilan aniklangan. Esherixiyalar patogen shtamlarinn nopatogen shtamlaridan ajratish uchun, ayrim tadbikotchilik kulturalaridagi oksidlanish- kaytarilish patogenezlarni ulchash yuli bilan foydalanganlar. Yukorida keltirilgandan ma'lumki esherixiyalarning biologiyasini urganish, fiziologik va boshka bioximik xususiyatlarini ayniksa patogen va nopatogen atamalarini, ulardan diagnolstik maksatda foydalanish eng muxim masalaridan biri bulib xisoblanadi. Ichak tayokchalarini patogen yoki nopatogen shtamlarini radionukleidlarni yordamida modda almashinuvini tekshirish ishlari yetarli emas. TTTu sababli mikroorganizmlarda oltin gugurt va fosfor metobolizmini tekshirish zaruriyati tugildi .

Patogen va nopatogen mikroorganizmlarda oltingugurt va fosfor metobozizmida uziga xos xususiyatlarini urganishi uchn radioizotop usuli, xromotografiya va autoradiografiya usuli bilan birgalikda olib borildi. Tekshirnishlar shtamlarini morfologik, kultural-biokimiyoviy, antigenlik xususiyatlarini anikdash bilankuzatib borildi. Patogen shtamlarini birinchi generasiyasi uzlaridan kichik xajimdaligi anikdandi. Refinozani, dultetin, saxarozani achishida shtamlarini xar xil xujayralari ekanligi anikdandi. Ma'lum bulishicha patogen shtamlarini ichida achitadigan variantlari kuprok uchraydi. Barcha shtamlar O-etigen buyicha turlarga bulinib, patogen va nopatogen shtamlari uchun quydagi oltingugurt guruxlar bulgan 0,9 , 0,2 . 0,26. 0,55. 0,78. 0,86 larini.

Tekshirishlar boshqa avtorlarni ma'lumotlariga ko'ra O-Antigen bo'yicha ma'lum bir oltingugurt guruhiga kirish esherixiyalar uchun, patogen kriteriya bo'lmaydi.

Radioizotop tekshirishlar shuni kursatadaki ichak tayoqchalarini tamonidan oltingugurt va fosfor bilan tamgalangan birikmalarni fiziologik xolatiga boglik bulib anorganik oltingugurtni uzlashtirishi esa sulfatlarning ion tarkibiga boglik. M.S.K. muxitada usishiDa bakteriyalar-MPPAdan kura 7-10 marta, MPAdan

kura 45 marta kuprokdir, natriy sulfati esa- binobarin 14-17marta kuprok. Bu krnunga muofikdir chunki olitin gugurtni MSKdagi birdan bir manbai bu kushilgan tamgalangan birikmalardir, konkurentlarni yo'qligida bakteriyalari o'zlarining oltingugurtga bo'lgan talabini qoniqtirish uchun katta miqdorda o'zlashtiradilar. Oltingugurt va fosfor birikamalri bilan tamg'alangan patogen bakteriyalar o'zlashtirishi, uni fiziologik holatiga bog'lik. Jumladan bakteriyalarni oq sichkonlarga massaj qilingandan so'ng , ular oltingugurt- 30, metisk-20, natriy sulfati-2, bir yarim barobar kamaygani aniqlangan.

v) Radioaktiv oziqlantiruvchi muhitni tayyorlash va tamg'alangan bakteriyalarii olish va radiometriya usuli.

Eritilgan pH 7,2-7,4 MPA ning xar bir mililitrga 4 mikro KI mivdorida radioaktiv nartiy sulfati kushildi. Kushilayotgan izotoplar umumiy xajmi 100ml muxitga 4 ml-dan oshmasligi kyorak, chuiki kushilayotgan eritma mivdorini kupayshi, muxidni xususiyatini uzgartirishi mumkin. Bu esa tekshirishlar natijasiga ta'sir etishi mumkin.

Muxid yaxshilab silkitiladi va avtoklavda 0,7 atmosferada, 20-25 minut sterilizasiya kilinadi. Undan sung irobirkalarini xali kotib ulgurmagan muxid bilan yonboshlashib joylashtiriladi, shu orkali kiyshaytirilgan agr olinadi. Har bir shtamm 3 probirkadagi radioaktiv oziklantiruvchi muxidga ekiladi-passaj kilinadi va 24 soat ichida 37°S xaroratda termostadta inkubasiya kilinadi. Ekilgan bakteriyalar agardan fiziologik eritma bilan yuviladi, sung 3-4 marta sentrifugada 6-7 ming marta 1 minutiga, 10 minut mobaynida aylantiriladi.

