

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

BIOLOGIYA KAFEDRASI



RADIOBIOLOGIYA

| | |
|---------------------------|--|
| Bilim sohasi: | 100000-Gumanitar fanlar |
| Ta'lim sohasi: | 140000 – Tabiiy fanlar |
| Ta'lim yo'nalishi: | 5 420100 - Biologiya yo'nalishi uchun |

Ushbu o'quv-uslubiy majmua Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 24.08. 2017 yildagi 32-sonli buyrug'I bilan tasdiqlangan O'simliklar fiziologiyasi fani namunaviy dasturi (№ BD – 5141100- 2.05) talablari asosida tayyorlangan.

Tuzuvchi: Biologiya kafedrası o'qituvchi (PhD), N.M.Sultonova

Taqrizchi: K.M.Ismailova Biologiya kafedrası dotsenti, (PhD). (Guliston davlat universiteti)

MUNDARIJA

| | |
|---|-----|
| Kirish..... | 3 |
| Nazariy materiallar (ma'ruzalar kursi)..... | 5 |
| Kirish. Radiobiologiya fanining tadqiqot ob'ekti, maqsad va vazifalari, rivojlanish tarixi..... | 4 |
| Ionlantiruvchi nurning fizikaviy asoslari..... | 14 |
| Ionlantiruvchi nurlarnng molekulaga ta'sir turlari..... | 38 |
| Hujayraning nurlanishiga ko'rsatadigan reaksiyasi va nur sezgirligi..... | 51 |
| Ionlantiruvchi nurlarnng biologik ta'snr mexanizmini izohlashga qaratilgan nazariy tasavvurlar..... | 57 |
| Ionlantiruvchi nurlarning to'qima va organlarga ta'siri..... | 65 |
| Ionlantiruvchi nurlarni yaxlit organizmga tasiri. | 69 |
| Inkorporatsiya qilingan radioaktiv moddalarning biologik ta'siri..... | 75 |
| Radiatsion zararlanishdan keyin organizmda kechadigan tiklanish jarayonlari..... | 95 |
| Test savollari..... | 112 |

KIRISH. RADIOBIOLOGIYA FANINING TADQIQOT OB'EKTI, MAQSAD VA VAZIFALARI, RIVOJLANISH TARIXI.

Reja:

2. Radiobiologiya fanining predmeti va tadqiqot ob'ekti, maqsad va vazifalari
3. Radiobiologiyaning boshqa fan sohalari bilan aloqadorligi va asosiy yo'nalishlari
4. Radiobiologiya fanining rivojlanish tarixi.

1. Radiobiologiya fanining predmeti va tadqiqot ob'ekti

Radiobiologiya fanining predmeti – ionlashtiruvchi nurlanishning turlari va manbalarini tavsiflash, uning biologik ob'ektlarga ta'sirining molekulyar mexanizmlarini o'rganish hisoblanadi.

Radiobiologiya fanining tadqiqot ob'ekti – tirik organizmlar (*hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar*), to'qimalar, organ va hujayralar va molekulalar (jumladan, *makromolekulalar*) hisoblanadi¹.

1.1. Radiobiologiya fanining maqsad va vazifalari. Radiobiologiya fanining maqsadi – ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ob'ektlarga fizik–kimyoviy ta'sirining molekulyar mexanizmini o'rganish va o'z navbatida, ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga nisbatan biologik javob reaksiyasi shakllanish qonuniyatlarini aniqlash va ushbu asosda, organizmning javob reaksiyalarini boshqarish, nurlanishning salbiy ta'siri darajasini kamaytirishni ilmiy asoslab berishdan tashkil topadi².

Radiobiologiya fanining **vazifalari** – ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmlarini o'rganish, ya'ni ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida birlamchi o'zgarishlarning fizik–kimyoviy va molekulyar darajadagi mexanizmlarini tavsiflash va unga qarshi ishlab chiqiluvchi uslublar, chora–tadbirlar majmuasini biofizik nuqtai nazardan asoslab berishdan tashkil topadi.

1.2. Radiobiologiya va radiobiofizika fanining uslubiy asoslari. Radiobiologiya va radiobiofizika fanlari zamonaviy biokimyoviy, biofizik, fiziologik eksperimental tadqiqot uslublaridan foydalanadi.

Radiobiologiya va radiobiofizika eksperimental fan hisoblanadi. Shu sababli, bu fanlarning asosiy tadqiqot uslubi – **eksperiment** (tajriba) hisoblanadi. Shuningdek, radiobiologiya va radiobiofizikaning asosiy tadqiqot uslublari – bevosita, nurlanishning ta'sirini miqdoriy baholash (**dozimetrik**) uslublaridan tashkil topadi.

Umumiy holatda radiobiologiya va radiobiofizikaning tadqiqot uslublari quyidagi guruhlariga ajratiladi³:

1. *Dozimetriya uslubi*;
2. *Matematik statistika uslublari*;
3. *Tsitogenetik uslublar*;
4. *Biokimyoviy uslublar*.

Hozirgi vaqtda radiobiologiya va radiobiofizika fan sohalari rivojlanishi asosida ko'pgina boshqa fan sohalarida ham yuqori samaradorlikka ega bo'lgan bir qator tadqiqot uslublari ishlab chiqilgan.

Radiatsion va radioaktiv tadqiqot uslublari – rentgen yoki γ -nurlanish ta'sirida ob'ektda «nur taratish» hodisasi yuzaga kelishiga asoslaniladi. Ob'ekt orqali o'tgan vaqtda, material zichligi va qalinligiga bog'liq holatda, ionlashtiruvchi nurlanish oqimining energiyasi qiymati susayadi. Bu

¹ И.Н.Гудков. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии // Учебник для вузов. – Киев. – Изд-во УСХА, 1991. – 328 с.: ил.

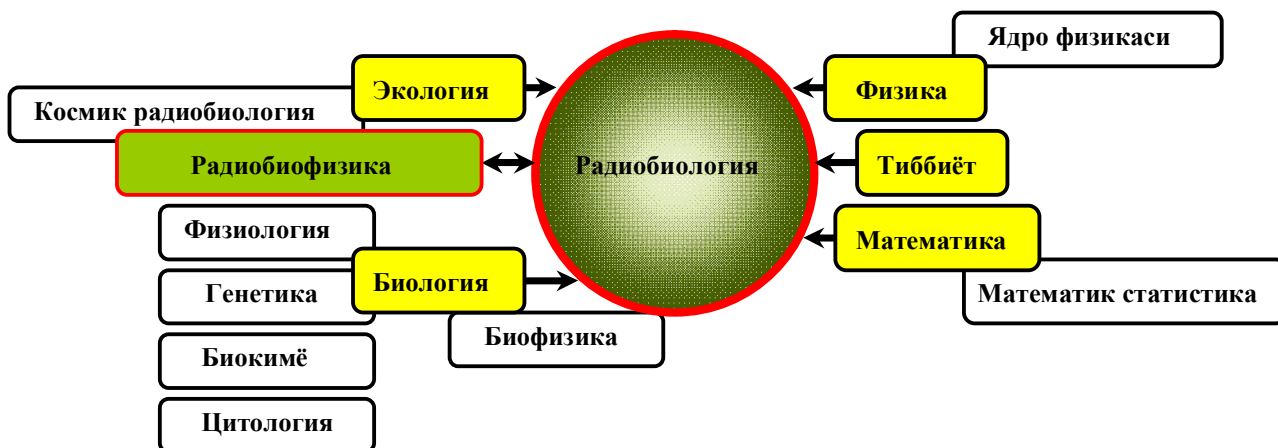
² Лекции по радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: www.studfiles.ru... Дата обращения: 08.12.2015 г.

³ Радиобиология как предмет // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://biobib.ru>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

mexanizmdan turli xil ob'ektlar strukturasi tarkibida nuqsonlar (*defekt*) mavjudligini tekshirishda (*rentgenologik defektoskopiya*) foydalaniladi⁴.

Rentgen mikroskopiya – mikroradiografiya, rentgenoradiografiya, rentgen mikrotahlil, rentgenotelevizion mikroskopiya kabi turlarga bo'linadi. Shuningdek, hozirgi vaqtda katta hududda radiatsion ifloslanish darajasini monitoring qilish maqsadida qo'llaniluvchi stsintillyatsion detektorli aerogamma–spektrometr qurilmalari ishlab chiqilgan⁵.

5. Radiobiologiyaning boshqa fan sohalari bilan aloqadorligi va asosiy yo'nalishlari. Radiobiologiya fani – **tibbiyot, biologiya, biofizika, radiobiofizika, yadro fizikasi, elektronika, fizika, matematika, fiziologiya, kosmik radiobiologiya, biokimyo, tsitologiya** kabi fan sohalari bilan chambarchas bog'liq hisoblanadi⁶.



Radiobiologiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilar hisoblanadi:

Radiatsion biokimyo, radiatsion genetika, radiatsion tsitologiya, radiatsion ekologiya, radiatsion patofiziologiya, radiatsion epidemiologiya, radiatsion gigiena, geofizik radiologiya, tibbiyot radiologiyasi, radiatsion terapiya.

Radiatsion biokimyo – ionlashtiruvchi nurlanishning molekulyar biokimyoviy ta'sir mexanizmlarini, jumladan makromolekulalarga ta'sirini tadqiq qiladi.

Radiatsion genetika – ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutagenез usulidan amaliyotda foydalanish usullarni ishlab chiqish bilan shug'ullanadi.

Radiatsion gigiena – ionlashtiruvchi nurlanishning odam organizmiga ta'siri shart–sharoitlari, turlari va oqibatlarini o'rganuvchi, radiatsion nurlanishning salbiy ta'siriga qarshi odam organizmi salomatligini muhofaza qilishga qaratilgan uslublar, chora–tadbirlarni ishlab chiquvchi fan sohasi hisoblanadi⁷.

⁴ Радиоактивные и радиационные методы неразрушающего контроля // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://xreferat.com...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁵ Аэрогамма–спектрометры МИФИ // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.radiation.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁶ И.Н.Гудков. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии // Учебник для вузов. – Киев. – Изд–во УСХА, 1991. – 328 с.: ил.

⁷ Л.А.Ильин, В.Ф.Кириллов, И.П.Коренков. Радиационная гигиена // Учеб. для вузов. – Москва. – Изд–во «ГЭОТАР–Медиа», 2010. – 384 с.: ил.

Геофизик радиологиya – атмосфера, гидросфера va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi.

Tibbiyot radiologiyasi – aholi istiqomat qiluvchi punktlar hududida atrof–muhitning radioaktiv ifloslanish darajasini nazorat qilish bilan shug'ullanadi.

Radiatsion terapiya – ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab chiqish bilan shug'ullanadi.

2.1. Radiobiologiya va radiobiofizika. Radiobiologiya – ionlashtiruvchi nurlanishning odam va hayvonlarga ta'sirini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi⁸.

Radiobiologiya YuNESKO tasnifi bo'yicha biologiya fan sohasi tarkibida 2418 kodi bilan belgilangan. Radiobiologiya fanining **predmeti** – radiobiofizika fani predmetiga nisbatan keng ko'lamdaligi bilan farqlanadi va ionlashtiruvchi nurlanish turlari va manbalarining tiriklikning molekulyar darajasidan populyatsiyagacha darajalarida ta'sir mexanizmini o'rganishdan tashkil topadi. Radiobiologiya fanining **tadqiqot ob'ekti** – tirik organizmlar (*hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar va ularning ekologik jamoalari, populyatsiyalari*) hisoblanadi⁹.

Radiobiologiya fanining tadqiqot ob'ekti – quyidagi 3 ta bo'limga ajratiladi:

1. Murakkab tizimlar (ekologik tizimlar, populyatsiya, ko'p hujayrali organizmlar, organlar va to'qimalar) radiobiologiyasi;

2. Hujayra radiobiologiyasi;

3. Molekulyar radiobiologiya.

«Radiobiologiya fanining predmetini tashkil qiluvchi fundamental vazifalar – ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga nisbatan biologik javob reaksiyasining umumiy qonuniyatlarini aniqlash va ushbu asosda, organizmda yuzaga keluvchi nurlanish reaksiyalarini boshqarish sa'natini o'zlashtirishdan tashkil topadi»¹⁰.

Radiobiologiya fanining **maqsadi** – radiatsion nurlanish kasalligi etiologiyasini o'rganish, ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sir qonuniyatlarini aniqlash va radiatsion nurlanishning biologik organizm va uning avlodlariga salbiy ta'sirini bartaraf qilishdan tashkil topadi.

Radiobiologiya fanining **vazifalari** quyidagilardan tashkil topgan¹¹:

- Odam salomatligiga havfli hisoblangan radiatsion nurlanish manbalarini o'rganish;

- Ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sirini o'rganish;

- Odam organizmini ionlashtiruvchi nurlanishga qarshi himoya vositalarini ishlab chiqish va nurlanish sharoitida uning salbiy oqibatlariga qarshi kurashish va qayta tiklanishga qaratilgan chora–tadbirlarni ishlab chiqish;

- Atrof–muhit va qishloq xo'jaligi mahsulotlarining odam va hayvonlar organizmiga radiatsion havf tug'dirishi darajasini baholash;

- Ionlashtiruvchi nurlanishning turli xil kasalliklarga tashhis qo'yish va davolash maqsadlarida, shuningdek qishloq xo'jaligi, oziq–ovqat sanoati va mikrobiologiya sohalarida samarali foydalanish texnologiyalarini ishlab chiqishni ilmiy jihatdan asoslab berish;

⁸ А.Д.Доника. Основы радиобиологии. Учебно–методическое пособие // (Министерство здравоохранения и социального развития. Волгоградский государственный медицинский университет. Кафедра Мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф). – Волгоград, 2010. – 177 с.

⁹ И.Н.Гудков. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии // Учебник для вузов. – Киев. – Изд–во УСХА, 1991. – 328 с.: ил.

¹⁰ С.П.Ярмоненко. Радиобиология человека и животных: Учебник для биол. Спец. вузов // – 3–е изд., перераб. и доп. – Москва. – Изд–во «Высш. шк.», 1988. – 424 с.

¹¹ История развития радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://studopedia.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

· Texnogen halokatlar va yadro qurolining radioekologik oqibatlarini o'rganishdan tashkil topadi.

Radiobiologiya fani – biologiya, tsitologiya, genetika, biofizika, yadro fizikasi, farmakologiya, gigiena radiologiya, tibbiyot radiologiyasi va rentgenologiya, ekologik radiobiologiya va shuningdek, **radiobiofizika** kabi alohida fan sohalariga ajratiladi.

Umumiy holatda, **radiobiologiya** – radiatsion nurlanishning biologik ob'ektlar va tizimlarga ta'sirining umumiy qonuniyatlarini o'rganadi, **radiobiofizika** esa – radiobiologik masalalarni biofizika nuqtai nazaridan qarab chiqadi, ya'ni radiatsion nurlanishning molekulyar darajadagi ta'sir mexanizmlarini tadqiq qiladi.

Radiobiofizika fani bevosita radiobiologiya fan sohasi tarkibidan ajralib chiqqan mustaqil fan hisoblanadi va umumiy tadqiqot ob'ekti, uslublari, maqsad va vazifalarga ega hisoblanadi, biroq radiobiofizika mustaqil fan sohasi sifatida farqli jihatlariga ega hisoblanadi.

Radiobiofizika (radiatsion biofizika) – ionlashtiruvchi va ionlashtiruvchi ta'sirga ega bo'lmagan nurlanishning biologik ta'sir mexanizmlarini o'rganuvchi, jumladan radiatsion energiyaning alohida molekulalar tomonidan yutilishidan tortib, hujayra va organizm darajasida yuz beruvchi murakkab tavsifga ega biologik o'zgarishlargacha jarayonlarni tavsiflovchi fan sohasi hisoblanadi¹².

Radiobiologiya yo'nalishlari bevosita radiobiofizika yo'nalishlarini xam o'z ichiga qamrab oladi. Radiobiologiya yo'nalishlari quyidagi 2 ta guruhga ajratiladi:

1. Ionlashtiruvchi nurlanishning biologik tizimlarga ta'siri natijasida yuzaga keluvchi jarayonlarni o'rganuvchi yo'nalishlar:

- Umumiy fundamental radiobiologiya;
- Kosmik radiobiologiya;
- Radiatsion ekologiya (jumladan, qishloq xo'jaligi radioekologiyasi);
- Radiatsion biokimyo;
- Radiatsion genetika;
- Radiatsion tsitologiya;
- Tibbiyot radiobiologiyasi;
- Radiatsion immunologiya;
- Radiatsion gigiena;

2. Biologik organizmlar taksonlarining radiatsion nurlanishga javob reaksiyasini o'rganuvchi yo'nalishlar:

- Radiatsion virusologiya;
- Radiatsion mikrobiologiya;
- O'simliklar radiobiologiyasi;
- Odam va hayvonlar radiobiologiyasi.

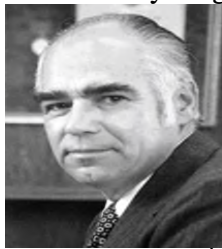
Qishloq xo'jaligi radioekologiyasi – qishloq xo'jaligi ekinlari va chorva mollari organizmi, agrotsenozlarda ionlashtiruvchi radiatsiyaning ta'sirini, radionuklidlarning qishloq xo'jaligi ob'ektlarida migratsiyalanish xususiyatlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi¹³.

Hozirgi vaqtda **radiobiofizika** alohida, mustaqil fan sohasi sifatida Oliy o'quv yurtlari va ixtisoslashgan ta'lim muassasalarida o'quv fani predmeti sifatida o'qitiladi. Qayd qilish kerakki, «**Radiobiofizika**» bo'yicha talabalarga asosiy tushuncha va bilimlarni berishda, pedagogik–ilmiy

¹² Ю.Б.Кудряшов. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) // Под ред. В.К.Мазуркина, М.Ф.Ломанова. – Москва. – Изд-во «ФИЗМАТЛИТ», 2004. – 448 с.

¹³ Б.И.Тепляков. Основы сельскохозяйственной радиоэкологии: Курс лекций // Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2010. – 146 с.

maqsadlarga mo'ljallangan, eng mukammal zamonaviy nashrlardan biri – bu **Edward L. Alpen** tomonidan yozilgan «*Radiation Biophysics*» kitobi (1998) hisoblanadi¹⁴.



Edward Lewis ALPEN (AQSh: 14.03.1922–03.11.2006) – radiobiolog, biofizik, radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'sir mexanizmi va unga qarshi kurash uslublarini ishlab chiqish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan¹⁵

Nazorat uchun savollar.

Radiobiologiya fanining predmeti nima?

Radiobiologiya fanining tadqiqot ob'ekti nima?

4. Radiobiologiya fanining maqsad va vazifasini tushuntiring.

Radiobiologiya va radiobiofizika fanining tadqiqot uslublarini sanab bering.

1. Radiobiologiyani boshqa fan sohalari bilan aloqadorligini tushuntirib bering va asosiy yo'nalishlarini sanab bering.

3. Radiobiologiya fanining rivojlanish bosqichlari

Radiobiologiya fani XIX asrning oxiri va XX asr boshida shakllangan va ma'lum bir rivojlanish bosqichida uning tarkibidan radiobiofizika yo'nalishi alohida fan sohasi sifatida ajralib chiqqan. Radiobiologiya va radiobiofizikaning rivojlanish tarixi quyidagi bosqichlarda ajratiladi:

I bosqich – 1890–1922–yillarga to'g'ri keladi va bu davrda – ya'ni, 1895–yilda Vilgelm Konrad Rentgen (Germaniya) tomonidan rentgen nurlanishi aniqlangan, 1896–yilda A.Bekkerel tomonidan uran ($^{238}_{92}\text{U}$) elementining radioaktivlik xossasi (α –, β – va γ –nurlanish) aniqlangan va bu kashfiyot tabiiy radioaktivlik hodisasining o'rganilishi tarixining boshlanishi hisoblanadi. Shuningdek, bu bosqichda radiatsion nurlanishning biologik organizmga ta'siri bo'yicha dastlabki ma'lumotlar to'planishi amalga oshirilgan.

1898–yilda Per Kyuri (1859–1906) va Mariya Sklodovskaya–Kyuri (1867–1934) radioaktiv – $^{226}_{88}\text{Rd}$ va $^{209}_{84}\text{Po}$ elementlarini kashf qilishgan.

Radiobiologiya fani rivojlanishining ushbu bosqichida I.P.Pulyuy, I.R.Tarxanov, E.S.London, L.Xalbershtadter, J.Osgoud, P.Broun, G.E.Albers–Shonberg, G.Xeyneke, J.Bergone, L.Tribondo kabi olimlar radiatsion nurlanishni tavsiflash va uning biologik organizmlarga ta'sirini o'rganish yo'nalishida eksperimental tadqiqotlar olib borishgan.