O'zlashtirilmagan izotopdan yuvib oligan bakteriyalarni tozaligini yekshirish uchun 2 namuna xar biri 0,5 ml utkazilgan eritmasidan tayorlanadi. Bu namunalarni radioaktivligini fondan 2 marta kup bulmasligi shart. Probirkadagi chukkan kuykum fiziologik eritma bilan suspenziyalashtiriladi 2 mlard mikro jism konsetrasiyasi xosil bolganigacha. Bu konsentrasiya optik standart buyicha yoki fotoelektrokollorimetr- FEK-56M bilan aniklanadi.

Radiometriya uchun namuna sifatida fiziologik eritma- suspenziya 1 milliard mikroorganizmlari olinadi va falgadan bulgan likobchalarga soliniladi. Xaer kaysi kulturadan ikkitadan namuna tayorlanadi.

Radiometriya kilinalidigan namunalarda PP-9 yoki boshka uskunalar bilan oldingok oltingugurt-35 uchun effektli xisoblanadi. Radiometriyani kaysi kursatkichlari buyicha, impulslardan bir minutda nano kyuriga aylantirilgan xolda olib boriladi.

Olingan tekshirishlar natijalari ichag tayokchalarinn patogen yoki nopatogen shtamlarini defferensial kilishga imkoniyat beradi.

Patologik materiallardan mikroblarni ajratilgandan sung ularni tekshirish muddatini saklash zarur. Shtamlarni savutkichda xar oy ularni kaytatdan ozilantiruvchi muxidga ekadilar. Patologi materialdlardan mikroblarni ajratilgandan 3 oy so'ng ishlatishga yaroqsiz.

Agar kuprok vakt utgaiidan sung foydanalingan mikroblardan modda almashtiruvchi va binobarin izotoplarni ta'siri o'zgaradi, natijada ulardan radioaktiv usul diagnostikasi maksadida foydalanish veterinariya amaliyotida kullanilishi murakablashadi.

*Nazorat uchun savol va topshiriqlar:*

1. Tabiiy nur manbalari.
2. Kosmik nurlar va ularning tarkibi.
3. Yer po'stlog'i, suv, asmosfera, ovqat mahsulotlari va organizmning radiaktivligi.
4. Yadro sinovlarining radiaktiv muhitga ta'siri.
5. Biosenoz zanjirida radiaktivlikning kumulyasiyasi.
6. Radiaktiv uglerod va uning biologik asoratlari.
7. Odam organizmining turli manbalardan nurlanishi, atom sanoati chiqindilari hisobiga va o'y ro'zg'or sharoitida nurlanish.

## **18. RADIATION XAVFSIZLIKNI NAZORATI.**

*Tayanch so'zlar:* radiatsiya xavfsizligi, xavfsiz hudud, ekologik muammo.

### **18.1 Radiatsion xavfsizlikni nazorat qilish.**

Ionlanuvchi nurlar (IN) bilan olib boriladigan hamma ishlar radiatsion xavfsizlik normalari asosida amalga oshirilmog'i lozim. Hozirgi kunda amalda qo'llanayotgan NRB-96/97 buyicha aholi 3 toifaga bo'linadi:

A - kasbi kori buyicha nur ta'sirida bo'luvchi xodimlar

B - kasbi nur bilan aloqador emas, ammo yashash va ish sharoiti buyicha nur ta'sirida bo'lishi mumkin bo'lgan odamlar.

V - aholi, umuman.

NRB-da turli toifa aholi uchun nurlanishning eng yuqori darajalari belgilangan. Masalan. A. toifa kishilar uchun ijozaat etilgan eng yuqori doza (PDD) 5 rad/yil, B toifa uchun - 0,5 rad/yil.

Radioaktiv moddalar va boshqa nur manbalari bilan ishlashning asosiy sanatoriya qoidalari - ASK. mavjud. Unda radiatsion xavfsizlikni tashkil qilish printsiplari, qoidalari keltirilgan.

Sog'liqni saqlashda radiatsion xavfsizlik. Xodimlar va bemorlarni nurlanishdan saqlanish tadbirlari, qurilish arxitektura, nurlovchi uskunalar konstruktsiyasi, ish texnologiyasi meyoriy (normativ) hujjatlarida ko'zda tutiladi. Bundan tashqari maxsus talablar ham mavjud. Radionuklidli tadqiqotlarda bemorlarni uch toifaga bo'lish qabul qilingan.

AD-xavfli o'sma gumon qilinayotgan yoki boshqa katta zarurat bilan tadqiqot o'tkaziladigan bemorlar.

BD-klinik ko'rsatmalarga binoan, onkologik bo'lmagan, hayotga bevosita tahdid solmaydigan kasalliklarni aniqlash zarur bo'lgan bemorlar.

VD-turli tekshirishlar shu hisobda profilaktik tadqiqotlar.



Turli toifa bemorlarni radiodiagnostik tekshirishlar uchu- maksimal ijozat etilgan doza (MIED (PDD)).

| Kritik organlar guruhi                                      | PDD (mZv/yil - BER/yil) |          |          |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|
|                                                             | AD                      | BD       | VD       |
| 1. Butun tana, gonadalar suyak kumigi                       | 250 (25)                | 50 (5)   | 5 (0,5)  |
| 2. Qalqonsimon bez va 1-3 gruppaga kirmagan boshqa organlar | 750 (75)                | 150 (15) | 15 (1,5) |
| 3. Teri, suyak, bilak panjalar.                             | 1500<br>(150)           | 300 (30) | 30 (3)   |

Homiladorlarda BD va VD tadqiqotlar, 16 yoshgacha bo'lgan bolalarda VD tadqiqotlari o'tkazilmaydi. Rentgenologik tekshirishlarda ta'sir qiluvchi nur dozasini cheklash maqsadida rentgen kabinetlarni jihozlash, uskunalarini joylashtirish, ularning ekspluatatsiyasi, sanitariya-gigiena sharoitlari ma'lum talablarga javob berishi lozim. Ish jarayonida vaqt-vaqti bilan radiatsion xavfsizlik xizmati tomonidan quyidagilar nazorat qilinishi kerak.

-Ekspozitsion doza – ish o'rnini, qo'shni xonalar, teritoriya va sanitariya nazorati zonasida

-Statsionar to'siqlarni (devorlarni) muhofaza hususiyatlari

-Siljuvchan kollektiv va individual muhofaza vositalarini

-Personalni individual dozimetrik nazorati

-B kategoriyaga mansub vaqt-vaqti bilan nurlanuvchilarni dozimetrik nazorati

-Bemorlarning nur yuklamasi.

Sanoatda radiatsion xavfsizlikni ta'minlash. Sanoatda qo'llanuvchi radioizotop priborlar (RIP) uch guruhga bo'linadi.

I. RIP, a va b-nurlovchi, aktivligi 185 mBK(5mki) gacha va tritiyli b nurlovchilar 79 GBk (2 Ki) gacha.

II. RIP a va b nurlovchi 185-1850 mBK(5-50 mki) Tretiy - 2-25 Ki

III. Gamma nurlovchi, aktivligi 1850 mBK(50 mki) tritiy -<25 Ki.

Bu manbalarda radiatsion xavfsizlik apparatning konstruksiyasi va ish texnologiyasi bilan amalga oshiriladi. I, II, III toifa apparatlar qo'llaganda quyidagilarga rioya qilinadi:

-nur xavfsiz tomonga (erga) yo'naltiriladi.

-RIP xodimlar uchun xavfsiz masofada o'rnatiladi

-Manba (muhofazali radiatsion boshcha) yuzasidan 1 metrdan qisqa masofada imkoni boricha kam bo'lish lozim.

Sanoat mahsulotlarining ichki struktura defektlari, kema korpuslari, gazoprovod trubalarini kavsharlash (svarka, payka), quymalarni sifatini aniqlashda, metallurgiyada, aviakosmik sanoatida va boshqalarda rentgen va radioizotop defektoskopiya qo'llanadi.

Radiatsion gamma uskunalarining xavfsizlik darajasi ularning quvvatiga - undagi radioaktiv zaryadning kattaligiga bog'liq. Bu uskunalar quvvatiga qarab to'rt guruhga bo'linadi.

I - O'ta kuchli manbalar (18500 TBK-500.000 Ki - dan katta)

II- Kuchli manbalar 185-18500 TBk- (5000-5000.000 Ki)

III- O'rtacha quvvatli 92,5-185 TBk(500 - 5000 Ki)

IV- Kuchsiz manbalar 0,185-92,5 TBk(5-500 Ki)

Tibbiyotda asosan so'nggi ikki toifaga mansub manbalar, radiobiologiyada va texnikada boshqa toifalarga mansub manbalar qo'llanadi.