Radiobiologiya fan sohasi shakllanishining boshlanishi sanasi sifatida – 1896–yilda fizilog Ivan Romanovich Tarxanov (Rossiya) tomonidan rentgen nurlanishining baqa va hasharotlar organizmiga ta'sirini o'rganish bo'yicha dastlabki tadqiqotlar amalga oshirilishi va bu nurlanish turining nafaqat, organizm ichki organlarini fototasvirga olishda muhim o'rin tutishi, balki tirik organizmlarda hayotiy funksiyalarga xam sezilarli ta'sir ko'rsatishi tahmin qilinishi vaqti qayd qilinadi.

Shuningdek, 1920–yillarda F.Dessauer tomonidan radiatsion nurlanish ta'sirini miqdoriy baholash yo'nalishida amalga oshirilgan tadqiqotlar asosida *radiobiofizika* fan sohasining shakllanishi va radiobiologiya tarkibidan ajralib chiqishi boshlanganligi qayd qilinadi¹⁶.

Umumiy holatda, XX asrning 1920–yillaridan boshlab, ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmini o'rganish yo'nalishida tadqiqotlar amalga oshirilgan va bu bosqichda radiatsion nurlanishning biologik organizmlarda genetik darajada salbiy ta'sir ko'rsatishini aniqlash

¹⁴ Edward L. Alpen (Department of Biophysics, Emeritus University of California Berkeley, California and Department of Radiology, Emeritus University of California School of Medicine San Francisco, California). *Radiation Biophysics (Second edition)* // Academic Press, 1998.

¹⁵ Edward Lewis Alpen // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.legacy.com...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁶ F.Dessauer. Über einige Wirkungen von Strahlen, I.Z.Phys. – 1922. – V. 12. – P.38–44.

yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, 1925–1927 yillarda G.S.Filipov, G.Myoller tomonidan radiatsion nurlanishning mutatsiyani keltirib chiqarishi (*radiatsion mutagenez*) aniqlangan.

Bu davrda F.Dessauer, J.Krouter, K.G.Tsimmer, N.V.Timofeev–Resovskiy kabi olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Mariya Sklodovskaya–KYURI (Polsha: *Marie Skłodowska–Curie*; 07.11.1867–04.07.1934) – fizik, kimyogar, 1903, 1911–yilda ikki marta Nobel mukofoti bilan taqdirlangan, Parij va Varshavada Kyuri institutiga asos solgan, turmush o'rtog'i Per Kyuri bilan birgalikda radiy ($^{226}_{88}\text{Rd}$) va poloniy ($^{209}_{84}\text{Po}$) radioaktiv elementlarini kashf qilgan (1998), Radiy institutiga (Parij) rahbarlik qilgan, radioaktivlik havoda ionizatsiya holatining yuzaga kelishiga sabab bo'lishini aniqlagan¹⁷.

1896–yildan boshlab, Efim Semyonovich London (Rossiya) eksperimental radiobiologiya bo'yicha tajribalar o'tkazishni yo'lga qo'ygan.



Efim Semyonovich LONDON (28.12.1868–21.03.1939) – professor (1924), patofiziolog, biokimyogar, radiobiolog, 1894–yilda Varshava universitetida tahsil olgan, 1895–yilda Eksperimental tibbiyot institutida ish boshlagan, 1924–yilda Leningrad davlat universiteti professori, 1932–1938–yillarda Sankt–Peterburg Pediatriya tibbiyot akademiyasi Patologik fiziologiya kafedrasini mudiri lavozimida ishlagan, ionlashtiruvchi nurlanishning o'simlik va hayvon organizmiga ta'sir mexanizmlarini o'rgangan. 1911–yilda professor E.S.London tomonidan nemis va rus tilida «*Radiy biologiyada va tibbiyotda*» monografiyasi nashr qilingan.

II bosqich – (1922–1945–yillar) bu davrda radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash, ionlashtiruvchi nurlanishning mutagen ta'sirini o'rganishning davom ettirilishi, *radiatsion genetika* sohasining rivojlanishi, radiatsion nurlanishning moddaga yutilishini miqdoriy tavsiflash ishlab chiqilishi amalga oshirilgan. Bu yo'nalishda F.Dessauer, L.Grey, N.V.Timofeev–Resovskiy, A.M.Kuzin, D.E.Li, B.N.Tarusov, N.M.Emanuel, K.Tsimmer, G.A.Nadson, G.S.Filippov, G.Myoller, L.Stadler kabi olimlar tadqiqot olib borishgan.

Shuningdek, bu bosqichda 1934–yilda Iren Kyuri va Frederik Jolio–Kyuri tomonidan yadro reaksiyasi davomida $^{30}_{15}\text{P}$ izotopi aniqlanishi esa – *su'niy radioaktivlik* hodisasining o'rganilishi tarixi boshlanishini belgilab beradi.

III bosqich – (1945–yildan 1986–yilgacha) – ya'ni, 1945–yilda «*Xirosima–Nagasaki*» fojeasidan keyingi davr, bu davr radiatsion nurlanishning biologik ta'sir mexanizmlarini aniqlash va unga qarshi kurash vositalarini ishlab chiqish davri hisoblanadi. Bu bosqichda radiatsion nurlanishning barcha tuzilish darajalaridagi biologik tizimlarga ta'sir mexanizmlari o'rganilgan, radiatsion nurlanishga qarshi usullar ishlab chiqilgan, tibbiyot amaliyotida radiatsion diagnostika va radiatsion terapiya usullari joriy qilingan. Bu davrda N.P.Dubinin, N.V.Luchnik, B.L.Astaurov, K.P.Xanson, V.I.Korogodin, V.D.Jestyaniykov, L.X.Eydus, V.I.Bruskov, R.V.Petrov, N.L.Delone, E.Ya.Graevskiy, I.I.Pelevina, A.V.Lebedinskiy, P.D.Gorizontov, G.P.Gruzdev, P.P.Saksonov, L.A.Ilin, Yu.G.Grigorev, A.V.Antipov, V.S.Shashkov, S.P.Yarmonenko, L.A.Orbeli, R.V.Petrov, P.G.Jerebchenko, E.F.Romantsev, V.G.Vladimirov, A.K.Guskova, M.P.Domshlak, S.N.Aleksandrov, A.A.Vaynson, E.F.Konoplya, A.A.Letovet, F.G.Krotkov, V.Ya.Golikov, E.A.Jerbin, U.Ya.Margulis, D.M.Spitkovskiy, Yu.B.Kudryashov, E.B.Burlakova, V.A.Shevchenko, P.D.Gorizontov, G.A.Zedgenidze, T.K.Djarakyan, A.S.Mozjuxin, P.P.Saksonov, E.F.Romantsev, Yu.G.Grigorev, G.S.Strelin, V.P.Mixaylov, N.A.Kraevskiy, M.N.Livanov, N.A.Kurshakov, A.I.Vorobev,

¹⁷ Skłodovskaya–Кюри, Мария // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

E.V.Gembitskiy, G.I.Alekseev, N.I.Shapiro, G.D.Baysogolov, kabi olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Aleksandr Mixaylovich KUZIN (Rossiya: 30.05.1906–26.06.1999) – biologiya fanlari doktori (1938), professor, biofizik, molekulyar radiobiologiya sohasida faoliyat olib borgan, 1950–yilda radioavtografiya va radioxromatografiya usullarini ishlab chiqish yo'nalishida izotoplar va nurlanish biofizikasi laboratoriyasini tashkil qilgan, Sobiq Ittifoqda Biofizika instituti tashkilotchilaridan biri hisoblanadi va ushbu institutning birinchi direktori lavozimida ishlagan (1952–1957), shuningdek Biofizika institutining Radiobiologiya bo'limi mudiri sifatida faoliyat olib borgan, «*Biofizika*» jurnali (1956–1961) va «*Radiobiologiya*» jurnalining (1961–1989) bosh muharriri lavozimida ishlagan¹⁸.

Samuil Petrovich YARMONENKO (Ukraina: 18.03.1920–15.03.2011) – biologiya fanlari doktori, professor, tibbiyot xizmati podpolkovnigi, radiobiologiya sohasida ilmiy tadqiqotlar olib borgan, Rossiya Fanlar akademiyasi N.N.Bloxin nomidagi Onkologiya ilmiy markazi O'smalarni nurlanish bilan davolash laboratoriyasi mudiri lavozimida ishlagan, 1967–yildan boshlab, P.V.Sergeev bilan birgalikda N.I.Pirogov nomidagi Moskva tibbiyot institutida Molekulyar farmakologiya va radiobiologiya kafedrasida talabalarga «*Radiobiologiya*» kursidan saboq bergan, 300 dan ortiq ilmiy ishlar, jumladan bir nechta monografiya va ilmiy–ommabop kitoblar muallifi hisoblanadi¹⁹.

Qayd qilib o'tish kerakki, radiobiologiya va radiofizika tarixida I.Bergone, G.Xoltsknext, X.Albers–Shonberg, D.Levi–Dorn, K.Rozenblat kabi olimlar alohida o'rin tutadi.

IV bosqich – radiatsion nurlanishning ta'sirini o'rganish yo'nalishidagi zamonaviy davr (1986–yilda «*Chernobol*» fojeasi yuz berganidan keyingi davr). 1986–yilda Chernobol AES halokatidan keyin, radiatsion nurlanishning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmlarini sifat va miqdoriy jihatdan tavsiflash, radiatsion manbalardan foydalanish bo'yicha qat'iy qoida va tartiblarning ishlab chiqilishi bo'yicha tadqiqotlarning yangi davri boshlangan.

Shuningdek, radiobiologiya fan sohasining rivojlanishida kimyoviy element atomi yadrosining tuzilishini o'rganish bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. XIX asr o'rtalarigacha kimyoviy element atomi tarkibiy qismlarga ajralmaydigan zarracha deb hisoblangan. 1896–yilda A.Bekkerel tomonidan radioaktivlik hodisasi aniqlanganidan keyin, 1897 yilda J.Tompson (Angliya) tomonidan atom tarkibida manfiy zaryadlangan zarrachalar – *elektronlar* (e^-) mavjudligi qayd qilinadi.

1911–yilda **Ernest Rezerford** (Angliya) tomonidan *atomning yadro modeli* ishlab chiqiladi.

E.Rezerford uran elementining magnit maydon ta'sirida turli xil burchak ostida og'ish yo'nalishida harakatlanuvchi 3 ta tipdagi nurlanish xosil qilishini aniqlagan:



- Birinchi nurlanish tipi musbat (Q) zaryadlangan zarrachalar kabi harakatlanishi qayd qilingan va α –nurlanish deb nomlangan;

- Ikkinchi nurlanish tipi magnit maydon ta'sirida manfiy ($-$) zaryadlangan zarrachalar kabi harakatlanishi qayd qilingan va β –nurlanish deb nomlangan;

- Uchinchi nurlanish tipi magnit maydon ta'sirida og'ish burchagiga ega emasligi qayd qilingan va γ –nurlanish deb nomlangan.

Ernest REZERFORD (Yangi Zelandiya: *Rutherford Ernest*; 30.08.1871 19.10.1937) – professor, radioaktivlik mexanizmini o'rganish va atomning tuzilishi aniqlash yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan,

¹⁸ Кузин, Александр Михайлович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 16.11.2015 г.

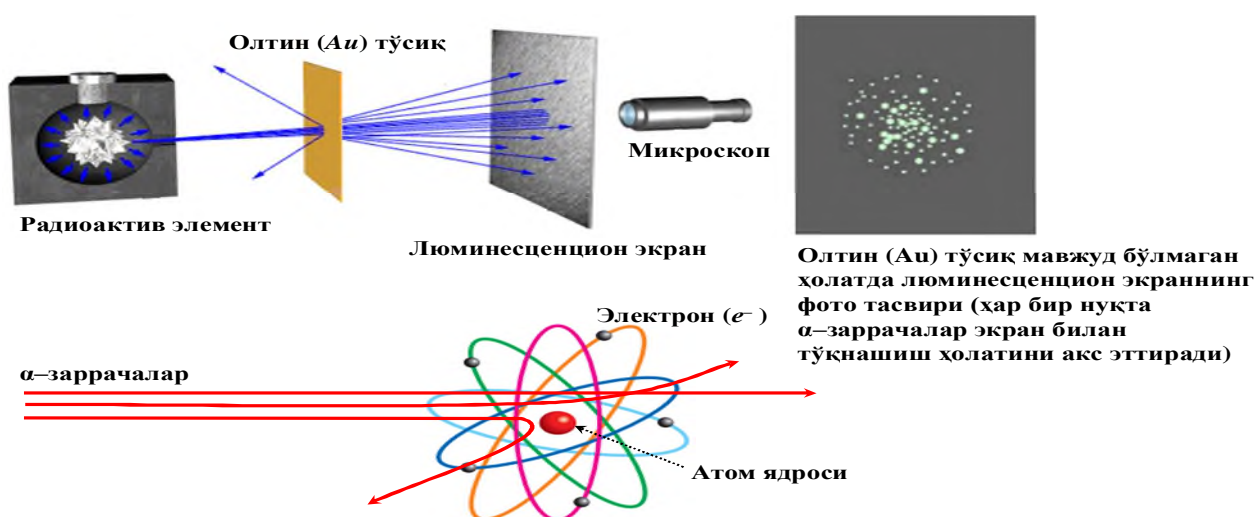
¹⁹ Ярмоненко, Самуил Петрович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 30.12.2015 г.

London Qirollik jamiyatining a'zosi (1903), 1895–1898 yillarda Kavendish laboratoriyasida J.Tomson rahbarligida radioaktivlik hodisasini o'rganish ustida ishlagan, 1897–yildan boshlab, Kanadada, 1907–yildan Angliyada ish faoliyatini davom ettirgan, 1919–yildan boshlab Kavendish laboratoriyasi direktori lavozimida ishlagan.

E.Rezerford tomonidan kimyoviy element atomi yadrosining tuzilishi modeli haqidagi maqola «*Philosophical Magazine*» (1911.–V.6.21) jurnalida nashr qilinadi. Bu modelga ko'ra, atom musbat (Q) zaryadlangan yadro va uning atrofida harakatlanuvchi manfiy (–) zaryadlangan elektronlardan tashkil topgan. Atomning ~99,96% og'irligi yadroda mujassamlashgan bo'lib, uning diametr o'lchami umumiy atom diametridan ~100 000 marta kichik qiymatga ega hisoblanadi²⁰.

Shuningdek, kimyoviy element atom yadrosining tuzilishini o'rganishda N.Bor, G.Mozli R.Milliken, X.V.Geyger, E.Marsden, J.Chedvik kabi olimlar katta hissa qo'shishgan.

Kimyoviy element atomi markazida proton (p_1^{1+}) va neytronlardan (n_1^0) tashkil topgan, musbat (Q) zaryadlangan yadro joylashgan bo'lib, uning o'lchamlari Italiyalik fizik olim Enriko Fermi (1901–1954) sharafiga *fermi* o'lchov birligi bilan o'lchash qabul qilingan.



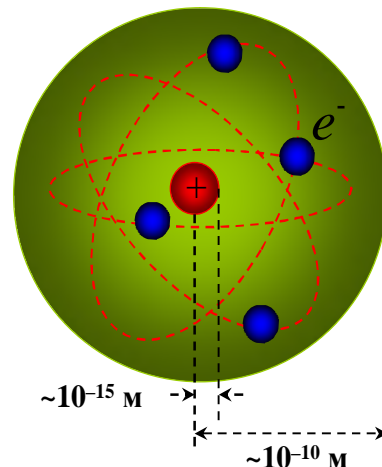
E.Rezerford tajribasi va atomning yadro modeli.

Keyinchalik kimyoviy element atomi tarkibi quyidagi zarrachalardan tashkil topganligi aniqlangan:

| Zarrachaning nomlanishi | Shartli belgilanishi | Nisbiy atom og'irligi | Nisbiy atom zaryadi |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Proton | p | $1,007 \approx 1$ | $1+$ |
| Neytron | n | $1,009 \approx 1$ | 0 |
| Elektron | e^- | $1/1840$ | $1-$ |

²⁰ Эрнест Резерфорд // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://abouthist.net>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

Ya'ni, atom yadrosining radiusi $\sim 10^{-15}$ metr (1 *fermi*) teng hisoblanadi. Yadro tarkibida proton va neytronlar – **nuklonlar** (lotin tilida – *nucleus* – yadro degan ma'noni anglatadi) joylashgan bo'lib, protonning zaryadi $1,6 \times 10^{-19}$ Kl va og'irligi $1,673 \times 10^{-27}$ kg ga teng hisoblanadi va protonlar soni kimyoviy element atomi yadrosining zaryadini ifodaladi. Neytron esa zaryadsiz zarracha bo'lib, og'irligi $1,675 \times 10^{-27}$ kg ga teng hisoblanadi. Atom yadrosi atrofida – **elektron orbitallar** bo'ylab, manfiy (–) zaryadlangan elektronlar (e^-) harakatlanadi. Elektronning zaryadi $1,6 \times 10^{-19}$ Kl va og'irligi $9,11 \times 10^{-31}$ kg ga teng hisoblanadi²¹.



Akmal Qosimovich QOSIMOV – biologiya fanlari doktori, professor (1979), akademik, 1961–yildan boshlab, Rossiyada A.M.Kuzin laboratoriyasida ilmiy faoliyat olib borgan, 1965–yilda «O'simliklarga γ -nurlanishning masofadan ta'sirida radio-toksinlarning roli» (Rol radiotoksinov pri distantsionnom deystvii gamma-radiatsii na rasteniya) mavzusida nomzodlik dissertatsiyani, 1977–yilda O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi sobiq Biokimyoy institutida «Membranalar transport funktsiyasining radiatsiya ta'sirida zararlanishining biokimyoviy asoslari» mavzusida doktorlik dissertatsiyasini himoya qilgan. Akademik A.Q.Qosimov biokimyoy, biofizika va radiobiologiya yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan va Respublikamizda radiobiologiya sohasining rivojlanishiga katta hissa qo'shgan, ko'plab ilmiy–pedagogik ishlar muallifi hisoblanadi.

IONLANTIRUVCHI NURNING FIZIKAVIY ASOSLARI.

Reja:

1. Ionlantiruvchi nur turlari. Elektromagnit va korpuskulyar tabiatli radiatsiya, korpuskulyar nurlanish va ularning xossalari.
2. Rentgen nurlanishining kashf qilinishi
3. Radiatsion havfsizlik me'yorlari.
4. Dozimetriya va doza o'lchov birliklari.

1. Ionlashtiruvchi nurlanish va uning turlari

Ionlashtiruvchi nurlanish – elektromagnit nurlanishning nisbatan batafsil o'rganilgan spektri hisoblanib, aynan radiobiologiya va radiobiofizika fanining tadqiqot sohasini tashkil qiladi. Atom yoki molekulani ion holatiga keltirishga qodir nurlar ionlantiruvchi nurlar deb ataladi.

Barcha zaryadlangan zarrachalar modda bilan ta'sirlashishda o'z energiyasini yo'qotishi, bu energiyaning modda atomi tomonidan yutilishi hisobiga *ionizatsiya* hodisasi yuzaga kelishi qayd qilinadi. Masalan, o'linga olib keluvchi ~ 600 Ber radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatishi sharoitida, odam organizmida har 1 sm^3 biologik to'qimaga nisbatan taxminan 10^{15} dona ion xosil bo'lishi hisoblab chiqilgan²².

²² Сорбенты против последствий радиационного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://arnika-inter.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

Ionlashtiruvchi nurlanish turlariga – elektromagnit nurlanish spektrlari (γ -nurlanish va rentgen nurlanishi) va korpuskulyar nurlanish kiritiladi.

Ma'lum bo'lgan elektromagnit nurlardan ion holatiga keltirish xossasiga, faqat, rentgen va gamma nurlari ega. Korpuskulyar nurlar: α va β - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda koinotdan etib keladigan koinot nurlari ham ana shunday qobiliyatga ega bo'lib, ionlantiruvchi nurlar jumlasiga kiradi.

Elektromagnit va korpuskulyar nurlarning moddalar bilan ta'sirlashish mexanizmlari turlicha bo'lsa ham, ular bir xil effektga, ya'ni neytral atom yoki molekulaning qo'zg'algan yoki ionlangan holatga o'tishiga sabab bo'ladi.