I Toifa manbalar alohida binoda, imkon boricha aholi yashamaydigan joylarda o'rnatilishi lozim. II-III kategoriyalar binolarning chetida, bir qavatli qismida o'rnatilishi lozim. Ular ikki blokirovkali muhofaza sistemasiga ega, manba turgan xonaga muhofaza eshikli labirint orqali kiriladi. b nurlovchi kuchli nur manbalarda ishlatilganda asosiy muhofaza tadbiri-

radioaktiv modda joylangan kapsuladan tashqariga chiqishiga yo'l qo'ymaslik  
radioaktiv ifloslanishni oldini olishdan iborat.

Radiatsion nazoratni tashkil qilish va uning turlari.

Dozimetrik nazorat uchun qo'llanuvchi apparaturaning turi va dozimetriya

o'tkazish nuqtalari radiatsion sharoitga bog'liq. Radiatsion muhit doimiy bo'lgan sharoitlarda statsionar dozimetrlar, boshqa hollarda qo'lda ko'tarib yuriluvchi dozimetrlar qo'llanadi. Gamma va neytron nurlarni o'lchash uchun DRG tipidagi dozimetrlar (DRG- 0,5m, DRG -0,5-0,1m) qo'llanadi, rentgen va gamma nurlarni o'lchash uchun SRP-68-01 qo'llanadi.

Radioaktiv gazlar va atmosferadagi radioaktiv aërozollarning miqdorini nazorat qilish uchun statsionar, RKS toifasida yoki olib yuriluvchi RGB-06, RAS- 0,4 dozimetrlar qo'llanadi. Tekshirish uchun namunalar hamma xonalardan olinishi, agar xodim xonada ish kunining 50% vaqti davomida bo'lsa o'rtacha kunlik, undan kam bo'lsa haftalik namuna olinadi.

Ochiq radioaktiv preparatlar qo'llab o'tkaziladigan tadqiqotlar va davolash muolajalarda ishlatiladigan Radionuklidning aktivligi, tarqatadigan nurning turi, muolajaning murakkabligi va davomlilikiga qarab xodimlarning nur yuklamasi ham turlicha. Davolash maqsadlarida aktivligi bir necha o'n ming MBk RFP qo'llanadi. Albatta va bu sharoitda xodimlar oladigan nur dozasi ancha katta. Diagnostika maqsadlarida bundan bir necha yuz, hatto ming marta kichik aktivlik qo'llanadi. Diagnostikada xodimlarga nur yuklamasi kichik, radioaktiv ifloslanish darajasi ham yuqori emas.

Yarim yemrilish davri kichik Radionuklidlarni ( $M. {}^{99m}\text{Ts-pertexnetatni}$ ) generatorlarda olish, ulardan kalloid eritmalar tayyorlashda nurlanish, umumiy dozasining 45% yaqin qismini tashkil qiladi. Preparatni yuborishda olinadigan doza 10%, tekshirishni o'tkazish - skannerlashda nurlanish 1 % -ni tashkil qiladi.

Meditcina hamshirasi kolloid eritmalarini tayyorlash ularni transportirovkasi va yuborishda boshqa amallarga nisbatan ko'p nurlanadi.

Tekshirishlar ko'rsatishicha radiodiagnostik tadqiqotlarda radioaktiv ifloslanish odatda qo'lda, (20%) perchatkalari 10%, sochiqlar, asboblarda, uskunalarda bir necha protsent hollarda MIED-dan yuqori, eng-katta ifloslanish shpritslarda, stollarning ishchi yuzasida kuzatiladi. Radioaktiv ifloslanishlar

xodimlarning malakasi, ish staji va amallarni qay darajada aniq bajarilishiga bog'liq.

## **18.2 Radiatsion xavfsizlikning umumiy masalalari.**

Rentgenologik tadqiqotlarda radiatsion xavfsizlik. Oddiy rentgenologik tadqiqotlarda radiatsion xavfsizlik qo'llanadigan uskunaning muhofaza vositalari va ishning tashkiliy meyoriy tadbirlari bilan ta'min etiladi. Ammo murakkab maxsus amallarda vrachlar va laborantlarning nur yuklamasi yuqori. M. Bronxlarni, yurakni kontrastli tekshirish, rentgen nazorati ostida jarrohlik amallar bajarishda (suyak siniqlarini joyiga qo'yish, yot jismlarni olishda) xirurg, anesteziologlar oladigan doza 2-4 rad/yilni tashkil qilishi mumkin. Bu paytlarda rentgenlaborant oladigan nur dozasi 0,3 rad/yil-dan oshmaydi. Bolalar shifoxonalarda rentgen surat olishda (bolalarni ko'p hollarda tutib turivchi sanitarkalar oladigan nur, vrach-rentgenolog oladigan dozaga nisbatan yuqori (3-1,5 rad/yil).

Nurli terapiyani amalga oshirishda radioaktiv preparatlarni organizmga kiritish va chiqarish (zaryadka va razryadkada) va ularni ishga tayyorlashda xodimlarga nur yuklamasi katta. Oziq mahsulotlarda radionuklidlarni miqdorini aniqlashning ekspress metodlari. Oziq mahsulotlarda b va a nurlovchi radionuklidlarning umumiy va nisbiy aktivligini aniqlash metodlari ular tarqatgan nur intensivligini RKB-4-1eM, KRK-1, KRVP-3AB, qayta hisoblovchi qurilmalar yoki SRP-68-01 uskunasi yordamida aniqlanadi. Past energiyali nurlar (0,05-0,3 MeV) qayd qilingan taqdirda SRP-68-01 qurilmalarning ko'rsatgichi aslidan 2-10 marta ortiq bo'lishi mumkin. Nur energiyasi 0,6 MeV-dan yuqori bo'lgan hollarda ko'rsatgichning energiyaga bog'liqligi yo'qoladi. Bu uskuna yordamida aktivlik detektorni radioaktivligi o'rganilayotgan namunaga tushirish (botirish) vositasida amalga oshiriladi. Namunaning aktivligini o'lchash, fonni aniqlash va asosiy tekshirishdan iborat ikki bosqichdan iborat. Bu tekshirishlar devorining qalinligi kami 5 sm bo'lgan qo'rg'oshin quduqchada amalga oshiriladi. Quduqchani qo'rg'oshin g'ishtlardan

to'plash mumkin. Uning tubida qo'rg'oshin qatlamining qalinligi 5 sm-dan, chuqurligi 10 sm kam bo'lmasligi lozim. Radioaktiv fon, quduqcha ichiga namuna solish uchun mo'ljallangan idishni tushirib uning markaziga gamma shup o'rnatilib radiometriya o'tkazish bilan amalga oshiriladi.

Namunalarni radiometriyaga tayerlash va uni o'tkazish. Suyuq sut mahsulotlari, o'simlik yog'lari, sharbatlar radioaktivligini aniqlashda 1 litrli bankaga 0,7l namuna quyiladi SRP-68-01-ning datchigi - shup bankaga tushiriladi. Uning markazi buylab tubiga 5-7 sm yetmasdan o'rnatiladi, sungra bankaning qirrasiga qadar namuna bilan to'ldiriladi. Bu mahsulotlar radioaktivligi 3 litrli banka, bidon, chelakda ham bajarilishi mumkin.

Meva-sabzavot mahsulotlari (kartoshka, sabzi, lavlagi, shalg'om, olma, o'rik va boshqalar yaxshilab yuvib, pichoq bilan maydalashadi, bankaga 200-300 g solib zichlab uning  $\frac{1}{4}$  balandligiga qadar to'ldiriladi. SRP-68-01 shupi bankaga tushiriladi. Maydalangan mevaning qolgan qismi bilan banka og'ziga qadar to'ldiriladi.

Don mahsulotlari, shakar va boshqa to'kiluvchi mahsulotlar 1,5-2 kg miqdorida 1 litrli bankaga solib radioaktivligi o'lchanadi.

Go'sht mahsulotlari - yog'siz joyidan 500-600 g ajratib olib 8x16 sm yupqa polietilin paketga 4 sm qalinlikda yotqiziladi va u bilan gamma-shupni o'rab, tasma bilan bog'lanadi. SHupning uchi paketning pastki chetidan 2-3 sm baland bo'lishi lozim.

Sarig' yog', margarin, 400 g miqdorda olinib radioaktivligi go'sht kabi aniqlanadi.