Qo'zg'algan holat bu shunday bir holatki, ionlantiruvchi nur atom yoki molekulaga ta'sir etganda, o'z energiyasini to'la yoki uning bir qismi ta'sirlashgan atom yoki molekulaga beradi. Qo'shimcha energiya olgan atom yoki molekulaning valent elektroni, o'z orbitalidan, energiya darajasi yuqori bo'lgan orbitalga, ya'ni yadrodan uzoqroq orbitalga o'tib harakatlana boshlaydi. Atom yoki molekulaning bunday holati uning qo'zg'algan holati deb, bunday holatga o'tgan atom yoki molekula esa qo'zg'algan atom yoki molekula deb ataladi. Atom yoki molekulaning qo'zg'algan holatiga o'tishiga sabab bo'lgan energiya qo'zg'alish energiyasi deb ataladi. Qo'zg'algan holat beqaror holat bo'lgani uchun, ma'lum bir (10^{-9} - 10^{-8} sekund) vaqtdan so'ng, atom yoki molekula yutilgan energiyani ko'rinuvchi ultrabinafsha yoki rentgen nurlari tarzida sochib, o'zining dastlabki asosiy holatiga qaytadi.

Agar gaz holatidagi modda molekulalari yutgan energiya, umuman 10 eV dan oshib ketsa, yutilgan energiya ma'lum bir elektronda mujassamlanib, o'sha elektron atom yoki molekulani tark etadi, natijada, atom yoki molekula ionga aylanadi. Bunday xodisa ionlanish deb ataladi. Atomni tark etgan elektron, kinetik energiyasiga bog'liq holda, neytral atom (molekula) tomonidan tutib olinmaguncha, o'z yo'lida bir nechta ionlanishga sabab bo'lishi mumkin. Elektronni tutib olgan neytral, molekula (atom) manfiy ionga, elektron yo'qotgan molekula (atom) esa musbat ionga aylanadi. Birlamchi elektronning energiyasi katta bo'lganda, uning chopish uzoqligi ham katta bo'lib, u duch kelgan atom yoki molekulani ionlantirishga qodir ikkilamchi elektronlar (delta elektronlar) hosil qiladi.

Shunday ham bo'lishi mumkinki, yutilgan energiya molekula zaminida, juftlashmagan elektronning paydo bo'lishiga, demak, erkin radikal paydo bo'lishiga olib keladi.

Korpuskulyar nurlanish – elektron, pozitron, neytron, α -zarrachalar, protonlar, tezashtirilgan ionlar kabilar tomonidan yuzaga keltiriladi. Jumladan, elektronlar ta'sirida yuzaga keluvchi nurlanish turi sifatida – radioaktiv atom yadrosi parchalanishida yuzaga keluvchi, 0,002–2,3 MeV energiyaga ega bo'lgan elektronlar (β -zarrachalar) qayd qilinadi. Korpuskulyar nurlarning asosiy manbalari - bu radioaktiv izotoplardir. Bir elementga mansub atomlar, yadrodagi neytronlar soni va yadro massasi bilan o'zaro farqlanadi, ammo yadro zaryadlari bir xil bo'lganligi uchun, ularning ximiyaviy xossalari o'zaro o'xshash bo'ladi. Elementning yadrodagi zaryad soni bir xil, ammo, massasi bilan farqlanadigan atomlari izotoplar deb ataladi.

Izotoplar stabil va radioaktiv (radionuklitlar) deb ikki guruhga bo'linadi. Stabil izotoplarning yadrolari, odatdagi sharoitda turg'un bo'lib, o'zgarmaydi. Radioaktiv izotoplar esa beqaror yadrolardan tashkil topgan bo'lib, yadro emirilganda, uning o'rnida, boshqa element yadrosi paydo bo'ladi.

Radioaktiv emirilishlarda α va β zarrachalar hosil bo'lishi mumkin.

α -Zarrachalar 2 ta proton va 2 ta neytrondan tashkil topgan, geliy atomi yadrosi (${}^4_2\text{He}$) hisoblanadi. α -Zarrachalarning energiyasi 4–9 MeV, harakatlanish tezligi qiymati $\sim 20\,000\text{ kmG's}$ ni tashkil qiladi va kosmik nurlanish tarkibiga kiradi. Radiobiologik tadqiqotlar uchun α -zarrachalar yaroqsiz, chunki ular nisbatan katta massa va zaryadga ega bo'lganligi uchun, tuqimalarga chuqur kirib bora olmaydi. Ammo, ichki manbalardan hosil bo'ladigan α -zarrachalar organizm uchun o'ta havflidir.

β - zarrachalar yadro ichki o'zgarishlarida paydo bo'lib, ular negatronlar (β^-) va pozitronlar (β^+) deb, ikki guruhga bo'linadi. Beta zarrachalar massasi vodorod atomi massasining $1/1840$ ni tashkil

etib, negatron orbital elektronlardan farqlanmaydi. Pozitron esa, orbital elektrondan faqat musbat zaryadga egaligi bilan ajralib turadi.

Korpuskulyar ionlashtiruvchi nurlanishga quyidagilar kiritiladi:

- b – Zarrachalar oqimi (elektronlar yoki pozitronlar oqimi);
- Protonlar (H^+), deyttronlar (D^+) oqimi;
- a –Nurlanish (geliy atomi yadrosi oqimi);
- Neytronlar (n^0) oqimi.

Shuningdek, S.P.Yarmonenko tomonidan ishlab chiqilgan (1985) tasniflashga ko'ra, ionlashtiruvchi nurlanish quyidagi turlarga ajratiladi:

Atom og'irligi mavjudligiga bog'liq holatda:

I. *Elektromagnit nurlanish* (atom og'irligiga ega emas):

- Rentgen nurlanishi;
- γ –Nurlanish.

II. *Korpuskulyar nurlanish* (atom og'irligiga ega):

- α –Zarrachalar (geliy atomi yadrosi);
- β –Zarrachalar (pozitron, elektron);
- Protonlar;
- Neytronlar;
- Engil elementlar yadrosi;
- Mezonlar va boshqa zarrachalar.

Zaryadi mavjudligiga bog'liq holatda:

I. *Elektrik jihatdan neytral tavsifga ega nurlanish*:

- Rentgen nurlanishi;
- γ –Nurlanish.
- Neytronlar.

II. *Zaryadli zarrachalar oqimi*:

- α –Zarrachalar (geliy atomi yadrosi);
- β –Zarrachalar (pozitron, elektron).

Ionizatsiya zichligi bo'yicha:

I. *Siyrak ionizatsiya* (Rentgen nurlanishi; γ –nurlanish, elektronlar);

II. *Zich holatdagi ionizatsiya* (α –zarrachalar, β –zarrachalar, neytronlar).

1.1. Ionlashtiruvchi nurlanishning xossalari. *Ionlashtiruvchi nurlanish* – bu nurlantiriluvchi ob'ekt atom va molekularini bevosita yoki bilvosita qo'zg'algan holatga o'tkazish xossasiga ega bo'lgan zarrachalar yoki kvant oqimi hisoblanadi.

Radiatsion nurlanish moddaga *singish*, moddani *ionlashtirish* xossasiga ega hisoblanadi.

1.2. Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi. *Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi elektron–Volt (eV)* o'lchov birligida ifodalanadi. Ya'ni, 1 eV – bu plastinkalari oralig'ida 1 V potentsiallar farqi (kuchlanish) xosil qiluvchi elektr maydonida harakatlanuvchi 1 ta elektronning energiya qiymatini ifodalaydi (1 eV q $1,602 \times 10^{-19}$ J; 1 J q $6,24 \times 10^{18}$ eV).

Radiobiologiyada 1 *kiloelektron–Volt (keV)* q 1000 eV; 1 *megaelektron–Volt (MeV)* q 1000 keV o'lchovlaridan foydalaniladi.

1.3. Radiatsion nurlanishning chiziqli tavsifda uzatilishi. Radiatsion nurlanishning *chiziqli tavsifda uzatilishi* tushunchasi 1954–yilda R.Tsirkle tomonidan kiritilgan bo'lib, o'lchov birligi sifatida 1 keVG'mkv qabul qilingan. Zaryadlangan zarrachaning modda tarkibidagi bosib o'tgan yo'li (*ionizatsiyalash yo'li*) – *trek* deb nomlanadi.

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasining chiziqli tavsifda uzatilishi (*LET – linear energy transfer*) – nurlanishning moddaga ta'sir ko'rsatishi davomida (*trek*) ionizatsiya hisobiga energiyaning yo'qotilishini ifodalovchi, radiatsion nurlanishning sifat jihatidan fizik tavsifi hisoblanadi:

$$L = DE / Dl \text{ (eVG'nm)}$$

Bu erda: *DE* – moddaga ta'sir ko'rsatuvchi radiatsion nurlanish energiyasining qiymati; *Dl* – zaryadlangan zarrachalarning bosib o'tgan yo'lini ifodalaydi.

1.4. Ionlashtiruvchi nurlanishning moddaga ta'siri. 1960–yilda qabul qilingan Halqaro o'lchov birliklari tizimi (*Systeme International*) bo'yicha ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ob'ektga ta'sirida quyidagi birliklarni e'tiborga olish qayd qilingan:

- *Radionuklidning faolligi*;
- *Ekspozitsion doza* (nurlanish dozasi);
- *Yutilgan doza*.

Elektromagnit nurlar. Aniqroq qilib, aytganda to'lqin uzunligi 0,0001 - 80 nm doirasidagi elektromagnit nurlar - rentgen nurlari deb ataladi. U bir tomondan ultrabinafsha, ikkinchi tomondan gamma nurlanishga bo'linadi. Rentgen nurining sun'iy manbai sifatida rentgen trubkasi ishlatiladi.

Rentgen nurlanishi 50–500 keV energiya diapazonini o'z ichiga qamrab oladi. γ -Nurlanish bir necha o'n keV dan bir necha MeV gacha energiya dipazonini o'z ichiga oladi. Shuningdek, $E < 50$ keV energiyaga ega rentgen nurlanishi – engil ta'sirga ega va $E > 50$ keV energiyaga ega holatda esa – kuchli (og'ir) ta'sirga ega rentgen nurlanishi deb nomlanishi qabul qilingan.

3.1–jadval

Elektromagnit nurlanish spektrlari²³

| Nurlanish | | To'lqin diapazoni <i>i</i> (<i>m</i>) | Chastota (<i>Gts</i>) | Kvant energiyasi (<i>eV</i>) | Tabiiy manbalari |
|------------------------|---------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| Tipi | Turi | | | | |
| <i>Ionlashtiruvchi</i> | γ -nurlanish | $10^{-10} - 10^{-15}$ | $3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{23}$ | $1,24 \times 10^4 - 1,24 \times 10^9$ | Kosmik jarayonlar, tezlashtirilgan zarrachalarning atom bilan ta'sirlashishi, radionuklidlarning radioaktiv parchalanishi, yadro reaksiyalari |
| | Rentgen nurlanishi | $10^{-7} - 10^{-11}$ | $3 \times 10^{15} - 3 \times 10^{19}$ | $12,4 \times 10^5 - 1,24 \times 10^5$ | |
| <i>Optik</i> | Ultrabinafsha | $4 \times 10^{-7} - 10^{-8}$ | $7,5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$ | $3,1 - 1,24 \times 10^2$ | Quyosh, Oy, yulduzlar, kosmik manbalar, Erda joylashgan ob'ektlar, atom va molekullarning nurlanishi va boshq. |
| | Ko'rinuvchi | $7,6 \times 10^{-7} - 4 \times 10^{-7}$ | $3,95 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$ | 1,63–3,1 | |
| | Infraqizil | $10^{-3} - 7,6 \times 10^{-7}$ | $3,1 \times 10^{11} - 3,95 \times 10^{14}$ | $1,24 \times 10^{-3} - 1,63$ | |

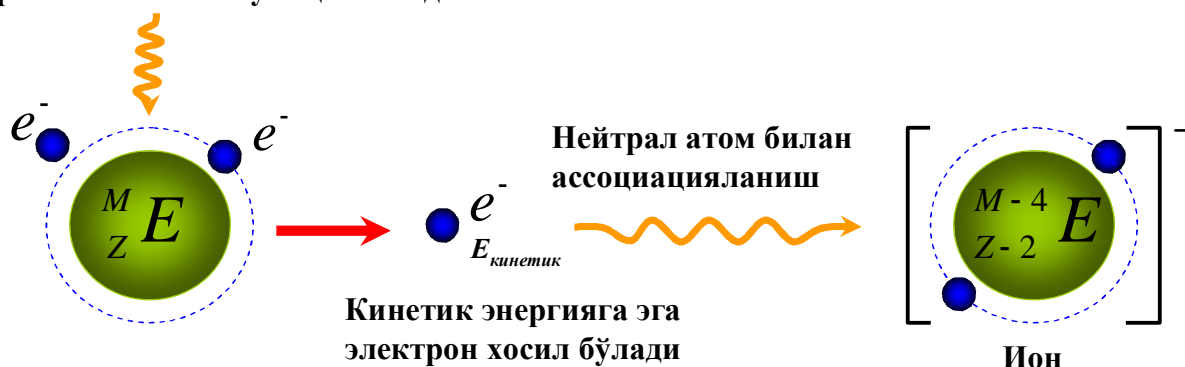
²³ Ю.Б.Кудряшов. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) // Под ред. В.К.Мазуркина, М.Ф.Ломанова. – Москва. – Изд-во «ФИЗМАТЛИТ», 2004. – 448 с.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|--|---|
| <i>Radiochastota</i> | Detsimillimetr | $10^{-3}-10^{-4}$ | $3 \times 10^{11}-3 \times 10^{17}$ | $1,24 \times 10^{-3}-1,24 \times 10^{-2}$ | Quyosh, Oy, planetalar, yulduzlar, kosmik ob'ektlar, chaqmoq, qutb yog'dusi, tirik organizmlar, elektr qurilmalar |
| | Yuqori chastotali | $10^{-2}-10^{-3}$ | $3 \times 10^6-3 \times 10^{11}$ | $1,24 \times 10^{-8}-1,24 \times 10^{-3}$ | |
| | O'rtacha chastotali | $10^{-3}-10^{-2}$ | $3 \times 10^5-3 \times 10^6$ | $1,24 \times 10^{-9}-1,24 \times 10^{-8}$ | |
| | Past chastotali | 10^6-10^3 | $3-3 \times 10^5$ | $1,24 \times 10^{-14}-1,24 \times 10^{-9}$ | |

1.5. Fotoeffekt. Rentgen va gamma nur fotonlari energiyasining yutilish jarayonlarida foton effekti, kompton effekti va elektron-pozitron jufti hosil bo'lish effektlari yuzaga keladi.

Fotoeffekt – nurlanish kvanti energiyasining modda tomonidan to'liq holatda yutilishi va kinetik energiyaga ega bo'lgan, erkin elektronlar xosil bo'lishi hodisasi hisoblanadi. Energiyaning bir qismi elektronning yadro bilan tortishish energiyasini engishga sarflansa, qolgan qismi o'sha elektronning kinetik energiyasiga aylanadi va elektron atomni tark etadi. Erkin elektronlar **fotoelektron** nomi bilan yuritiladi va neytral tavsifga ega atomlar bilan ta'sirlashadi va natijada ion xosil qiladi, chunki foto- va kompton elektronlar katta energiyaga ega. Atomni tark etgan elektron o'rniga yuqorigi qavat elektronlaridan biri tushib, jarayon elektron energiyasining rentgen nuri tarzida tarqalishi bilan kechadi. Odatda, to'liq uzunligi yuqori qiymatga ega bo'lgan rentgen nurlanishi ta'sirida fotoeffekt yuzaga keladi. Bu holatda nurlanish energiyasi qiymati $E < 1 \text{ MeV}$ hisoblanadi.

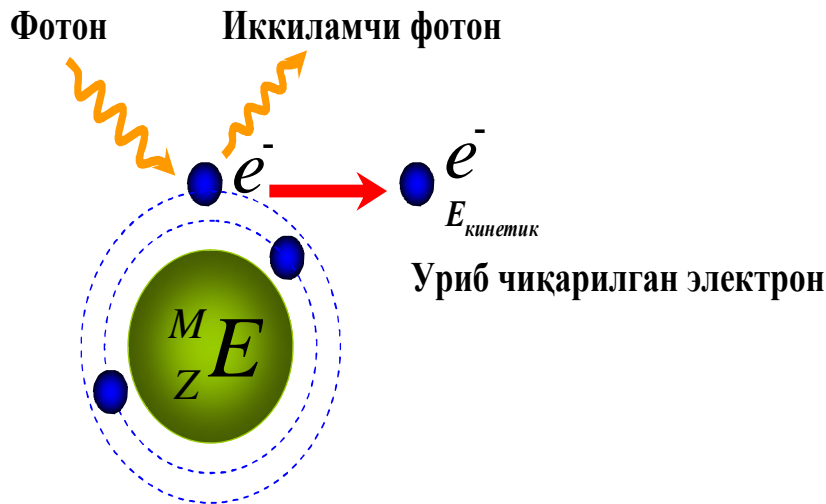
Нурланиш кванти тўлиқ ютилади



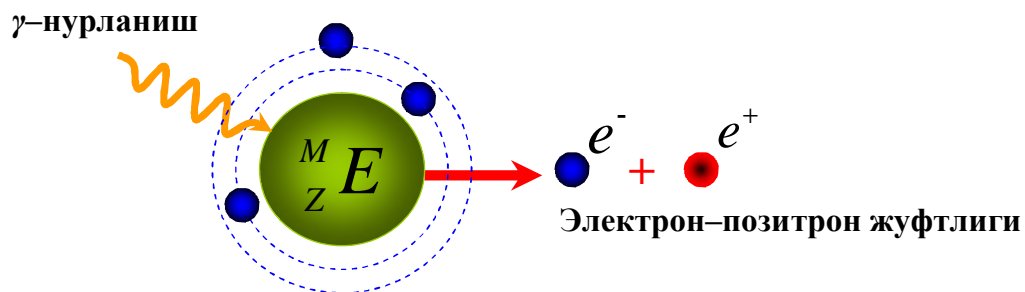
1.6. Kompton effekti. 1922–yilda **A.X.Kompton** tomonidan moddaga ta'sir ko'rsatishdan keyin sochiluvchi rentgen nurlanishining to'liq uzunligi (λ) qiymati moddaga tushuvchi rentgen nurlanishi to'liq uzunligi qiymatidan katta bo'lishi aniqlangan.

Kompton effekti – nurlanish jarayonida foton nurlanuvchi modda tarkibida atom elektron orbitalidan elektronni urib chiqaradi va foton energiyasining bir qismi urib chiqarilgan elektron kinetik energiyasiga aylanadi. Natijada energiya qiymati kamroq bo'lgan, boshqa yo'nalishda harakatlanuvchi – **ikkilamchi foton** xosil bo'ladi. Kompton effektida nurlanish energiyasi qiymati $E > 1 \text{ MeV}$ ni tashkil qiladi. Ya'ni, agar rentgen nurlanishida foton energiyasi qiymati ionizatsiya energiyasi qiymatidan katta bo'lsa ($h\nu > A_v$), u holda **Kompton effekti** qayd qilinadi.

Kompton effekti-yutuvchi modda atomlari massasi kam, yutilgan nur energiya esa 50 keV dan katta bo'lgan sharoitda qayd etiladi. Bunda urib chiqariladigan elektron tashqi elektron qavatlariga mansub bo'lib, molekulaga ta'sir etgan energiyaning bir qismi elektron urib chiqarishga, qolgan kamaygan qismi yo'nalishini o'zgartirib o'z yo'lida davom etadi va bir nechta to'qnashuvlardan so'ng, oxirida fotoelektrik yo'l bilan yutilib, tamom bo'ladi. Biologik ob'ektlarda energiyasi 300 keV esa katta rentgen yoki gamma nurlar asosan kompton effekti yo'li bilan yutiladi.



Shuningdek, kvant energiyasi $E \gg 1 \text{ MeV}$ bo'lgan, γ -nurlanish atom yadrosiga ta'sir ko'rsatishi davomida elektron–pozitron juftini xosil qilishi qayd qilinadi:



2. Rentgen nurlarining kashf qilinishi.

«Nima amalga oshishi kerak bo'lsa, albatta amalga oshadi»

Giyom Myusso



W.C. Röntgen

Rentgen nurlanishi – 10^{-5} – 80 nm to'lqin uzunligi diapazonidagi elektromagnit nurlanish spektri hisoblanadi.

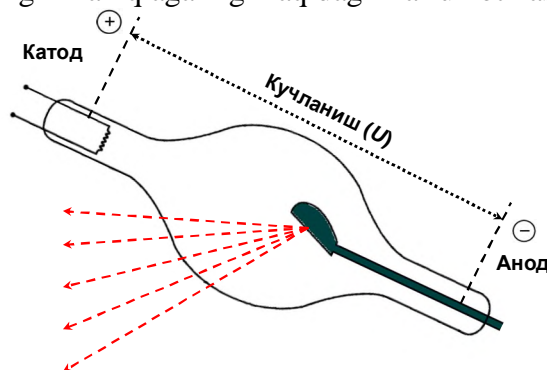
08.11.1895–yilda Germaniyalik fizik, Vyurtsburg universiteti professori Vilgelm Konrad Rentgen kechqurun uyga qaytishdan oldin, tajriba laboratoriyasida elektr chirog'ini o'chiradi va qorong'ulikda o'chirishni unutib qoldirgan katod trubkasidan chiqayotgan no'malum nurlanishga (X -rays, X -nurlanish) ko'zi tushadi va tasodifiy holatda rentgen nurlanishini kashf qiladi. V.Rentgen nurlanish yo'lini bekituvchi qo'lining suyaklari tasviri fotoplastinkaga tushib qolganligini qayd qiladi va X -nurlanish haqidagi tadqiqotlari natijasini ilmiy maqola shaklida 28.12.1895–yilda taqdim etadi.