Pishloq (сыр) 8x8x8 sm kub shaklida kesib olinadi, u ikkiga bo'linadi: biri 2-3 sm ikkinchisi 8x8x6 sm. Katta bo'lakda pichoq bilan 4 sm-li kavak qilinadi. So'ngra bo'laklar birlashtiriladi hosil bo'lgan quduqchaga SRP-68-01 shupi kiritib radiometriya o'tkaziladi.

Ko'katlar, o't mahsulotlari yaxshilab yuvib 8x30 sm tselofan paketga solib, zichlanadi va u bilan gamma shup o'raladi, tasma bilan zich bog'lanadi, so'ngra radiometriya o'tkaziladi.

Non (bo'lak)ning qattiq po'stlog'i kesilib yumshoq qismidan tselofonga solib 10x10x10 sm kub yasaladi, uning o'rtasiga, 6-7 sm chuqurlikkagacha gamma shup kiritiladi. Qattiq pustloqning radioaktivligi alohida o'rganiladi. Oziq mahsulotlarning radiometrik tekshirishning sharti - olinadigan mahsulotning hajmi, zichligini bir xil bo'lishi, gamma shup markazda joylanishi, uning uch tomonidan radioaktivligi o'rganilayotgan moddaning 2-3 sm qatlami bo'lishi lozim.

Namunalarning radioaktivligi dozimetrlarning ko'rsatgichidan radioaktiv fon ko'rsatgichi olib tashlab hisoblanadi.

SRP-68-01 dozimetrlari gamma nurlovchi radioaktiv moddalar aktivligini ko'rsatadi. Beta nurlovchi radioaktiv moddalar aktivligi namunalarni maxsus alyuminiy tarelkaga standart hajimli miqdorini solib betta radiometrlar yordamida o'tkaziladi. Radiometriyani standart sharoitda o'tkazilmasligi tekshirish natijalarining noaniqligiga olib keladi.

O'tgan asrning 60 yillarida yadro sinovlari o'tkazilayotgan paytlarda ko'proq havo, suv, tuproq, oziqa, o'simlik mahsulotlari radioaktivligi o'rganilgan, undan keyingi yillarda ko'proq muhitda tabiiy radioaktiv moddalar (rady, toriy, radon, poloniy) miqdori o'lchangan. CHernobil AES avariyasidan so'ng muhitning va turli mahsulotlarning radioaktivligini zudlik bilan aniqlash ekspress metodlar qo'llana boshlandi.

Namunalarning nisbiy va hajmiy (udelnaya i ob'emnaya) radio-aktivligini aniqlashda radiometrlar - RKB 4-1 yeM (BDJB-02 bloki bilan) va KRVP-3AB eng sezgir hisoblanadi. Ular 37 BK/kg qadar kichik radioaktivlikni ko'rsata oladilar.

Radioaktivlikni aniqlash uchun oziqa mahsulotlardan namuna olish. Namunalarning radioaktivligi gamma nurlarning intensivligi asosida uch

daraja aktivlikga bo'linadi: eng yuqori va ijozat etilgandan past darajada radioaktivlik

Namunalar olish. Miqdori 500 kg-gacha bo'lgan mahsulotlardan 1 namuna 500-3000 kg-dan -2, 3-5 tonnadan - 3, 5-10 t-dan - 5, 10-20 t-dan - 6 namuna olinadi. Go'sht mahsulotlaridan har biri 30-50 g bo'laklar IV bo'yin umurtqalari, kuraklar, son, bel sohasidan ja'mi 0,2-0,3 kg, jigar, buyrak, taloq o'pkalardan 0,1-0,2 kg olinadi. Qush go'shti - tanasining  $\frac{1}{4}$  qismi, kichkinalar (jo'jacha)lardan namuna uchun tana butun olinadi.

Baliq - yiriklarining o'rta qismidan 0,3-0,5 kg, kichiklari to'liq olinadi. Sut - 1l, smetana, tvorog - 0,5 kg, pishloq, quyultirilgan sut - 0,3 kg. Don mahsulotlari 3-4 joydan ja'mi 1-2 kg olinadi. Tuhum - har mingtadan 3 dona, ja'mi 6-10 dona olinadi. Namunalar turli bazalar, omborlar saqlagichlar, jamoat hujaliklaridan olinadi va ular toza idishga joylanadi, pechatlanadi, massasi o'lchanadi, markirovka qilinadi. Etiketkada namunaning miqdori, olingan va tayerlangan joyi, sana ko'rsatiladi.