Vilgelm Konrad RENTGEN (Germaniya: *Wilhelm Conrad Röntgen* 27.03.1845–10.02.1923) – fizik, Strasburg fizika universiteti professori (1876–1879), 1901–yilda rentgen nurlanishini (*X-rays*) aniqlagani uchun Nobel mukofoti bilan taqdirlangan²⁴.

«*I did not think, I investigated...*»

Wilhelm Conrad Röntgen

20.01.1896–yilda tibbiyot amaliyotida (AQSh) birinchi marta *X–nurlanish* yordamida singan qo'l suyaklari tasviri olinadi. Shuningdek, 1985–yilda «*The New York Times*» jurnalida Angliyalik shifokor–jarroh **Jon Xoll–Edwards** tomonidan V.K.Rentgen kashf qilgan *X–nurlanish* yordamida mijoz qo'liga kirib ketgan nina sinig'ini aniqlaganligi haqidagi ma'lumot nashr qilinadi²⁵.



Rentgen trubkasi.

Rentgen trubkasi: ichki qismida bosim $\sim 10^{-7}$ – 10^{-6} mm sm. ust. ga teng bo'lgan, 2 ta elektrod (anod va katod) o'rnatilgan, shisha materialdan yasalgan kolbasimon shakldagi jism hisoblanadi. Katod volfram yoki platinadan yasaladi va past kuchlanishga ega, o'zgaruvchan elektr tok manbaiga ulanadi, o'zgaruvchan elektr toki ta'sirida katodning uchki qismida joylashgan spiralsimon soha qiziydi va ushbu sohada joylashgan elektronlarning bir qismi qo'shimcha energiya qabul qiladi (qo'zg'algan elektronlar) va katod yuzasidan tashqariga yo'naladi. Katod va anod o'rtasida bir necha o'n kV kuchlanish (U) berilishi ta'sirida yuzaga keluvchi elektr maydonda qo'zg'algan holatdagi elektronlar katta tezlikda anod tomonga harakatlanadi va anod yuzasiga kristall panjara bilan to'qnashib, to'xtaydi va *Maksvel elektrodinamikasi* qonuniyatlariga binoan, elektronlar tormozlanishi vaqtida elektromagnit to'lqin (*X–nurlanish*) tarqalishi qayd qilinadi.

Rentgen nurlanishida kvant energiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi²⁶:

$$h\nu \leq eU$$

Bu erda: h – Plank doimiysi; n – rentgen kvanti chastota qiymati; e – elektromagnit maydonda harakatlanuvchi elektronning zaryadi; U – elektronga tezlanish beruvchi kuchlanish qiymatini ifodalaydi.

Maksimal darajada chastotaga ega bo'lgan rentgen nurlanish kvanti, ya'ni anod yuzasida tormozlanuvchi elektronning energiyasi (eU) to'liq holatda rentgen nurlanishiga aylanishi uchun quyidagi tenglik amal qiladi:

$$n_{\max} = \frac{eU}{h}$$

²⁴ Wilhelm Conrad Röntgen // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.britannica.com...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

²⁵ 10 изображений, которые потрясли медицинский мир // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.factroom.ru> Дата обращения: 26.09.2015 г.

²⁶ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР–Медиа», 2004. –192 с.: ил.

O'z navbatida, rentgen nurlanish kvanti maksimal darajada chastota qiymatiga ega bo'lishi ehtimollikiga binoan, to'liq uzunligi qiymati minimallasishi qayd qilinadi:

$$I_{\min} = \frac{c}{n_{\max}} = \frac{hc}{eU}$$

Bu erda: c – yorug'lik nurining tezligini ifodalaydi.

Shunday qilib, elektronga tezlanish beruvchi kuchlanish (U) qiymatini o'zgartirish asosida, I_{\min} qiymatni boshqarish mumkin.

2.1. Rentgen nurlanishining moddaga ta'sir mexanizmi. Agar, rentgen nurlanishi energiyasi modda tarkibida atomning ionlanish holatiga o'tishi uchun etarli darajada bo'lmasa, u holda rentgen nurlanish kvantining chastota qiymati o'zgarmagan holatda, faqat uning yo'nalishi o'zgaradi (**kogerent sochilish**).

Agar, rentgen nurlanishi energiyasi modda tarkibida atomning ionlanish holatiga (A_i) o'tishi uchun etarli bo'lsa, u holda rentgen kvantining atom tomonidan yutilishi va atom tarkibidan elektron urib chiqarilishi ta'sirda kompensatsiyalanishi qayd qilinadi (**rentgen nurlanishining fotoeffekti**)²⁷:

$$h\nu = A_i + \frac{mU^2}{2}$$

Bu erda: $\frac{mU^2}{2}$ – rentgen nurlanish kvanti energiyasi ta'sirida modda atomidan urib chiqariluvchi elektronning kinetik energiyasini ifodalaydi.

Agar, rentgen nurlanishi energiyasi modda tarkibida atomning ionlanish holatiga (A_i) o'tishi uchun etarli darajadan ancha katta qiymatga ega bo'lsa, u holda **Kompton effekti** yuzaga keladi. Bu holatda rentgen nurlanishi kvanti atom yadrosi bilan kuchsiz bog'langan tashqi elektron qobiqda joylashgan elektronlar bilan ta'sirlashadi, shuningdek qo'shimcha ravishda chastota qiymati kamroq bo'lgan ikkilamchi rentgen kvanti yuzaga keladi:

$$h\nu = A_i + \frac{mU^2}{2} + h\nu\phi$$

Bu erda: $h\nu\phi$ ikkilamchi fotonning energiyasini ifodalaydi.

O'z navbatida, modda orqali o'tishi davomida rentgen nurlanishi intensivlik qiymati kamayadi:

$$I_l = I_0 \times e^{-m}$$

Bu erda:

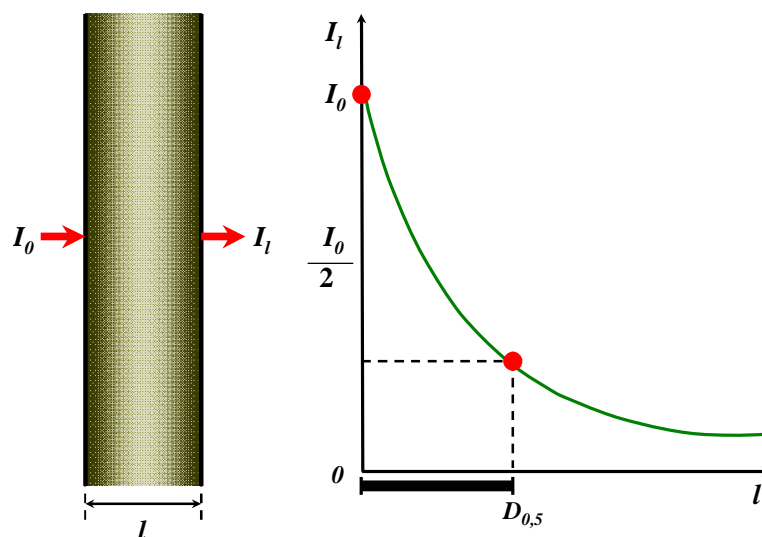
I_0 – moddaga tushuvchi rentgen nurlanishining intensivlik qiymati;

I_l – moddaning l qalinlikdagi qavati orqali o'tuvchi rentgen nurlanishining intensivligi qiymati;

m – moddaning rentgen nurlanishi ta'siriga uchrashi davomida rentgen nurlanishining kuchsizlanishini ifodalovchi chiziqli tavsifga ega bo'lgan koeffitsient hisoblanadi.

Amaliyotda rentgen nurlanishining modda orqali o'tishida intensivlik qiymatining boshlang'ich qiymatiga nisbatan 50% ga kamayishi ($D_{0,5}$) ko'rsatkichidan foydalaniladi.

²⁷ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.



Rentgen nurining modda orqali o'tishida intensivlik qiymatining kamayishi. I_0 – moddaga tushuvchi rentgen nurlanishining intensivlik qiymati; I_l – moddaning l qalinlikdagi qavati orqali o'tuvchi rentgen nurlanishining intensivligi qiymati; $D_{0,5}$ – modda orqali o'tuvchi rentgen nurlanishi intensivligining boshlang'ich qiymatiga nisbatan 50% ga kuchsizlanishini belgilab beruvchi moddaning qalinligini ifodalaydi.

Rentgen nuri o'tuvchi modda qalinligi (l), modda orqali o'tuvchi rentgen nurlanishi intensivligining boshlang'ich qiymatiga nisbatan 50% ga kuchsizlanishi ($D_{0,5}$) va chiziqli tavsifga ega kuchsizlanish koeffitsenti (m) o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama orqali ifodalanadi²⁸:

$$\frac{I_l}{I_0} = e^{-mD_{0,5}}$$

Ushbu tenglama asosida, modda orqali rentgen nurlanishining o'tishi **kuchsizlanish koeffitsenti** (m) quyidagi tenglik orqali ifodalanadi²⁹:

$$m = \frac{\ln 2}{D_{0,5}}$$

Kuchsizlanish koeffitsenti tibbiyot amaliyotida ichki organlar kasalliklariga rentgen nurlanishi yordamida tashxis qo'yishda (*rentgenodiagnostika*) muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. Bunda ushbu koeffitsent qiymati va organizmda turli xil to'qimalarining rentgen nurlanishini yutish qiymati o'rtasidagi bog'liqlik hisoblanadi. O'z navbatida, zichlik qiymati (ρ) nisbatan o'zaro farqlanuvchi biologik to'qimalar rentgen nurlanishini yutish qiymati bo'yicha o'zaro farqlanadi va shu sababli, suyaklarning rentgenologik tasviri yumshoq to'qimalarga nisbatan yorqin ko'rinishda aks etadi.

Radioaktiv kimyoviy elementning parchalanishida xosil bo'luvchi α -zarrachalar va β -zarrachalar ta'sirida modda atomlari elektron qobiqlari qo'zg'algan holatga o'tadi yoki **ionizatsiya** jarayoni amalga oshadi. Fizika qonunlariga binoan, zarrachaning muhitda harakatlanish tezligi qiymati uning zaryadi, boshlang'ich energiyasi va og'irlik qiymatiga, shuningdek harakatlanish amalga

²⁸ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

²⁹ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских ВУЗов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

oshuvchi muhitning zichlik qiymatiga bog'liq hisoblanadi. O'z navbatida zarrachaning boshlang'ich energiyasi qiymati ortishi bilan uning harakatlanish masofasi uzunligi ortadi, shuningdek muhit zichligi ortishi bilan zarrachaning harakatlanish masofasi uzunligi kamayadi.

Ma'lumki, zarrachaning og'irlik qiymati ortishi bilan, uning harakatlanish tezligi kamayadi. Shunday qilib, α -zarrachaning og'irligi β -zarrachaga nisbatan katta qiymatga ega va shu sababli, boshlang'ich energiya qiymati teng bo'lgan sharoitda, α -zarracha β -zarrachaga nisbatan sekin harakatlanadi va modda bilan ta'sirlashish davomida qisqa masofada o'z energiyasini yo'qotadi. Masalan, boshlang'ich energiya qiymati 4 MeV ga teng bo'lgan sharoitda, α -zarracha havo muhitida ~2,5 sm, odam va hayvonlar organizmida biologik to'qimalar muhitida esa, millimetrning yuzdan bir ulushlari hisobida masofaga harakatlanadi.

α -Zarrachalar va β -zarrachalarning moddaga *singish* qiymati yuqori emas, jumladan qalin materialdan tikilgan kiyimdan β -zarrachalarning sezilarli qismi o'tishi, α -zarrachalar esa, deyarli o'ta olmasligi qayd qilinadi. Biroq, α -zarrachalar va β -zarrachalar radioaktiv ifloslangan suv va oziq-ovqat maxsulotlari bilan birgalikda odam organizmiga tushganda jiddiy oqibatlariga olib kelishi mumkin.

γ -Kvantning moddaga singish qiymati sezilarli darajada yuqori bo'lib, havo muhitida bir necha yuzlab metr masofaga harakatlanadi, shuningdek qattiq fazadagi modda tarkibida bir necha o'n santimetrdan, hatto metrgacha masofaga kirib bora olish xossasiga ega hisoblanadi.

2.2. Rentgenografiya. *Rentgenografiya* (ingliz tilida *projection radiography, plain film radiography, roentgenography*) – rentgen nurlanishi yordamida maxsus tasma yoki qog'ozga ichki organlarning tasviri tushirilishi uslubi hisoblanadi³⁰.

Rossiyada dastlabki rentgen nurlanishi yordamidagi tasvir 1896–yilda olingan va 1918–yilda dastlabki Rentgenologik klinika ish boshlagan.

Rentgenografiya uslubi oshqozon va o'n ikki barmoqli ichakda yara, o'smalarni aniqlashda (*duodenografiya*); o't pufagini (*xoletsistografiya*), o't suyuqligi yo'lini (*xoleografiya*), yo'g'on ichakni (*irrigoskopiya*), ko'krak qafasi sohasini tekshirishda (*flyuorografiya*), umurtqa pag'onasi patologiyalariga (*osteoxondroz, spondilyoz*) tashxis qo'yishda, tayanch-harakatlanish tizimi, buyraklar, tishlar (*ortopantomografiya*), sut bezlari (*mammografiya*) holatini o'rganishda rentgenodiagnostika maqsadlarida keng miqyosda foydalaniladi³¹.

Hozirgi vaqtda tibbiyot amaliyotida zamonaviy, ixcham rentgen apparatlaridan foydalaniladi^{32,33}.

So'nggi vaqtlarda rentgenologik diagnostika amaliyotida harakatlanuvchi, rentgen apparatlariga talab darajasi oshishi qayd qilinadi. Bu yo'nalishda «GE Healthcare» firmasi tomonidan Optima XR220 amx, Optima XR200 amx, Brivo XR285 amx kabi rentgen apparatlari modellari ishlab chiqarilgan³⁴.

GENORAY firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan, implatologiya va jag'-yuz jarrohligi amaliyotida foydalanish qulay hisoblangan, PORT-X II ixcham dental rentgen apparati va GIERTH X-Ray firmasi (Germaniya) tomonidan ishlab chiqarilgan, GIERTH TR 90G'30 ixcham rentgen apparati.

³⁰ Рентгенография // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 26.09.2015 г.

³¹ Рентгенография // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 26.09.2015 г.

³² PORT-X II портативный дентальный рентгенаппарат, Genoray, Корея (порт x 2) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.fordent.ru...> Дата обращения: 21.11.2015 г.

³³ Переносной рентгеновский аппарат GIERTH TR 90/30 // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.8a.ru> Дата обращения: 21.11.2015 г.

³⁴ Инновационные передвижные рентгеновские аппараты GE Healthcare // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.medsyst.ru> Дата обращения: 21.11.2015 г.

Zamonaviy tibbiyot amaliyotida rentgenologik diagnostika – *angiografiya, kompyuter tomografiyasi, mielografiya, flyuorografiya, rentgenoskopiya* kabi yo'nalishlarda qo'llaniladi.

2.3. Rentgen kristallografiya usuli. 1912–yilda Myunxen universitetida M.Laue tomonidan rentgen nurlanishining interferentsiya va difraktsiyalanish hodisasi qayd qilinadi³⁵. Bu hodisa Vulf va Bregg tomonidan nazariy jihatdan asoslab berilgan va Debay va Sherrer tomonidan rentgen kristallografiya usuli (*rentgen–struktura tahlili*) ishlab chiqilgan³⁶.

Hozirgi vaqtda moddaning konformatsion molekulyar struktura tuzilishini tahlil qilishda **rentgen kristallografiya usulidan** (*rentgen–struktura tahlili*) keng miqyosda foydalaniladi³⁷.

Rentgen kristallografiya usuli rentgen nurlanishning kristall tarkibidagi atom strukturasi bilan ta'sirlashishi natijasida difraktsiyalanishini qayd qilishga asoslaniladi.

3. RADIATION HAVFSIZLIK ME'YORLARI

Radiatsion nurlanishdan himoyalaniş nuqtai nazaridan dastlabki tavsiyalar sifatida – 1906–yilda **D.F.Reshetilo** (Rossiya) tomonidan rentgen nurlaridan tibbiyot amaliyotida diagnostika maqsadlarida foydalanish davomida maxsus ko'zoynak, himoya fartugi va ekranlaridan foydalanish zarurligi qayd qilingan. Shuningdek, 1914–yilda Rossiyada ishchi–xodimlarning kasbiy faoliyati bilan bog'liq radiatsion nurlanish olish havfidan himoyalash bo'yicha dastlabki qoidalar ishlab chiqilishi fikri ilgari surilgan.

Hozirgi vaqtda radiatsion terapiya uslubidan tibbiyot amaliyotida davolash maqsadlarida foydalanish bilan bog'liq holatda, **Terapevtik radiologiya va onkologiya Evropa jamiyati** (*ESTRO, The European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*) tomonidan halqaro miqyosda muntazam ravishda qo'llanma va tavsiyalar ishlab chiqilishi yo'lga qo'yilgan³⁸.

Radiatsion havfsizlik me'yorlari:

- Belgilangan radiatsion havfsizlik me'yorlariga binoan, sanoat miqyosida ishlab chiqarish sharoitida ishchi–xodimlarning tabiiy radioaktiv manbalar ta'sirida nurlanish dozasi $\sim 5 \text{ mZvG/yil}$ qiymatdan oshmasligi talab qilinadi;

- Tibbiy rentgenologik diagnostika maqsadlarida amalga oshiriluvchi tekshirishlarda samarali nurlanish dozasi qiymati $\sim 1 \text{ mZvG/yil}$ dan oshmasligi talab qilinadi;

- Kompyuter monitoridan 5 sm uzoqlik masofasida rentgen nurlanishiining ekspozitsion doza qiymati $0,1 \text{ mkZvG'soat}$ (100 mkRG'soat) qiymatdan oshmasligi belgilangan³⁹.

- Radiatsion nurlanish havfsizligi me'yorlariga ko'ra, 200 mkRG's radiatsion nurlanish sharoitida haftasiga 40 soat davomida mehnat faoliyati bilan shug'ullanish belgilangan.

³⁵ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

³⁶ Рентгеноструктурный анализ // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 08.12.2015 г.

³⁷ X-ray Crystallography // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://chemwiki.ucdavis.edu...> Дата обращения: 08.12.2015 г.

³⁸ Radiation biology: A handbook for teachers and students // International Atomic energy Agency. – Vienna, 2010. <http://www.iaea.org/books>

³⁹ М.В.Кислов и др. Организация мероприятий по измерению радиационного фона в местах пребывания населения. Методическое пособие // Москва–Новозыбков, 2012. – 38 с.



1928–yilda «Rentgen nurlanishi va radiy izotopi nurlanishidan himoya qilish Halqaro qo'mitasi» tashkil qilingan va bu qo'mita 1950–yilda «Radiologik himoya bo'yicha Halqaro komissiya» deb qayta nomlangan. Ushbu komissiya tomonidan radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'sir mexanizmlari o'rganiladi va nurlanishdan himoya qilish bo'yicha tegishli tavsiyalar–ko'rsatmalar ishlab chiqiladi.

German Djozef MYoLLER (AQSh: *Hermann Joseph Muller*; 21.12.1890–05.04.1967) – genetik, Tomas Morgan rahbarligida ilmiy tadqiqotlar olib borgan, rentgen nurlanishining drozofilla pashshasi organizmiga mutagen ta'sir mexanizmini o'rgangan va 1928–yilda rentgenolog shifokorlarning radiatsion nurlanish olish havfi ehtimolligi yuqoriligi va bu salbiy ta'sirdan himoyalani chora–tadbirlarini ishlab chiqish muhimligini ta'kidlagan, 1946–yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlangan⁴⁰.

1955–yilda BMT huzurida «Atom radiatsiyasi bo'yicha ilmiy qo'mita» tashkil qilingan va bu qo'mita tabiiy va antropogen tavsifda kelib chiqish xususiyatiga ega bo'lgan ionlashtiruvchi nurlanish xossalari va uning odam organizmiga, atrof–muhitga ta'sir mexanizmlari haqida ilmiy ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish bilan shug'ullanishi belgilangan.

1957–yilda «Atom energiyasi bo'yicha Halqaro agentlik» tashkil qilinishi, 1963–yilda «Kosmosda, suv ostida va atmosferada yadro qurolini sinovdan o'tkazishni cheklash bo'yicha Halqaro bitim» tuzilishi radiatsion xavfsizlik nuqtai nazaridan, tegishli qoida va amaliy chora–tadbirlar ishlab chiqilishida muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.



Leonid Andreevich ILIN (Ukraina: 15.03.1928) – tibbiyot fanlari doktori, professor, akademik, radiobiolog, radiobiofizik, radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'sir mexanizmlarini o'rganish va radiatsion nurlanish ta'siridan himoya vositalarini ishlab chiqish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan⁴¹.

3.1. Chegaraviy ruxsat etilgan doza

Chegaraviy ruxsat etilgan doza – bu cheklanmagan vaqt davomiyligida ta'sir ko'rsatishi ta'sirida biologik organizmda patologik holatlarga olib kelmaydigan radiatsiya nurlanishi dozasi qiymatini ifodalaydi. Radiatsion nurlanishning chegaraviy ruxsat etilgan dozasi 1925–

⁴⁰ Мёллер, Герман Джозеф // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁴¹ Леонид Ильин // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

yilda 1 ish kuni davomida 0,1–0,2 *Rentgen* deb belgilangan va «Radiatsiya nurlanishidan himoya masalalari bo'yicha halqaro komissiya» tomonidan 1959–yilda odam organizmi uchun radiatsion nurlanishning chegaraviy ruxsat etilgan dozasi 0,1 *BerG'hafta* va mos ravishda, 5 *BerG'yil* qiymatini tashkil qilishi belgilangan. Shuningdek, ma'lum vaqt davomida mehnat faoliyati bilan shug'ullanish sharoitida radiatsion nurlanishning yig'indi chegaraviy ruxsat etilgan dozasi (D) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$D = 5(N - 18)$$

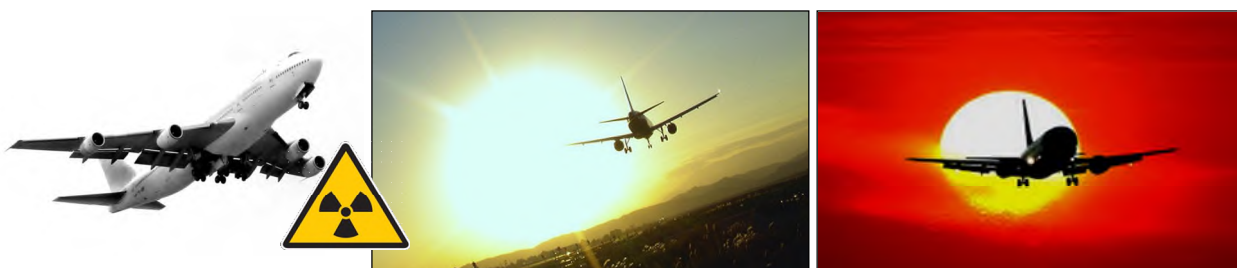
Bu erda: N – odam organizmining yoshi (yil hisobida); 18 – odatda, odamning kasbiy faoliyat bilan shug'ullanishni boshlash yosh davri hisoblanadi.

Shuningdek, chegaraviy ruxsat etilgan doza 0,1 *BerG'hafta* qiymati odatda, odam organizmida radiatsion nurlanish ta'siriga yuqori darajada sezgirlik xususiyatini namoyon qiluvchi organlar (*critical body*) – jumladan, jinsiy bezlar, suyak iligi, ko'z gavhari kabilar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, radiatsion nurlanish ta'siriga nisbatan past darajada sezgirlikka ega organlar – teri, qalqonsimon bez uchun bu qiymat 0,6 *BerG'hafta*, ya'ni 30 *BerG'yil* qiymatini tashkil qilishi belgilangan⁴².

3.2. Samolyotda radiatsion nurlanish

Samolyotda (10,5 km dan yuqorida) odam organizmiga Er atmosferasining kosmik radiatsion nurlanishdan himoyalovchi ekranining ta'siri yo'qoladi, o'z navbatida Amerikadan Evropaga bir martalik reys davomida odam organizmida o'rtacha ~0,05 *mZv* doza radiatsiya qabul qilinishi qayd qilinadi. Reaktiv samolyotlar uchuvchilari yiliga o'rtacha 5 *mZv* doza radiatsiya qabul qilishi hisoblangan. Shuningdek, 15–18 km balandlikda uchishga moslashgan, «Concord» rusumidagi avialaynerlarda Atlantika okeani ustidan uchib o'tish davomida odam organizmi ~50 *mkZv* radiatsiya olishi qayd qilinadi. Shu sababli, ushbu tipdagi samolyotlar bortiga havfli radiatsion nurlanishdan ogohlantiruvchi dozimetrik qurilmalar o'rnatiladi⁴³.

«Concord» tipidagi samolyotda ~4–5 soat davomida parvoz qilish davomida, yo'lovchi organizmi 40–50 *mkZv* radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan, o'z navbatida 10 marta parvozdan keyin odam organizmida 500 *mkZv* (0,5 *mZv*) radiatsion nurlanish dozasini qabul qilish kuzatiladi.



AQSh dan Evropaga *TransAtlantic* havo yo'li bo'ylab reaktiv samolyotda parvoz qilish davomida odam organizmi $\sim 5 \times 10^{-5}$ *Zv* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi. Shuningdek, samolyotda parvoz qilish davomida radiatsion nurlanish dozasi uchish balandligi va geografik kengliklarga ham bog'liqligi aniqlangan. Jumladan, Parij shahridan Rio–de–Janeyroga reaktiv samolyotda $7,2 \times 10^3$ metr balandlikda parvoz qilish davomida yo'lovchilar 3×10^{-7} *GrG's* nurlanish olishi qayd qilingan. Shuningdek, Nanta hududidan Dakargacha oraliqda reaktiv samolyotda 16×10^3 metr balandlikda parvoz qilish vaqtida 45° shimoliy kenglikda radiatsion nurlanish qiymati $1,7 \times 10^{-6}$ *GrG's* ni tashkil qilishi va 25° shimoliy kenglikda esa – bu qiymat $8,3 \times 10^{-6}$ *GrG's* ni tashkil qilishi qayd qilingan⁴⁴.

⁴² Предельно допустимая доза // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.medical-enc.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

⁴³ Дозы облучения в самолете // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://chornobyl.ru> обращения: 18.12.2015 г.

⁴⁴ Э.А.Галицкий. Радиобиология // Курс лекций. – Гродно. – Изд-во ГрГУ, 2001. – 204 с.

3.3. Televizor ekrani ta'sirida radiatsion nurlanish

Zamonaviy yassi ekranli televizorlarda ekran yaqinidagi sohada $\sim 50 \text{ mkRG'chas}$ radiatsion nurlanish xosil bo'lishi aniqlangan. Bunda xosil bo'luvchi β -nurlanish havoda 1–2 *sm* masofaga tarqaladi. Shu sababli, televizor ekranini qo'l bilan artish tavsiya etilmaydi!⁴⁵.

Odatda, intensivlik darajasi qiymati 0,2 *mkTl* (*mikroTesla*) dan yuqori elektromagnit maydon odam organizmi salomatligi uchun salbiy ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan. Eski tipdagi (kineskopli yoki elektron nur trubkasiga ega) ekranli televizorlarda elektromagnit maydon intensivlik darajasi qiymati 0,2 *mkTl* dan yuqori hisoblanadi. Shuningdek, televizor ekranidan uzoqlashish bilan, taxminan 1,1 metr masofada elektromagnit maydon sezilarli darajada susayishi kuzatiladi. Aynan eski tipdagi ekranga ega televizorlarda rentgen nurlanishi xosil bo'lishi qayd qilinadi. Zamonaviy yassi plazmali ekranga ega televizorlarda rentgen nurlanishi qiymati nisbatan pastligi qayd qilinadi!⁴⁶.

Demak, kineskopli televizor ekrani rentgen nurlanishi manbai sifatida o'rin tutadi. Televizor ekranidan $\sim 250 \text{ sm}$ uzoqlik masofasida odam organizmiga ta'sir ko'rsatuvchi samarali nurlanish dozasi qiymati $2,5 \times 10^{-3} \text{ mkZ/soat}$ hisoblanadi. O'z navbatida, har kuni televizor ekrani oldida o'rta 3 *soat* davomida teleko'rsatuvlarni tomosha qilish natijasida odam organizmida yil davomida 5–7 *mkZv* radiatsiya nurlanishi olish qayd qilinadi!⁴⁷.

3.4. Uyali aloqa stantsiyalari antennalari ta'siridagi elektromagnit nurlanish

Bevosita «Radiobiofizika» fanining tadqiqot ob'ekti doirasiga kiruvchi elektromagnit maydon to'lqinlari spektri diapazoni hisoblanmasada, biroq odam organizmiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi ayrim elektromagnit maydon nurlanishi manbalari haqida to'xtalib o'tish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Elektromagnit to'lqinlarning ta'siri (*elektromagnit maydon ta'sirida nurlanish*) – elektromagnit maydon fazo bo'ylab tarqalishi davomidagi qayd qilinadi. Elektromagnit to'lqinlar diapazoni – *radioto'lqin, infraqizil nurlanish, ko'rinuvchi nur spektri, ultrabinafsha nurlanish, rentgen nurlanish* diapazonini o'z ichiga qamrab oladi. Elektromagnit nurlanish *chastota, to'lqin uzunligi va qutblanish qiymati* bilan tavsiflanadi.

7.1–jadval

Elektromagnit nurlanish chastota diapazonlari

| Диапазон | Тўлқин узунлиги (<i>l</i>) | Частота (<i>U</i>) |
|------------------------|---------------------------------|---|
| Радиотўлқинлар | 1 мм – 10 км | 30 кГц – 300 ГГц |
| Инфракизил нурланиш | 1 мм – 780 нм | 300 ГГц – 429 ТГц |
| Кўринувчи нур | 780–380 нм | 429 ТГц – 750 ТГц |
| Ультрабинафша нурланиш | 380 нм – 10 нм | $7,5 \times 10^{14} \text{ Гц} - 3 \times 10^{16} \text{ Гц}$ |
| Рентген нурланиши | 10 нм – 5 нм | $3 \times 10^{16} \text{ Гц} - 6 \times 10^{19} \text{ Гц}$ |
| g–нурланиш | 5 нм дан кичик | $6 \times 10^{19} \text{ Гц}$ |

Ionlashtiruvchi ta'sirga ega elektromagnit nurlanish sifatida – rentgen nurlanishi, γ -nurlanish qayd qilinadi.

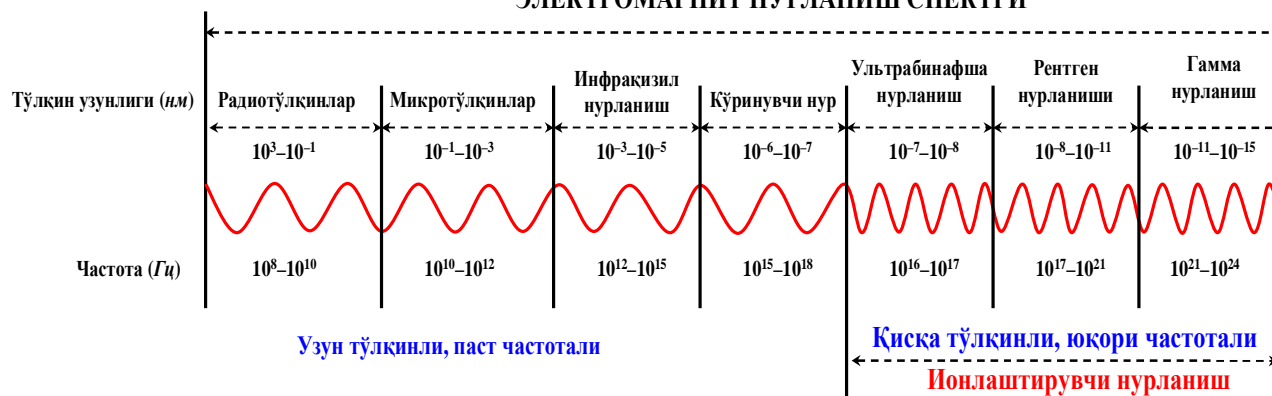
Kelib chiqishi, energiyasi, chastota va to'lqin uzunligi qiymatiga ko'ra, elektromagnit maydon to'lqinlari tarkibida ionlashtiruvchi xossaga ega bo'lgan nurlanish spektri diapazonida rentgen nurlanishi va γ -nurlanish alohida darajada o'rin tutadi.

⁴⁵ Уровень радиации в Уфе онлайн // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://ufactor.ru>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁴⁶ Как излучение телевизора влияет на нас // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://russian7.ru> Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁴⁷ А.Н.Сторажова и др. Радиационная медицина: Учебная пособие // Минск. – Изд-во МГМИ, 2000. – 154 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТ НУРЛАНИШ СПЕКТРИ



Рентген нурланиши – энергетик шкала bo'yicha, elektromagnit maydon to'liqlari diapazoni tarkibida $10^{-4}-10^2 \text{ \AA}$ (yoki $10^{-14}-10^{-8} \text{ m}$) to'liqin uzunligidagi to'liqlardan tashkil topgan bo'lib, g -nurlanish va ultrabinafsha nurlanish oralig'idagi sohani egallaydi.

γ -**нурланиш** – to'liqin uzunligi $<5 \times 10^{-3} \text{ nm}$ elektromagnit nurlanish diapazonini qamrab oladi.

Уltrabinafsha нурланиш – рентген va ko'rinuvchi нурланиш diapazoni oralig'ida joylashuvchi elektromagnit нурланиш spektri (l q100–400 nm) hisoblanadi. Shuningdek, biologik ta'sir xususiyatiga ko'ra, ultrabinafsha нурланиш quyidagi diapazonlarga tasniflanadi:

- A – ultrabinafsha нурланиш diapazoni (l q315–400 nm);
- V – ultrabinafsha нурланиш diapazoni (l q280–315 nm);
- S – ultrabinafsha нурланиш diapazoni (l q200–280 nm);
- *Vakuum tavsifidagi* ultrabinafsha нурланиш diapazoni (l q100–200 nm).

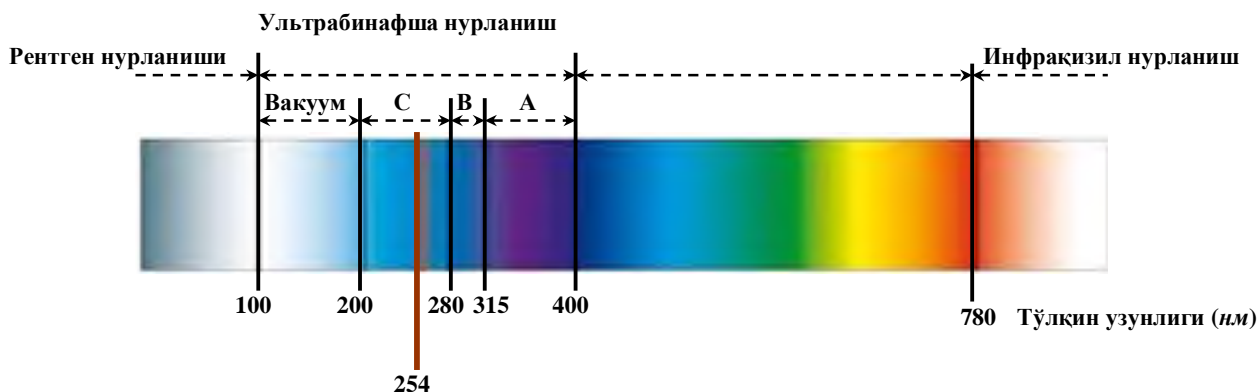
S – ultrabinafsha нурланиш diapazoni (l q200–280 nm) bakteriya va viruslarga nisbatan yo'q qiluvchi (bakteritsid ta'sir) ta'sirga ega hisoblanadi. Bunda mikroorganizmlarning bakteritsid ta'sirga sezgirlik maksimal darajasi 254–265 nm sohaga to'g'ri keladi va bu holatda mikroorganizmlar DNK va RNK makromolekulalarida qaytmas o'zgarishlar yuz beradi. Shu sababli, ultrabinafsha нурланишning ushbu diapazonidan suv va havo tarkibini patogen mikroorganizmlardan zararsizlantirish maqsadidagi texnologiyalarda foydalaniladi⁴⁸.

Ultrabinafsha нурланиш intensivlik qiymati ortgan holatda, o'simliklarda fotosintez jarayoni susayishi, o'z navbatida qishloq xo'jaligi ekinlari xosildorligi keskin kamayishi, okean suvlarida fitoplankton miqdori kamayishi, odam va hayvonlar organizmida kasallanishga moyillik ortishi, ko'rish tizimi, teri kasalliklari, jumladan o'sma kasalliklari, genetik o'zgarishlar yuzaga kelish ehtimolligi darajasi ortishi qayd qilingan.

Ozon qavati biosferani zararli ultrabinafsha нурланиш ta'siridan himoya qiladi. Stratosfera qatlamida ozon qavati tuzilishi va funktsiyasining ilmiy asosda o'rganilishi XX asrning 1970–yillaridan boshlangan bo'lib, hozirgi vaqtda ayrim kimyoviy moddalar ta'sirida ozon qavati emirilishi aniqlangan. Masalan, Antarktika ustida stratosfera qatlamida 1975–1984 yillar davomida ozon qavati ~40% ga kamayishi aniqlangan⁴⁹.

⁴⁸ Технология УФ обеззараживания // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.youtube.com...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

⁴⁹ Дыры в озоновом слое Земли – суть проблемы и методы ее разрешения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.ozoneprogram.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.



Электроманит майдон – maishiy elektr texnikalari, radio, uyali telefon, GPS navigator qurilmalari, yuqori elektr kuchlanish tarmoqlari, transformatorlar, uyali aloqa stantsiyalari, simsiz Internet tarmog'i va boshqa manbalar asosida yuzaga keladi. Shuningdek, su'niy yo'ldosh orqali signal qabul qiluvchi antennalar ham elektromagnit maydon xosil qiluvchi manbalar ro'yxati tarkibiga kiritiladi^{50,51}.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda bu tizim elektromagnit maydoni organizmda immun tizimi funktsiyasi buzilishiga olib kelishi⁵², xotira buzilishi⁵³, ko'payish organlari funktsiyasi buzilishga olib kelishi mumkinligi tasdiqlangan⁵⁴.

Yuqori kuchlanishli elektr tarmoqlari, uyali telefon aloqa stantsiyalari antennalari, radioaloqa antennalari, maishiy–turmushda ishlatiluvchi elektr qurilmalar va asbob–uskunalar xosil qiluvchi elektromagnit nurlanish odam organizmiga salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan⁵⁵.

Электроманит nurlanish qiymati 900–1800 $MGts$ ni tashkil qiluvchi uyali telefon operator stantsiyasi antennalari uchun ruxsat etilgan me'yoriy qiymatlar turli xil davlatlarda o'zaro farqlanadi. Masalan, bu qiymat AQSh da 100 $mkVG'sm^2$ ni tashkil qilsa, Rossiya miqyosida 10 $mkVG'sm^2$, Ukrainada esa – 2,5 $mkVG'sm^2$ belgilangan⁵⁶.

Uyali telefon (*cell phone*) aloqa tizimi har birining diametr o'lchami ~ 1 km ga teng bo'lgan «uyacha»lardan tashkil topgan hududlar bo'yicha asosiy operator stantsiyasi antenasi orqali aloqa o'rnatilishini ta'minlaydi. Operator stantsiya antenasi 463–1880 $MGts$ chastota diapazondagi elektromagnit maydon xosil qilishi qayd qilinadi. Odatda, zamonaviy texnologik tamoyillar asosida funktsiya bajaruvchi antennalarda elektromagnit maydon to'liqini «soyabon» tipida tarqatiladi va

⁵⁰ Электромагнитная защита – «Мастер Экранирования» // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://eco-solution.ru>
Дата обращения: 12.11.2015 г.

⁵¹ Есть ли вредное излучение от спутниковой антенны // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.kakprosto.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

⁵² E.E.Fesenko et al. Microwaves and cellular immunity: I. Effect of whole body microwave irradiation on tumor necrosis factor production in mouse cells // Bioelectrochemistry and Bioenergetics. – 1999. – Т.49. – №.1. – С.29–35.