Namunalar laboratoriyada yuviladi, po'stloqdan tozalanadi, ist'emol qilinmaydigan qismlardan ajratiladi, maydalanadi. DP-100 va UMD uskunalarda radiometriya qilish uchun maxsus alyuminiy tarelkachaga ( $d=26$  yoki  $40$  mm,  $h=10$  mm) shpatel bilan solib zichlanadi va uning yuqori qirrasiga qadar to'ldiriladi va so'ngra radiometriya o'tkaziladi. RKB 4-1eM radiometrning BDJB-07 detektorblokida suyuq, pastasimon, sochiluvchi oziqa mahsulotlari radiometrning komplektida bo'lgan doirasimon plastmassa kyuvetchalarga solib o'tkaziladi. Namuna radiometriyasini o'tkazish oldidan aniqlangan fon, avvalgi o'lchashning fon ko'rsatgichidan 50% yuqori bo'lsa dezaktivatsiya o'tkaziladi. Radiometrik tekshirishlarda tabiiy muhit va ba'zi ovqat mahsulotlarida  $^{40}\text{K}$  hisobiga mavjud bo'lgan radioaktivlik e'tiborga olinishi lozim. Bu izotopning miqdori dukkaklilar - loviya, nuxatda sutga nisbatan 7- marta, soyada 12 marta, qora nonda 20 marta ko'p. SHu sababli  $^{40}\text{Q}$  radioaktivligini e'tiborga olib, olingan natijalarga o'zgartish kiritish yoki

radiometriya,  $^{40}\text{Q}$  nurlarini qayd qilmaydigan spektrometrik rejimda amalga oshirilishi lozim.

### **18.3 Xavfli o'smalarning kelib chiqishi.**

Ionlanuvchi nurlarning xavfli o'smalar keltirib chiqarishi rentgen nurlari kashf etilgandan 10-12 yil o'tgach ma'lum bo'ldi. Nur bilan ishlovchi vrachlar va tadqiqotchilar terisida nurli qo'yishdan so'ng rak kelib chiqishi ma'lum bo'ldi. Bu hayvonlarda o'tkazilgan eksperimentlarda o'z isbotini topdi.

Nur ta'sirida o'smalar hamma to'qimalarda rivojlanishi mumkin. Radiativ nur keltirib chiqargan o'smalar terida suyakda, tuxumdonlarda eng ko'p uchraydi. Non ishlab chiqarish to'qimalari raki - leykozlar eritmiya limfomalar rivojlanadi. Suyak o'smalari skeletda tanlanib to'planuvchi izotoplar Pu, Ra, Sr va boshqa osteotrop radiativ preparatlarning nuridan, rengenoterapiyada skelet nurlanishdan keyin yuzaga kelishi mumkin.

AQSh-da siferblati shu'la beruvchi soat chiqaruvchi zavod ishchilarida rivojlangan jag' suyaklarining osteosarkomasi bunga isbot bo'ladi. Odamlarda suyak o'smalarini keltirib chiqaruvchi minimal doza 12 gr. holbuki nur terapiyasida ayrim suyaklarda yutilgan doza 40-50-60 gr.ni tashkil etadi, bu sharoitda o'smalar yuzaga kelish ehtimoli ortadi.

Nur kasalligidan so'ng va ruxsat etilgan eng yuqori dozadan ortiq nurlanganlarda leykozlar rivojlanishi xavfi tug'iladi. Odamlarda nurlanish leykozlari kelib chiqishi haqidagi eng to'liq ma'lumotlar Yaponiyada atom portlashlarini boshdan kechirganlar haqidagi obzor va maqolalarda keltirilgan. BMT komissiyasining ma'lumotlari bo'yicha Yaponiyada 1946-1960 yillar ichida leykozlar odamlar orasida deyarli 11 barobar ortgan. Kasallanganlar soni atom portlashining markaziga yaqinlashgan sari ortib boradi. M: Xirosima shahrida yadro portlashida markazdan 1 km.-gacha masofada turganlarda leykozlar bilan kasallanish har 100000 kishiga 137, 1,5-2 km masofada bo'lganlarda 4,2 ni tashkil etadi.



Leykozlar nur bilan davolanganlar orasida ham ko‘payishi aniqlangan. M: Angliyada Bexterev kasalligi (umurtqa bo‘g‘inlarining infeksiyon-allergik yallig‘lanish kasalligi) tufayli nur bilan davolangan 11 mingdan ortiq kishilar orasida leykozlar rivojlanishi 25-50 marta ko‘paygan.