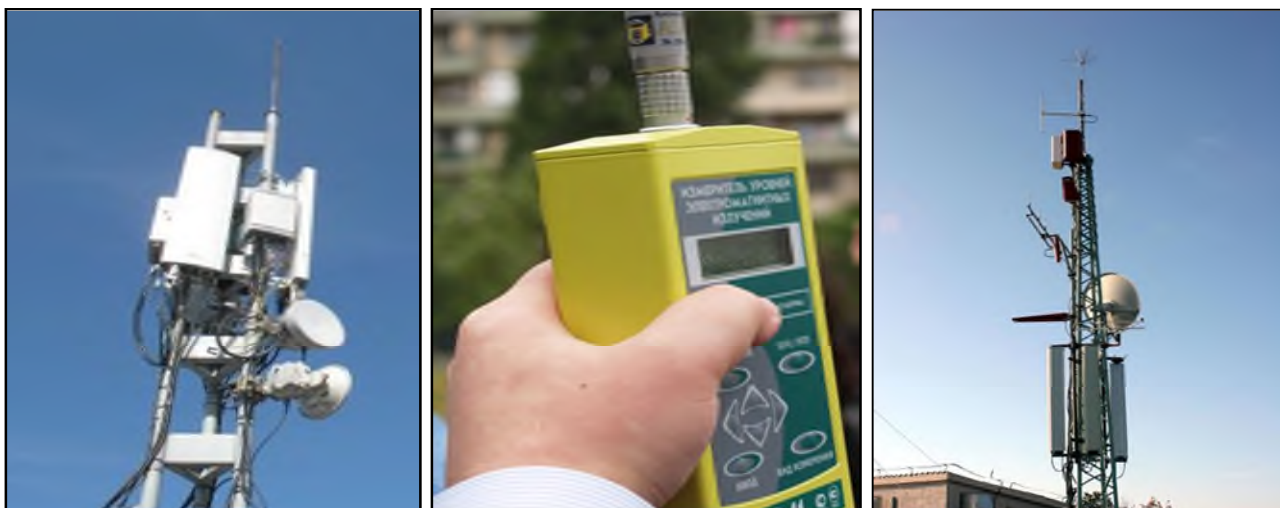
⁵³ L.G.Salford et al. Non-thermal effects of EMF upon the mammalian brain: the Lund experience //The Environmentalist. – 2007. – Т.27. – №.4. – С.493–500.

⁵⁴ A.Pyrpasopoulou et al. Bone morphogenetic protein expression in newborn rat kidneys after prenatal exposure to radiofrequency radiation // Bioelectromagnetics. – 2004. – Т. 25. – №.3. – С.216–227.

⁵⁵ Измерение уровня электромагнитного излучения (ЭМИ) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.lab.ur.ru...> Дата обращения: 19.11.2015 г.

⁵⁶ Электромагнитное излучение // [Электрон ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Электромагнитное_излучение&oldid=73520897 Дата обращения: 12.11.2015 г.

shuningdek, antenna o'rnatilgan turar-joy binolarida istiqomat qiluvchi aholi salomatligiga elektromagnit maydonning salbiy ta'sirini susaytiruvchi maxsus himoya qurilmalaridan foydalaniladi⁵⁷.



Hozirgi vaqtda GSM-900 standartiga mansub uyali aloqa operatorlari tomonidan doira tipidagi va sektor tipidagi ($l \sim 3000 \text{ sm}$) antennalardan foydalaniladi.

Uyali aloqa baza stantsiyasi antenναςidan uzoqlashish bilan elektromagnit maydonning zichligi qiymati kamayib boradi va o'z navbatida, salbiy ta'sir kuchi susayib boradi.

Hozirgi vaqtda belgilangan me'yorlarga binoan, turar-joy binolari tomiga o'rnatilgan uyali aloqa stantsiyalari antennalari yaqin masofasida aholi istiqomat qilish joylarida elektromagnit maydon oqimining zichlik qiymati $\sim 10 \text{ mkVG'sm}^2$ dan oshmasligi belgilanadi. Ayrim, Evropa mamlakatlarida xonadonlarda uxlash xonasida bu qiymat $\sim 10^{-5} \text{ mkVG'sm}^2$ ga teng bo'lishi zarurligi qayd qilinadi.



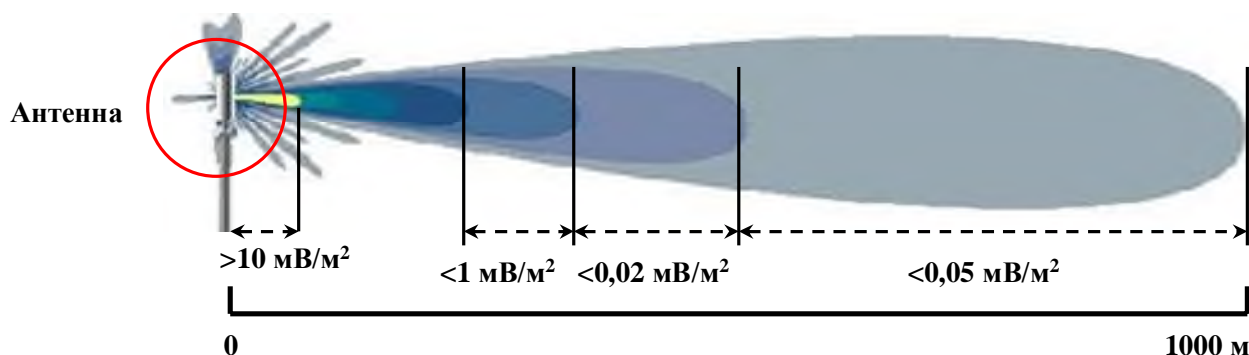
Albatta, zamonaviy axborot-kommunikatsiyalari davrini uyali aloqa vositalari yoki Wi-Fi tipidagi simsiz Internet tarmoqlaridan foydalanishsiz tasavvur qilish qiyin hisoblanadi. Biroq, o'z

⁵⁷ Не бойтесь базовых станций! // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://osinform.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

salomatligiga befarq bo'lmagan har bir kishi ushbu vositalarning odam organizmi salomatligiga salbiy ta'sirga egaligi haqida ma'lumotlarga ega bo'lishi zarur hisoblanadi.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda «Bilayn» uyali aloqa operatori (Rossiya) tomonidan foydalaniluvchi GSM va UMTS tipidagi aloqa tarmoqlari antennalari yaqinida odam organizmiga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan elektromagnit maydon zichligi qiymati o'rtacha $0,01-0,1 \text{ mkVG'sm}^2$ ni tashkil qilishi qayd qilingan.

Elektromagnit nurlanish ta'siridan himoya zonasini yuzaga keltirish uchun, uyali aloqa baza stantsiyasi antennasi ma'lum bir balandlikda joylashgan ob'ektlarga o'rnatiladi. Bunda antennaning elektromagnit maydoni gorizontal va vertikal yo'nalish bo'yicha tarqalish holati hisobga olinadi. Antennadan uzoqlashish masofasi ortishi bilan elektromagnit maydonning odam organizmiga salbiy ta'siri susayadi. Biroq, elektromagnit maydonning ta'sir ko'rsatish zonasi foydalaniluvchi chastota diapazoni, quvvati, antennaning o'rnatilish balandligi kabi ko'rsatkichlar bilan bog'liq hisoblanadi. Odatda, ko'pincha holatlarda shahar sharoitida uyali aloqa baza stantsiyasi antennalari aholi istiqomat qiluvchi binolar va shuningdek, odamlar kasbiy faoliyat bilan shug'ullanuvchi inshootlar tomiga o'rnatiladi va bu vaziyatda elektromagnit nurlanish ta'siridan himoyalash sanitariya zonasining samarali tavsifida tashkil qilinishi ehtimolligi darajasi keskin susayadi. Shuningdek, nafaqat bino va inshootlarning tomida, balki inshootlar ichki qismida, savdo markazlarida, metro liniyalarida, er osti yo'llarida uyali aloqa operatorlari ichki antennalardan foydalanishi qayd qilinadi. O'z navbatida, uyali aloqa stantsiyalari antennalarining odam organizmiga salbiy ta'siri bo'yicha ruxsat etilish ko'rsatkichlari belgilangan⁵⁸.



Hozirgi vaqtda elektromagnit nurlanishdan himoyalovchi maxsus ekranlar ishlab chiqilgan va amaliyotda keng qo'llaniladi. Jumladan, «GIGAHERTZ SOLUTIONS» kompaniyasi (Germaniya) tomonidan elektromagnit nurlanishdan himoyalovchi maxsus – F54 YSHIELD tipidagi bo'yoqlar asosidagi himoya ekranidan foydalanish loyihasi amaliyotga joriy qilingan. Bu bo'yoq ekologik jihatdan havfsiz bo'lib, inshoot ichki qismini elektromagnit maydonning salbiy ta'siridan ~99% gacha himoyalovchi ekran xosil qilishi qayd qilingan. Shuningdek, «GIGAHERTZ SOLUTIONS» kompaniyasi bu yo'nalishida HEG10 tipidagi metal to'rlarni ishlab chiqaradi⁵⁹.

Eslatib o'tish kerakki, maishiy–turmushda foydalaniluvchi ko'pgina elektr qurilmalari ham sezilarli qiymatdagi elektromagnit maydon xosil qilishi tasdiqlangan. Masalan, «mikroto'lqinli pech» ishlayotgan vaqtda $\sim 30 \text{ mkVG'sm}^2$, Wi-Fi tipidagi simsiz Internet tarmog'i qurilmalari $\sim 40 \text{ mkVG'sm}^2$, shuningdek ayrim uyali aloqa telefonlari kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida $\sim 50 \text{ mkVG'sm}^2$

⁵⁸ Что представляет собой базовая станция сотовой связи? // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.mobilecart.ru...> Дата обращения: 19.11.2015 г.

⁵⁹ Экранирование квартиры средствами защиты от электромагнитного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://continentoil.ru/...> Дата обращения: 19.11.2015 г.

zichlik qiymatiga ega elektrmagnit maydon xosil qilishi aniqlangan. Rossiyada uyali aloqa operatorlari stantsiya antennalari yaqinida odam organizmiga ta'sir ko'rsatuvchi elektromagnit maydon zichlik qiymatining ruxsat etilish me'yori 10 mkV/sm^2 qilib belgilangan, shuningdek AQSh, Shvetsiya, Norvegiyada bu ko'rsatkich 100 mkV/sm^2 ni tashkil qilishi qayd qilingan⁶⁰.

3.5. Uyali aloqa telefoni ta'siridagi elektromagnit nurlanish

«Biz kishilik jamiyati tarixida birinchilardan bo'lib, ongli ravishda boshimizda kuchli elektromagnit nurlanish manbasini tutib turuvchi avlod hisoblanamiz!...»

Ross Eydi (Kaliforniya universiteti professori)

«Uyali telefon elektromagnit maydoni ta'sirida yomg'ir chuvalchangi organizmida oqsil makromolekulalari strukturasi o'zgarishi kuzatiladi...»

Uilyam Styuart (Shotlandiya)

Ilm–fan taraqqiyoti davrida odam organizmiga elektromagnit nurlanishning ta'siri darajasi keskin ortishi qayd qilinadi. Ayniqsa, zamonaviy aloqa vositasi sifatida uyali aloqa telefonlari va smartfonlardan foydalanish ta'sirida elektromagnit nurlanish olish ehtimolligi darajasi ortadi.

Qayd qilish kerakki, biz zamonaviy bozor iqtisodiyoti sharoitida hayot kechirmoqdamiz va har qanday telefon ishlab chiqaruvchi kompaniyalar tomonidan ommaviy axborot vositalari, ayniqsa Internet tarmoqlari orqali o'z maxsulotini reklama qilish maqsadida telefon ta'siridagi elektromagnit nurlanish havfi yuqori emasligini ta'kidlashlari kuzatiladi.

Shvetsiyalik onkolog mutaxassislar tomonidan uyali aloqa telefonlaridan o'rtacha ~10 yil foydalanish davri davomida telefondan foydalanmaydiganlarga nisbatan miya o'sma kasalliklarining kelib chiqish ehtimolligi darajasi 2–5 marotaba ortishi aniqlangan⁶¹.

Shuningdek, Isroilda amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlarda bevosita uyali aloqa telefon stantsiyalariga yaqin hududda istiqomat qiluvchi aholi orasida turli xil o'sma kasalliklarining kelib chiqishi darajasi yuqoriligi aniqlangan⁶².

Bevosita uyali aloqa telefon stantsiyalaridan 300–400 metr masofada istiqomat qiluvchi aholi orasida umumiy salomatlik holatining yomonlashishi (bosh og'rig'i, holsizlik) qayd qilinadi⁶³. AQSh Reproktiv tibbiyot Milliy markazida amalga oshirilgan tadqiqotlarda uyali aloqa telefonlari elektromagnit nurlanishi ta'sirida urug' hujayrasi (*spermatozoid*) harakatchanligi keskin susayishi va ularning tarkibida kislorodning faol shakli (*erkin radikallar*) kontsentratsiyasi ortishi aniqlangan⁶⁴.

Shuningdek, uyali telefon elektromagnit nurlanishi ko'rish organi funktsiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatishi, odam organizmining muddatidan oldin qarish jarayoni tezlashishiga olib kelishi tasdiqlangan.

Dastlabki zamonaviy uyali aloqa telefoni 1973–yilda «Motorolla Duna Tes» kompaniyasi (AQSh) tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, hozirgi vaqtda uyali aloqa telefon stantsiyalari butun dunyo

⁶⁰ Стоит ли надевать шапочки из фольги вблизи базовых станций сотовой связи? // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://life34.ru>... Дата обращения: 19.11.2015 г.

⁶¹ L.Hardell, M.Carlborg. Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours // Int. J. Oncol. – 2009. – 35(1). – P.5–17.

⁶² R.Wolf, D.Wolf. Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitted station // Trends in cancer prevention: Ed. F.Columbus. – «Nova Science Publishers, Inc». – 2007. – P. 1–8.

⁶³ R.Santini, P.Santini, J.M.Danze et al. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1. Influences of distance and sex // Pathol. Biol. – 2002. – V.50. – P.369–373.

⁶⁴ A.Agarwal et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an *in vitro* pilot study // Fertil. and Steril. – 2009. – 92(4). – P.1318–1325.

miqyosida jadal rivojlanishi qayd qilinadi, jumladan BMT qoshidagi «*Halqaro elektr aloqa ittifoqi*» tomonidan 2015–yilga kelib uyali aloqa telefonlarining soni dunyo aholisi sonidan ortib ketishi tahmin qilingan. Shu sababli, uyali telefon tarqatuvchi elektromagnit to'liqlari ta'sirida nurlanish ehtimolligi darajasi ham ortishi kuzatiladi. Uyali aloqa telefonlaridan foydalanish davomida yuzaga keluvchi elektromagnit nurlanish dunyo miqyosida qabul qilingan standart o'lchov birligi – ya'ni, **yutilishning solishtirma koeffitsenti** (*SAR – specific absorption rate*) bilan ifodalanadi:

$$SAR = \frac{SE^2}{r}$$

Bu erda: S – odam organizmida biologik to'qimaning elektr o'tkazuvchanligi ($SmG'm$); r – odam organizmida biologik to'qimaning zichligi ($kgG'm^3$); \dot{E} – elektr maydon kuchlanishini ifodalaydi ($VG'm$).

Masalan, Halqaro *ICNIRP* ([*International Commission on Non-Ionizing Radiation*](#)) tashkiloti tomonidan belgilangan qiymatlarga ko'ra, «Nokia 1110» rusumidagi uyali telefonning quloq yaqinida *SAR* koeffitsenti qiymati $0,78 \text{ VtG'kg}$ ni tashkil qilishi qayd qilinadi.

Demak, *SAR* (*Specific Absorption Rates*) – bir sekund davomida odam organizmida biologik to'qimaning elektromagnit maydon ta'sirida nurlanishi darajasini ifodalaydi. Odam organizmi uchun ruxsat etilgan havfsiz *SAR* koeffitsent qiymati $\sim 2,5 \text{ mVtG'kg}$ ga teng hisoblanishi belgilangan. Odam organizmi salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi uchun, odatda uyali telefon ishlab chiqaruvchi kompaniyalar *SAR* koeffitsent qiymatiga alohida e'tibor qaratishadi. Biroq, Xitoyda ishlab chiqarilgan har qanday uyali telefon apparatlarida bu koeffitsent qiymati talab darajasiga mos kelmasligi qayd qilinadi. Shuningdek, tashqi korpusi metaldan ishlangan «Nokia N8», «Samsung S8500» kabi rusumdagi telefonlarda *SAR* koeffitsent qiymati nisbatan yuqoriligi kuzatiladi. Masalan, «Apple iPhone 4S» telefonida chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati 6 mkVtG'sm^2 , kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 7 mkVtG'sm^2 va so'zlashish vaqtida 3 mkVtG'sm^2 ga teng hisoblanadi; «Nokia N8» telefonida esa – chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati 37 mkVtG'sm^2 , kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 30 mkVtG'sm^2 va so'zlashish vaqtida 8 mkVtG'sm^2 ga teng hisoblanadi. Qayd qilish kerakki, Xitoyda ishlab chiqarilgan oddiy telefonlarda chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati o'rtacha $\sim 120 \text{ mkVtG'sm}^2$, kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 40 mkVtG'sm^2 va so'zlashish vaqtida 12 mkVtG'sm^2 ga teng hisoblanadi⁶⁵.

Tadqiqotlarda eski rusumdagi telefonlarga nisbatan zamonaviy tipdagi uyali telefonlarda *SAR* koeffitsent qiymati pastligi, masalan, «Apple iPhone 6» rusumdagi uyali telefonlarda bu qiymat $1,6 \text{ VtG'kg}$ ga; «Samsung Galaxy S5» telefonida $1,28 \text{ VtG'kg}$ ga tengligi qayd qilinadi⁶⁶.

Ma'lumki, odam organizmida har bir organ ma'lum bir aniq chastota diapazonida me'yoriy funktsiya bajaradi. Masalan, yurak $\sim 700 \text{ Gts}$, uyqu holatida miya $\sim 10 \text{ Gts}$, o'yg'oq holatda $\sim 50 \text{ Gts}$ chastota diapazonida fiziologik me'yor darajasida ish bajarishi qayd qilinadi. Hozirgi vaqtda uyali telefonlar va telekommunikatsiya tarmoqlarida foydalaniluvchi elektromagnit to'liqlar chastotasi 900 MGts – $1,8 \text{ GGts}$ dan $2,1 \text{ GGts}$ gacha diapazonni tashkil qiladi. Agar, foydalaniluvchi texnologik manba, jumladan uyali aloqa vositalari xosil qiluvchi elektr magnit maydon chastotasi ushbu biologik chastota diapazoniga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi qiymat spektriga ega bo'lsa, u holda odam organizmida jiddiy patologik oqibatlariga olib kelishi aniqlangan.

Amalga oshirilgan tajribalarda uyali telefoni elektromagnit maydoni xotira va diqqat jamlanishi jarayonlarni regulyatsiya qiluvchi bosh miya gippokamp sohasiga kuchli salbiy ta'sir ko'rsatishi, ruhiy bezovtalik holatini keltirib chiqarishi qayd qilingan. Bolalarda miyaning morfo–funksional jihatdan

⁶⁵ Электромагнитное излучение мобильных телефонов // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://fazanews.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

⁶⁶ Уровень излучаемой радиации iPhone 6 близок к разрешенному пределу // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://24life.ru> Дата обращения: 12.11.2015 г.

o'ziga xos tuzilishiga bog'liq holatda, uyali telefon elektromagnit maydoni bosh miya po'stlog'i, gippokamp va gipotalamus, ko'rish sohasiga nisbatan kuchli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Uyali telefon elektromagnit maydoni ta'sirida bolalarda aqliy rivojlanishdan orqada qolish, xotira yomonlashishi qayd qilinadi^{67,68}.

Odatda, uyali aloqa telefonidan 14 yoshdan keyin va kuniga o'rtacha 20 minut foydalanish tavsiya qilinadi. Amerika va ko'pgina Evropa mamlakatlarida bolalarga uyali telefondan foydalanishga ruxsat etilmaydi. Shuningdek, uyali telefon elektromagnit nurlanishi o'sayotgan bola organizmida bosh miyaga voyaga etgan odamga nisbatan kuchli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Электромагнит нурланиш таъсир қилувчи бош миёа соҳаси



IARC (*International Agency for Research on Cancer*) tomonidan qabul qilingan tasniflashga binoan, elektromagnit maydon, jumladan uyali telefonlar xosil qiluvchi elektromagnit maydon miya o'sma kasalligini (*glioma*) keltirib chiqaruvchi omillar ro'yxati tarkibiga kiritilgan⁶⁹.