Nurlanishdan so‘ng ko‘z qorachig‘ining xiralanishi, katarakta kelib chiqishi mumkin. Bu turli hayvonlarda o‘tkazilgan eksperimentlar va nurlangan odamlarning kuzatuvlarida aniqlangan. Aniqlanishicha, odamlarda katarakta keltirib chiqaruvchi minimal doza 25 gr.-ga teng, agar u bir marta qisqa mudat ichida berilsa, 5 Gr.-da kasallikning kelib chiqish ehtimoli juda ortadi. Olimlar, boshi nurlangan bemorning yarmidan ko‘pida katarakta kelib chiqishini kuzatganlar. Agar nurlanganlar yanada uzoqroq kuzatilsa ularning hammasida kasallik rivojlanishi mumkin.

*Nazorat savollari.*

1. Radiatsiya ta’siri buyicha aholi toifalari
2. Radiatsion xavfsizlikni ta’minlash printsiplari
3. Radionuklidlarni diagnostika qo‘llash amaliyotida nurlanish xavfi.
4. Rentgenologik tekshirishlarda radiatsion xavfsizlikni ta’minlash.
5. Sanoat va halq ho‘jaligida radiatsion xavfsizlikni ta’minlash.
6. Oziqa mahsulotlarida radioaktivlikni aniqlashning ekspress metodlari.

**Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. «Биологическое действие ионизирующих излучений и клиника лучевой болезни» (сб. статей) под. Ред. А.И. Игнатева, Москва – 1954г.
2. «Большая медицинская энциклопедия.» Т.7. Дозиметрия, Т.9. Ионизирующие излучения, Т.21. Радиоактивность, изд. З.М.1983 г.
3. Бирзу И. «Радиобиология в клинике.» Бухарест, изд. Мед. 1981г.
4. Бак З. Александер П. «Основы радиобиологии». Москва, 1963 г.

5. Гончаренко Е.Н., Кудрясцев Ю.Б. «Химическая защита от лучевого поражения». Москва изд. МГУ 1955 г. 249 стр.
6. Кейрим-Маркус И.Б. «Новые сведения о действии на людей малых доз ионизирующих излучений – кризис господствующей концепции регламентации облучения». Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1997 г.
7. Кузин А.М. «Молекулярная радиобиология клеточного ядра». Атомиздат, М. 1973г. 232стр.
8. Кузин А.М. «Проблемы радиобиологии». Москва. Знание, 1969г.
9. Манойлов С.Э. «Первичные механизмы биологического действия ионизирующей радиации». Москва. Медицина, 1968 г. 184стр.
10. «Основы радиационной биологии». Под редакцией А.М. Кузина и Н.И.Схапиро, Москва. «Наука», 1964г. 402стр.
11. «Нормы радиационной безопасности.» /НРБ-99/ Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1997г. 70 стр.
12. Рабухин А.А. «Низкие уровни ионизирующего излучения и здоровье. Системный подход (аналитический обзор.) Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2000г. № 2.
13. Тарусов Б.Н. «Основы биологического действия радиоактивных излучений». Москва. Медгиз, 1955г. 137 стр.
14. Ярмоненко С.П. «Радиобиология человека и животных». Москва. Высшая школа, 1977 г. 368 стр.
15. Ярмоненко С.П. «Низкие уровни излучения и здоровье. Радиобиологические аспекты (Аналитический обзор) Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2000, №3. С 5-31.
16. Илёсов Т. Н. «Тиббиёт рентгенелогияси» Тосхкент 1992 й. Ибн Сино номидаги насхр.
17. Mamajonov T.M. Radjabov A.I. «Ionlanuvchi nurlar biologiyasi kursi bo'yicha seminar mashg'ulotlari uchun qo'llanma» Samarqand 2002.

**Radjabov A.I.**

**IONLANUVCHI NURLAR BIALOGIYASI**

**(Darslik)**

**Muharrir:**  
**Musahhih:**  
**Tex.muharrir:**

*01.05.2020 yilda bosishga ruxsat etildi.  
№ 97 buyurtma 15 bosma taboš,  
hajmi 60x84 1,16. Adadi **100** nusxa*

---

*SamDU Nashr-matbaa markazi bosmaxonasida chop etildi.  
703004, Samaršand sh., Universitet xiyoboni, 15.*