Uyali telefon qo'ng'irog'i vaqtida uning yaqiniga o'rnatilgan termodatchik qurilmasida harorat qiymati $\sim 5^{\circ}\text{S}$ ga ko'tarilishi qayd qilinadi. Ya'ni, uyali telefon bosh miyaga o'ziga xos «mikroto'lqinli pech» sifatida ta'sir ko'rsatadi. Uyali telefon elektromagnit maydoni bosh miya to'qimalariga $\sim 37,5\text{ mm}$ gacha kirib borishi aniqlangan⁷⁰. Uyali telefonlar elektromagnit maydoni odam organizmida o'sma

⁶⁷ Н.И.Хорсева и др. Психофизиологические показатели детей пользователей мобильной связью. Сообщение 1. Современное состояние проблемы // Радиационная биология, радиоэкология. – 2011. – Т.51. – № 5. – С.611–616.

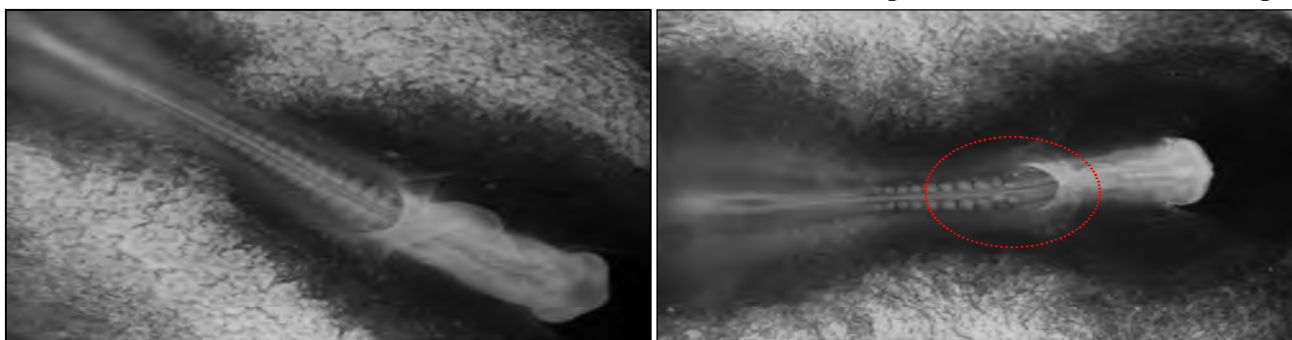
⁶⁸ О.А.Пчельник, П.В.Нефёдов. Мобильная связь и здоровье населения // Fundamental research. – 2013. – №12. – С.356–360.

⁶⁹ Ю.Г.Григорьев, А.П.Бирюков. Радиобиология мобильной связи: современные аспекты фундаментальных и прикладных исследований // Медико–биологические проблемы жизнедеятельности. – 2014. – № 1(11). – 6–16.

⁷⁰ Защита от излучения мобильного телефона // [Электрон ресурс]. <http://www.izluchenie.net...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

kasalliklari, asab tizimida yuz beruvchi patologik buzilishlar asosida hulq-atvor o'zgarishi, Parkinson va Altsgeymer kasalligini keltirib chiqarishi mumkinligi tasdiqlangan. Tajribalarda 1 $VtG'sm^2$ quvvatga ega bo'lgan, 1800 $MGts$ chastotada ishlovchi uyali telefonlar ta'sirida odam organizmida eritrotsitlarda sezilarli morfo-funksional o'zgarishlar kelib chiqishi qayd qilingan⁷¹. O'sma kasalliklarini o'rganish halqaro agentligi uyali telefonini o'sma kasalliklarni keltirib chiqaruvchi 2V sinfga kiritiluvchi moddalar va vositalar ro'yxati (jumladan, DDT, benzin, xloroform va boshqalar) tarkibiga qo'shish maqsadga muvofiq hisoblanishini qayd qilgan (01.06.2011)⁷². Tajribalarda urug'lantirilgan bedana (*Coturnix coturnix*) tuxumida «Motorola W320» rusumidagi (GSM 850 $MGts$, SAR koefitsenti 0,75 $VtG'kg$) uyali telefon elektromagnit taydoni ta'sirida embrion rivojlanishida sezilarli morfologik deformatsion o'zgarishlar yuzaga kelishi aniqlangan⁷³.

**Motorola W320, GSM 850 МГц
электромагнит майдони таъсири**



**Меъёрий ҳолатдаги бедана (*Coturnix coturnix*)
эмбриони**

Hozirgi vaqtda «Winalite International» kabi ayrim kompaniyalar tomonidan uyali telefonlar elektromagnit maydonidan odam organizmini sezilarli darajada himoya qiluvchi WINGUARD kartalari ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan. Telefonga yopishtiriluvchi ushbu karta ~93,7% gacha elektromagnit maydon ta'sirini o'ziga yutishi va odam organizmiga salbiy ta'sirini keskin kamaytirishi qayd qilinadi⁷⁴.

⁷¹ П.Н.Колбасин и др. Влияние электромагнитного излучения средств мобильной связи на морфологическую структуру эритроцитов человека // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – Т.16. – №1. – Ч.2(61). – С. 82–84.

⁷² Здоровье и мобильный телефон // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

⁷³ И.Л.Якименко и др. Влияние электромагнитного излучения мобильного телефона на сомитогенез птицы // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. – 2011. – №1. – С. 146–152.

⁷⁴ Противорадиационная карта-наклейка «Wlinguard» на мобильный телефон // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://mywinalite.ru> Дата обращения: 12.11.2015 г.



Ўз саломатлигинг учун эътиборсиз бўлма!

- Ў Электромагнит нурланиш бош миёна пўстлоқ соҳасига салбий таъсир кўрсатади
- Ў Бош оғриғи, хотира бузилиши юзага келади
- Ў Бош миёнада ўсма касалликлари юзага келиш хавфи эҳтимоллиги даражаси ортади



· Uyali telefonni ko'krak sohasida, bel sohasiga yaqin olib yurmaslik tavsiya qilinadi;

· Esda saqlash kerakki, uyali telefonlar va smartfonlarda elektromagnit nurlanish raqam terish lahzasida eng yuqori qiymatda bo'lishi va bu vaqtda uni quloqqa yaqinlashtirmaslik, ekranda abonent bilan aloqa bog'lanishi haqida axborot paydo bo'lishidan keyingina, quloqqa sohasi yaqinlashtirish tavsiya qilinadi⁷⁵.

IARC tomonidan uyali telefonlar elektromagnit maydoni birinchi navbatda miya o'sma kasalliklarini keltiruvchi chiqaruvchi omillar ro'yxati tarkibiga kiritiladi⁷⁶.

3.6. Kompyuter monitori ta'siridagi elektromagnit nurlanish

«Texnika taraqqiyoti davrlar o'tishi bilan shunday darajaga keladiki, odamlar o'zlarisiz ham yura olishadi»

Eji Lets

~5 soat ishlash davomida kompyuter monitori ta'sirida foydalanuvchi organizmida ~20 mKzV radiatsion nurlanish olishiga olib kelishi, o'z navbatida ushbu ko'rsatib o'tilgan davriylikda 10–20 hafta davomida ishlashda odam organizmida 1 mZv atrofida radiatsion nurlanish qayd qilinadi. Odatda, kompyuterda ishlash vaqti sutkada 6 soatdan ortmasligi belgilangan. Kompyuter tizim bloki 40–70 GGts dan yuqori qiymatdagi chastotada funktsiya bajarishi elektromagnit maydon ta'sirida nurlanish olish darajasini oshiradi.

Zamonaviy suyuq kristalli kompyuter monitorida elektromagnit nurlanish ta'siri keskin kamaytirilsada, amalga oshirilgan tadqiqotlarda ko'pgina rusumdagi *Notebook* tipidagi ixcham kompyuterlar monitorida sezilarli salbiy ta'sirga ega elektromagnit maydon xosil bo'lishi aniqlangan⁷⁷.

Kompyuterdan himoya vositalarisiz, uzoq vaqt davomida foydalanishda elektromagnit maydon ta'sirida odam organizmida ~60% holatda ko'rish organi kasalliklari, ~60% holatda yurak qon–tomir tizimi kasalliklari, ~40% holatda oshqozon–ichak tizimi kasalliklari, ~10% holatda dermatologik kasalliklar, turli xil o'sma kasalliklari kelib chiqish havfi ehtimolligi darajasi ortishi aniqlangan. Shuningdek, kompyuterda ishlashda belgilangan vaqt me'yoriga amal qilmaslik ta'sirida odam organizmida bosh og'rig'i uyquning buzilishi, xotira susayishi, toliqish kabi salomatlik holatining

⁷⁵ Л.Ф.Долина. Электромагнитное излучение мобильных телефонов и смартфонов // Электромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2014. – №7. – С. 35–39.

⁷⁶ IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.iarc.fr>... Дата обращения: 11.11.2015 г.

⁷⁷ Защита от электромагнитного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://gamma7.m-l-m.info> Дата обращения: 18.12.2015 г.

pasayishi qayd qilinadi. Ayniqsa, yosh bolalar va homilador ayollarda kompyuter elektromagnit maydonning salbiy ta'siri sezilarli darajada yuqori bo'lishi tasdiqlangan⁷⁸.

O'sma kasalliklarini o'rganish halqaro agentligi (IARC) tomonidan hozirgi vaqtda keng ommalashgan, zamonaviy *Wi-Fi* tipidagi simsiz ulanish tarmoqlari elektromagnit maydoni odam organizmiga kantserogen ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan⁷⁹.

4. Dozimetriya va doza o'lchov birliklari. *Radiologiya* – ionlashtiruvchi nurlanishning xossalari va o'lchov birliklarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi.

Dozimetriya – ionlashtiruvchi nurlanishni o'lchash usullari va qurilmalari, radioaktiv nurlanishning biologik organizmga ta'sir darajasini miqdoriy ko'rsatkichlar asosida tavsiflash haqidagi nazariy va amaliy bilimlar majmuasi hisoblanadi.

1901–yilda **A.Bekkerel** va **Mariya Sklodovskaya–Kyuri, Per Kyuri** tomonidan radiatsion nurlanishning teriga kuydiruvchi ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan va rentgen nurlanishining biologik ta'sirini ifodalash uchun dastlabki – *HED (Haut erithem dosis – teri eritemasini yuzaga keltiruvchi doza)* o'lchov birligi fanga kiritilgan va *radiatsion dozimetriya* yo'nalishiga asos solingan.

4.1. Nurlanish dozasi. *Nurlanish dozasi* (D_n) – bu nurlanish vaqti davomida modda og'irlik birligiga (m) nisbatan yutilgan radioaktiv nurlanish energiyasi (W_n) bilan tavsiflanuvchi kattalik (*yutilgan doza*) hisoblanadi⁸⁰:

$$D_n = \frac{W_n}{m}$$

Nurlanish dozasi *joulG'kg*, shuningdek *Grey (Gr)* yoki *Rad (Rad – Radiation absorbed dose)* o'lchov birligida o'lchanadi ($1 \text{ rad} \text{ q } 10^{-2} \text{ Gr}$).

Demak, *nurlanish dozasi* yoki *yutilgan doza* (D) – berilgan hajmda modda og'irlik miqdoriga (Dm) bo'lib chiqilgan, ma'lum bir aniq elementar hajmda moddani nurlantirish uchun berilgan o'rtacha energiya qiymatini (W_n yoki DE) ifodalaydi:

$$D = DE / Dm$$

Halqaro o'lchov birliklari tizimida yutilgan doza qiymati o'lchov birligi *Grey (Gr)* hisoblanadi:

$$1 \text{ Gr} \text{ q } 1 \text{ JG'kg}.$$

Shuningdek, yutilgan dozani o'lchashda Halqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida *Rad* ishlatiladi: $1 \text{ Rad} \text{ q } 0,01 \text{ Gr}$.

4.2. Ekspozitsion doza. Yutilgan nurlanish dozasini bevosita aniqlash qiyin masala hisoblanadi, shu sababli *ekspozitsion doza* o'lchov birligidan xam foydalaniladi.

Ekspozitsion doza (X) – bu nurlanish yutiluvchi biologik ob'ekt yaqinida joylashgan havo muhitining 1 kg quruq massasiga nisbatan xosil bo'lgan ion zaryadlari miqdoriga teng qiymat hisoblanadi:

$$X = \frac{q}{m_{\text{havo}}}$$

Ekspozitsion dozaning o'lchov birligi *KulonG'kilogramm (klG'kg)* yoki *Rentgen (R)* bilan ifodalanadi ($1 \text{ R} \approx 2,58 \times 10^{-4} \text{ klG'kg}$). Ekspozitsion doza *dozimetr* asbobi yordamida o'lchanadi va olingan natijalar bo'yicha, biologik ob'ekt tomonidan yutilgan nurlanish dozasi hisoblanadi:

$$D_n = f \cdot X$$

⁷⁸ Проф. И.Литвак. К чему приводит вредное воздействие компьютера? // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://googlegifts.ru> Дата обращения: 18.12.2015 г.

⁷⁹ IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans (PDF). World Health Organization press release N 208 (Press release). International Agency for Research on Cancer. 2011–05–31.

⁸⁰ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских ВУЗов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

Bu erda: f – radioaktiv nurlanishni yutuvchi biologik to'qima turiga bog'liq koeffitsent bo'lib, yumshoq to'qimalar uchun ~ 1 ga teng hisoblanadi. Ushbu formuladan faqat, har ikkala nurlanish dozasi qiymatlari *rad* va *Rentgen* birliklarida o'lchangan holatda foydalanish mumkin.

Demak, **ekspozitsion doza** (X) – ma'lum bir nurlantirish vaqti davomida ob'ektga tushuvchi nurlanish energiyasi miqdorini ifodalaydi:

$$X = D_a / D_m$$

Bu erda: D_a – kichik hajmdagi havo muhitida foton ta'sirida yuzaga kelgan barcha ikkilamchi elektronlar tormozlanishi natijasida xosil bo'lgan, bir xil ishorali ionlarning to'liq zaryadi; D_m – berilgan hajmdagi havoning og'irlik qiymatini ifodlaydi.

Ekspozitsion doza qiymati Halqaro o'lchov birliklari tizimida *KIG'kg* da ifodalanadi, shuningdek Halqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida *Rentgen* (R) ishlatiladi:



1 *Rentgen* q $2,58 \times 10^{-4}$ *KIG'kg*

Louis Xarold GREY (Angliya: *Louis Harold Gray*; 10.11.1905–09.07.1965) – fizik, radiatsion nurlanishning biologik organizmlarga ta'sir mexanizmlarini o'rgangan, radiobiologiya fanining asoschilaridan biri hisoblanadi, 1956–1962 yillarda Radiatsion birliklar va o'lchovlar bo'yicha Halqaro komissiyaning (*ICRU*) vitse–prezidenti lavozimida faoliyat olib borgan⁸¹.

4.3. Biologik (ekvivalent) doza. Turli xil radioaktiv nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash uchun, **biologik (ekvivalent) doza** (H) tushunchasi kiritilgan.

Biologik (ekvivalent) doza (H) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$H = k \cdot D_{\text{ютилли}}$$

Bu erda: k – radioaktiv nurlanish turiga bog'liq bo'lgan, **sifat koeffitsenti** bo'lib, γ –nurlanish va rentgen nurlanish uchun 1 ga teng, α –zarrachalar uchun ~ 20 ga teng hisoblanadi.

Ekvivalent doza – nurlanish sifat omilini hisobga olgan holda, biologik organ yoki to'qimada yutilgan doza o'rtacha qiymatini ifodalaydi, ya'ni nurlanishning biologik ta'sir effektini belgilab beradi.

Bunda **nurlanishning sifat omili** yoki **sifat koeffitsenti** berilgan nurlanish turining γ –nurlanishga nisbatan solishtirilganda, havflilik darajasini ifodalaydi, ya'ni bu koeffitsent qiymati qanchalik katta bo'lsa, demak qarab chiqilayotgan nurlanish turi biologik ta'siriga ko'ra shunchalik yuqori darajada havfli hisoblanadi:

- Fotonlar (γ –nurlanish va rentgen nurlanishida) – 1;
- 10–100 *keV* qiymatdagi neytronlar uchun – 10;
- 100 *keV*–2 *MeV* qiymatdagi neytronlar uchun – 20;
- 5–10 *Mev* qiymatdagi protonlar uchun – 10.

Halqaro o'lchov birliklari tizimida ekvivalent doza qiymati o'lchov birligi *Zivert* (Zv) hisoblanadi. Shuningdek, ekvivalent dozani o'lchashda Halqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida *Ber* (B) ishlatiladi: 1 *Ber* q 0,01 Zv .

Hozirgi vaqtda ishlab chiqariluvchi barcha turdagi dozimetrlar Zv o'lchov birligi shkalasi bo'yicha belgilanadi. *Zivert* (Zv) o'lchov birligi Shvetsiyalik fizik olim – **Rolf Zivert** sharafiga qabul qilingan⁸².

⁸¹ Грэй, Льюис Харольд // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 12.12.2015 г.

⁸² О радиации // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.rosatom.ru> Дата обращения: 01.11.2015 г.



Rolf Maximilian SIEVERT – (Shvetsiya: 06.05.1896–03.10.1966) – radiobiolog, radiobiofizik, radiobiologiya fani asoschilaridan biri, 1979–yilda oʻlchov birliklari va qiymatlari boʻyicha XVI anjumanda R.Zivert sharafiga ionlashtiruvchi nurlanish effektiv (samarali) va ekvivalent dozasi oʻlchov birligi *Zivert* (Zv, Sv) qabul qilingan, 1962–yilda R.Zivert tashabbusi bilan Shvetsiya akademiyasida taʼsis etilgan «Radiatsion himoya medali» hozirda norasmiy ravishda «Zivert medali» deb ataladi. R.Zivert 1964–yilda Radiatsion himoya boʻyicha halqaro assotsiatsiyani (*International Radiation Protection Association*) tashkil qilgan, radiatsiyadan tibbiyotda foydalanish yoʻnalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan⁸³.

4.4. Havfsiz doza quvvati (radioaktiv fon). Radioaktiv nurlanishdan tashqari, biologik obʼektning qancha vaqt davomida nurlanish taʼsirida boʻlganligi xam muhim koʻrsatkich hisoblanadi. Shu sababli, nurlanish dozasi nurlanish vaqtiga nisbatini ifodalovchi – **doza quvvati** tushunchasi kiritilgan. Mos ravishda, yutilish dozasi, ekspozitsion doza va biologik doza quvvat quyidagi tenglamalar orqali ifodalanadi:

$$P_{\text{ютилиш}} = \frac{D_{\text{ютилиш}}}{t}; P_{\text{экспозицион}} = \frac{D_{\text{экспозицион}}}{t}; P_{\text{биологик}} = \frac{D_{\text{биологик}}}{t}.$$

Havfsiz doza quvvati (radioaktiv fon) odam organizmi uchun ~12–14 mkRGʻsoat (mikroRentgenGʻsoat) ga teng boʻlib, 30–50 mkRGʻsoat nurlanish etarlicha vaqt davomida taʼsir koʻrsatishi organizmda patologik holatlar rivojlanishiga olib keladi. Shuningdek, oʻlinga olib keluvchi, bir martalik radiatsion nurlanish dozasi ~500 R ga teng hisoblanadi.

Amaliyotda radiatsion nurlanish doza qiymatini oʻlchashda asosan, Halqaro birliklar oʻlchov tizimida qabul qilingan birlikdan foydalaniladi, shuningdek, Halqaro birliklardan tashqari oʻlchov tizimidan foydalanish ham kuzatiladi. Shu sababli, maʼlum bir oʻlchov birligini ikkinchisiga aylantirish zaruriyati yuzaga keladi. Bu masalani mavjud maʼlumotnomalar va shuningdek, bir qator oʻlchov birliklarini konvertatsiyalash maqsadida yaratilgan Internet saytlari yordamida hal qilish mumkin^{84,85}.

1 millirem q 10 mikroZivert

Radiobiologiya va radiobiofizika boʻyicha ayrim adabiyot maʼlumotlarida radiatsion nurlanish dozasi **Ber** oʻlchov birligida keltiriladi. **Ber** (*biologicheskij ekvivalent rentgena*) – bu ingliz tilida **Rem**, yaʼni *roentgen equivalent man* atamasining rus tilidagi tarjimasining qisqartmasi boʻlib, ionlashtiruvchi nurlanishning Halqaro birliklar tizimidan tashqari ekvivalent doza oʻlchov birligi hisoblanadi. 1963–yilga qadar 1 **Ber** radiatsion nurlanish dozasi qiymati – bu biologik organizmda 1 **Rentgen** qiymatga teng boʻlgan γ -nurlanish ekspozitsion dozasi taʼsirida yuzaga kelishi qayd qilinuvchi nurlanish holatini ifodalovchi oʻlchov birligi sifatida qabul qilingan^{86,87}.

⁸³ Зиверт, Рольф // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 01.11.2015 г.

⁸⁴ Мгновенный перевод единиц радиации // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.convert-me.com...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁸⁵ Перевести миллибэр (биологический эквивалент рентгена) в микрозиверт // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://www.unitjuggler.com...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁸⁶ Бэр (единица измерения) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁸⁷ REM (Roentgen equivalent man) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.nrc.gov...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

1 Zivert q 100 Ber.

Odatda, ekvivalent nurlanish doza qiymati *milliBer* (*mBer*, 10^{-3} Ber) yoki *mikrozivert* (*mkZv*, 10^{-6} Zv) o'lchovlarida o'lchanadi.

1 mBer q 10 mkZv.

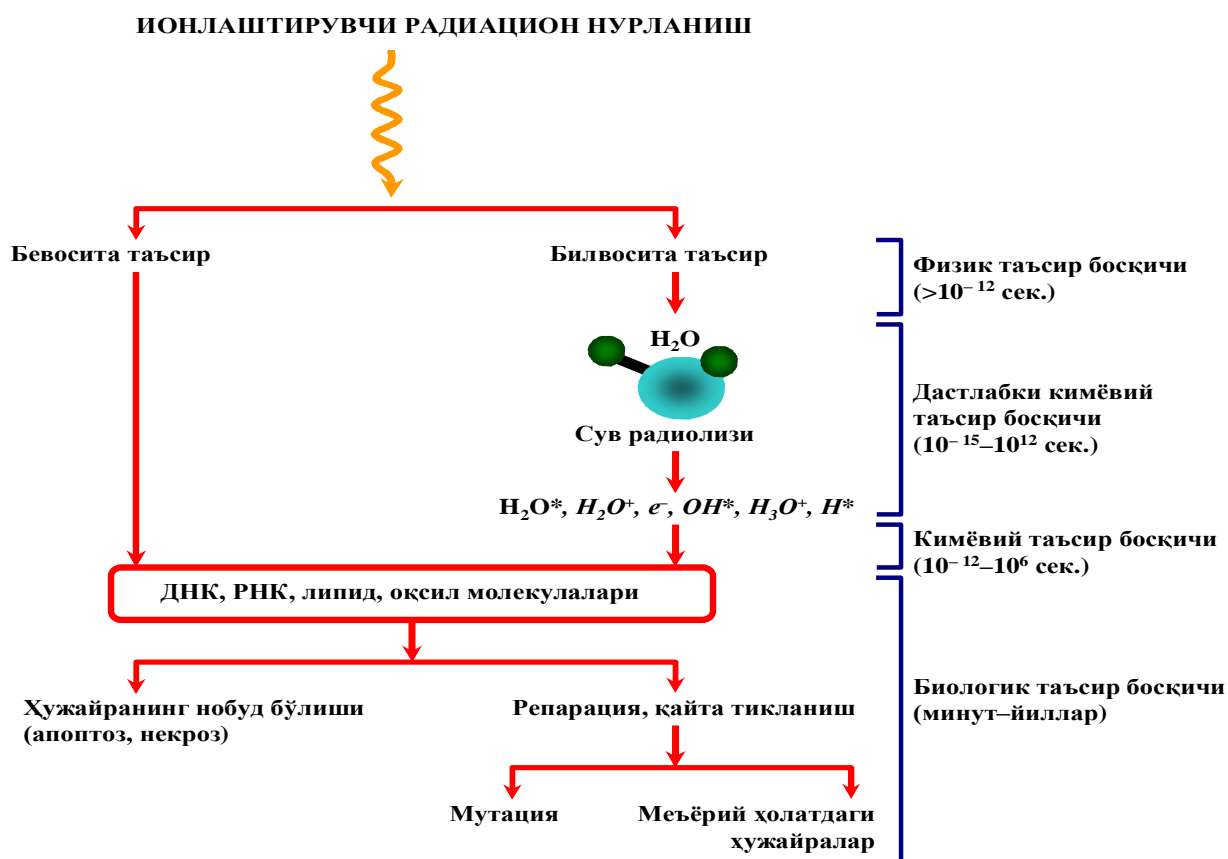
IONLANTIRUVCHI NURLARNING MOLEKULAGA TA'SIR TURLARI.

Reja:

1. Ionlashtiruvchi nurlanishning molekulyar ta'sir mexanizmi
2. Atom qurolining odam organizmiga radiatsion havfi.
3. Radioaktivlik hodisasi

1. Ionlashtiruvchi nurlanishning molekulyar ta'sir mexanizmi. Ionlashtiruvchi nurlanish biologik organizm to'qima hujayralari strukturasi tashkil qiluvchi moddaga **bevosita** va **bilvosita ta'sir mexanizmi** asosida ta'sir ko'rsatadi.

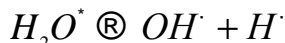
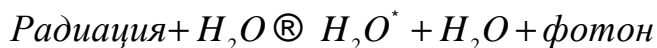
Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida **suv radiolizi** bevosita ta'sir ko'rsatishga misol bo'ladi. Suv radiolizi natijasida xosil bo'lgan erkin radikallarning biologik makromolekularga ta'siri esa – ionlashtiruvchi nurlanishning bilvosita ta'sir mexanizmini ifodalaydi.



1.1. Suv radiolizi. Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida suv molekulasi erkin radikallarga parchalanish hodisasi – **suv radiolizi** deb nomlanadi.

Kimyoviy tarkibiga ko'ra, sut emizuvchilar, jumladan odam organizmi to'qima hujayralarining ~75% qismi suvdan tashkil topgan. 6 Gr nurlanish ta'sirida har 1 sm^3 biologik to'qima tarkibida 10^{15} dona suv molekulasi ionizatsiya ta'siriga uchraydi. Suv molekulasi ionlari beqaror xususiyatga ega

bo'lib, quyidagi reaksiya tenglamalari bo'yicha parchalanadi. Ionlashtiruvchi radiatsiya ta'sirida suv (H_2O) molekulasini kation–radikal (H_2O^+) va e^- xosil qilishi qayd qilinadi:



Xosil bo'lgan erkin radikallar tarkibida juftlashmagan elektron mavjudligi sababli, kuchli oksidlovchi ta'sirga ega hisoblanadi⁸⁸.

1.2. DNK – ionlashtiruvchi nurlanishning asosiy «nishon»laridan biri sifatida. Radiatsion nurlanish DNK makromolekulasiga bevosita va suv radiolizi jarayonida xosil bo'lgan OH^\cdot radikallar ta'sirida bilsovita ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Radiatsion nurlanish ta'sirida DNK zanjiri tarkibida uglevod–fosfat bog'lanishda uzilish yuzaga kelishi mumkin va oqibatda DNK zanjirining bir butunligi izdan chiqadi. Bunda DNK bitta zanjiri yoki har ikkala zanjiri tarkibida uzilish yuzaga kelishi mumkin, natijada irsiy axborotlarning translyatsiyalanishi, shuningdek replikasiya jarayoni jiddiy izdan chiqadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasi strukturasi dezoksiriboza qoldig'i va azot asoslari o'rtasida bog' uzilishi yuzaga kelishi natijasida quyidagi kimyoviy reaksiyalar yuzaga kelishi mumkinligi ham qayd qilinadi:

- Guanin **8–oksiguanin** shakligacha oksidlanadi;
- OH^\cdot radikali timinga ta'sir ko'rsatadi va **timinglikol** xosil qiladi;
- Azot asoslarida **dezaminatsiya** reaksiyasi yuz beradi;
- Azot asoslari **metillanish** reaksiyasiga uchraydi;
- Azot asoslari oksidlanadi.



Shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekularining qarama–qarshi uchlari o'rtasida yoki DNK molekulada yuzaga kelgan uzilish sohalari bilan bog' xosil bo'lishi ehtimolligi darajasi ortadi, o'z navbatida bu jarayon xromosoma strukturasi o'zgarishlar yuzaga kelishiga (**abberatsiya**) olib keladi.

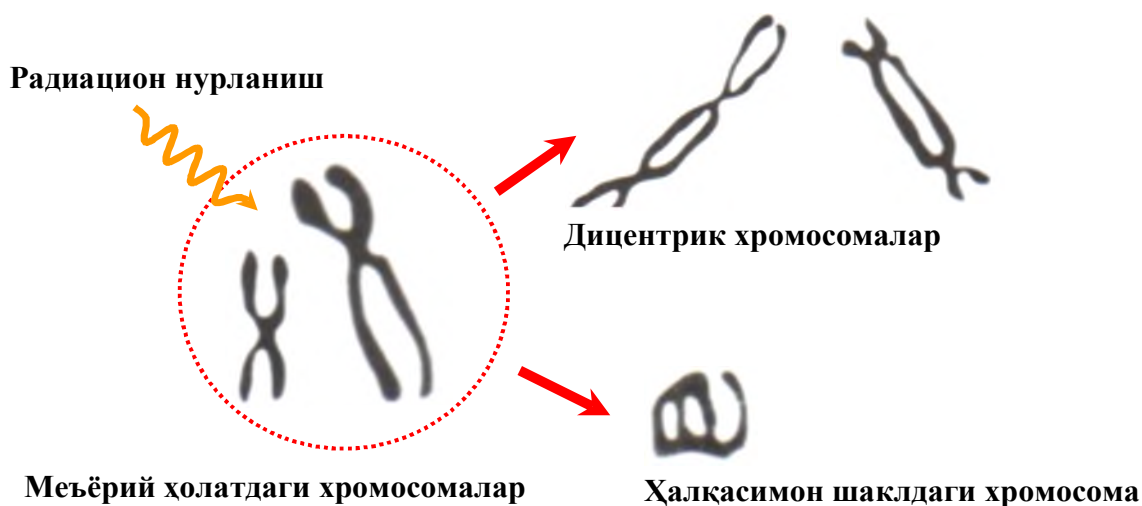
Radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulalari va oqsil molekulari o'rtasida konformatsion bog'lanish yuzaga kelishi ham mumkin. DNK tarkibida azot asoslarning noto'g'ri reparatsiyasi natijasida juftlashmagan asoslar xosil bo'lishi hodisasi (**mismatch**) yuzaga keladi. Xosil bo'luvchi timin dimerlari ta'sirida DNK replikasiyasi va transkripsiyasi mexanizmi izdan chiqadi.

Yuqorida keltirilgan umumiy ko'rinishda, DNK makromolekulasiga radiatsion nurlanish ta'sir qilishi natijasida hujayralarning bo'linish tsikli izdan chiqadi, DNK reparatsiyasi mexanizmi keskin o'zgarishlar yuz beradi.

Shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida uzilishlar va reparatsiya mexanizmi izdan chiqishi oqibatida xromosoma va xromatida darajasida abberatsiya rivojlanishi

⁸⁸ Radiation biology: A handbook for teachers and students // International Atomic energy Agency. – Vienna, 2010. [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.iaea.org/books> Дата обращения: 18.12.2015 г.

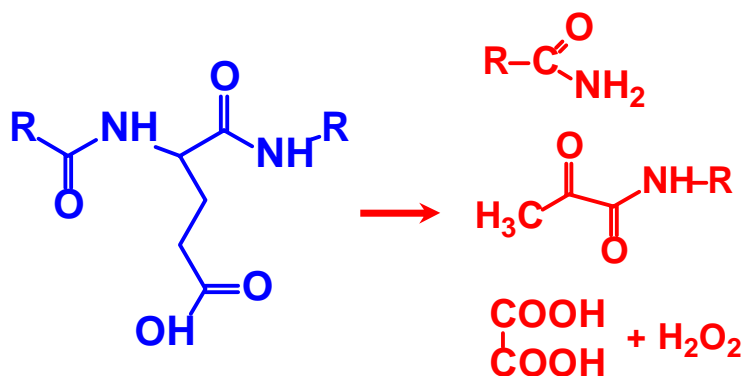
kuzatiladi. Odatda, hujayra bo'linishi tsiklining *S*-bosqichida radiatsion nurlanish ta'sirida **xromosoma abberatsiyasi** yuzaga keladi va natijada **ditsentrik xromosoma** shakllanishi va retsiprok translokatsiya jarayoni yuz beradi. DNK replikatsiyasi jarayoni tugallanishdan keyin, radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatgan holatda esa – **xromatid abberatsiyasi** shakllanadi va oqibatda halqasimon xromosoma, atsentrik fragmentlar shakllanishi qayd qilinadi.



Shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida hujayralarda DNK makromolekulasi strukturasi va funktsiyasi izdan chiqishi natijasida, hujayraning me'yoriy holatda mavjudligi havf ostida qolishi asosida, o'z-o'zini yo'q qilish dasturi hisoblangan – **apoptoz** va **nekroz** ishga tushadi.

1.3. Radiatsion nurlanishning oqsil makromolekulalariga ta'siri. Radiatsion nurlanish ta'sirida oqsil makromolekulasi strukturasi triptofan va tsistein aminokislota qoldiqlari **triptofan** va **tsistein radikallari** xosil bo'lishi qayd qilingan. O'z navbatida, xosil bo'lgan radikallar ta'sirida oqsil makromolekulasi strukturasi *S* - *S* bog'lar uziladi va konformatsion o'zgarishlar oqibatida fiziologik jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lgan fermentlar faol markazlari funktsiyasi izdan chiqadi.

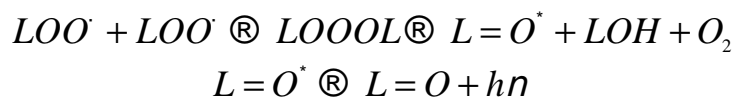
Shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida oqsil makromolekulalari o'rtasida kovalent bog'lanishlar yuzaga kelishi qayd qilinadi. Tadqiqotlarda ionlashtiruvchi nurlanishning bevosita va bilvosita ta'siri natijasida oqsil makromolekulasida peptid bog'lar uzilishi tasdiqlangan, oqsil makromolekulasi yon zanjirlarida joylashgan prolin aminokislota qoldig'i oksidlanishi yuzaga kelishi qayd qilinadi. Shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida yon zanjirlarda joylashgan glutamil va aspartil qoldiqlari oksidlanadi:



1.4. Lipidlarning radiatsion zararlanishi. Radiatsion nurlanish ta'sirida to'yinmagan moy kislotalari oksidlanishi natijasida lipid peroksidi, epoksid, aldegid, keton va xinon radiotoksinlar xosil bo'ladi.

Radiatsion nurlanish biologik membranalar tarkibida fosfolipid molekulalariga bevosita va shuningdek, suv radiolizi natijasida xosil bo'lgan erkin radikallar orqali buzuvchi ta'sir ko'rsatadi.

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida xosil bo'luvchi OH^\cdot radikali biologik membrana tarkibida lipid molekulalarida zanjir tavsifidagi reaksiya asosida, peroksidli oksidlanishi jarayonini boshlab beradi. Bu reaksiyalar zanjiri natijasida membrananing fosfolipid strukturasi tarkibida $LOOH$ tipidagi gidroperoksid xosil bo'ladi. Muhit tarkibida Fe mavjud sharoitda lipidlarning peroksidli oksidlanish reaksiyasi davom etadi:



Erkin radikallar ta'sirida lipid molekulasida xosil bo'luvchi gidrofil tavsifga ega peroksid guruhlari molekulaning konformatsion o'zgarishiga olib keladi va o'z navbatida, biologik membranada fosfolipid qo'sh qavatining gidrofob xossasi izdan chiqadi. Shuningdek, radiatsion nurlanishning lipidlarga ta'siri natijasida xosil bo'luvchi radikallar biomembranada Na^Q, K^Q –ATFaza kabi ferment tizimlari funktsiyasi buzilishi qayd qilinadi⁸⁹.

*Insoniyat, atom havfi, vahimasi bilan nafas olayotgan Insoniyat!
Aqli ulug' Insoniyat! Parokanda bo'lib yashashga, tuturuqsiz,
omonat hayot kechirishga haqqing yo'q sening...*

Azim Suyun⁹⁰

2. Atom qurolining odam organizmiga radiatsion havfi. 1932–yilda Ernest Uolton va Jon Kokroyt tomonidan dastlabki yadro reaksiyasi amalga oshirilgan. 1934–yilda Iren Kyuri va Frederik Jolio–Kyuri tomonidan su'niy radioaktivlik hodisasi kashf qilinishi asosida, 1934–yilda Leo Silard (Angliya) tomonidan atom bombasining funktsional reaksiya mexanizmi tavsiflab berilgan. 1938–yilda Otto Gan, Frits Shtrassman va Liza Meytner tomonidan $^{235}_{92}U$ radioaktiv izotopining parchalanish mexanizmi o'rganilgan. 1939–yilda Frederik Jolio–Kyuri tomonidan $^{235}_{92}U$ radioaktiv izotopi asosida atom bombasini ishlab chiqish mexanizmi tavsiflab berilgan. 1940–yilda G.N.Flyorov va K.A.Petrjak tomonidan $^{235}_{92}U$ radioaktiv izotopining o'z–o'zidan parchalanish jarayoni mexanizmi aniqlangan. AQShda 17.09.1943–yilda AQShda birinchi atom bombasini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish bo'yicha – «*Manxetten loyihasi*» (*Manhattan Engineer District*) boshlanadi, unga ilmiy rahbari sifatida R.Oppengeymer tayinlanadi.



J. R. Oppenheimer

Julius Robert OPPENHEIMER (AQSh: 22.04.1904–18.02.1967) – nazariy va yadro fizikasi yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan, «*father of the atomic bomb*» laqabi bilan tanilgan R.Oppengeymer umrining so'nggi damlarida o'z kashfiyotining butun insoniyatga havf tug'dirishini tushinib etgan va og'ir ruhiy depressiya holatida hayot kechirgan, kashandalikka ruju qo'ygan, 15.02.1967–yilda halqum saratoni kasalligi oqibatida olamdan o'tgan⁹¹.

«I am become Death, the shatterer of Worlds...»

J. Robert Oppenheimer

⁸⁹ Е.М.Вечканов, В.В.Внуков. Основы радиационной биофизики // Учебное пособие. – Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». – Ростов–на–Дону, 2009.

⁹⁰ Суюн Азим. Эй дўст: насрий ва шеърий қайирмалар // – Тошкент, «Шарқ» нашриёти, 2014 й. – 408 б.

⁹¹ Оппенгеймер, Роберт // [Электрон ресурс]. Режим доступа: Дата обращения: 29.10.2015 г.

16.07.1945–yilda Alamogordo tog'i (Nyu–Meksika shtati) hududida joylashgan yadro sinovlari poligonida yarim emirilish davri – $8,26 \times 10^7$ yilni tashkil qiluvchi – $^{244}_{94}\text{Pu}$ radioaktiv izotopi asosida ishlab chiqilgan, «Gadget» yadro qurilmasi konstruksiyasiga ega bo'lgan atom bombasi (Trinity) sinovdan o'tkazilgan⁹². 1945–yilda $^{235}_{92}\text{U}$ radioaktiv izotopi asosida «Little Boy» atom bombasi ishlab chiqiladi va 06.08.1945–yilda Xirosima (Yaponiya) shahrida sinovdan o'tkaziladi. Sobiq Ittifoqda bu yo'nalishdagi ilmiy tadqiqotlar 1920– yillardan boshlangan bo'lib, akademik V.G.Xlopin, G.A.Gamov, I.V.Kurchatov, L.V.Mo'sovski, F.F.Lange (1940–yilda Sobiq Ittifoqda dastlabki atom bombasini ishlab chiqqan), N.N.Semyonov kabi olimlar ish olib borishgan. 25.11.1938–yilda maxsus guruh (S.I.Vavilov, A.Iofe, A.Alixanov, I.Kurchatov va boshq.) tashkil qilingan va 1940–yilda N.Semyonov, Ya.Zeldovich, Yu.Xariton tomonidan uran izotopining yadro reaksiyasi mexanizmi o'rganilgan. 1949–yilda Sobiq Ittifoqda birinchi atom bombasi – RDS–1 («reaktivno'y dvigatel spetsialno'y») ishlab chiqiladi va 29.08.1949–yilda Semipalatinsk yadro poligonida (Qozog'iston resp.) sinovdan o'tkazilgan⁹³. Shunday qilib, Sobiq Ittifoq va AQSh hukumatlari o'rtasida ommaviy qirg'in quroli bilan qurollanish bo'yicha «kim o'zar poygasi» boshlanadi. 01.11.1952–yilda AQSh «Ivy Mike» tipidagi termoyadro qurolini sinovdan o'tkazadi va bunga javoban, Sobiq Ittifoq 1953–yilda tashish qulaylashtirilgan termoyadro qurolini sinovdan o'tkazadi. 01.03.1954–yilda AQSh o'z sinovlari tarixida eng kuchli portlash hisoblangan (15 megatonna trotil ekvivalenti) – «Castle Bravo» yadro quroli sinovini amalga oshiradi. 30.10.1961–yilda Sobiq Ittifoq tomonidan, Yangi Zelandiya orolida A.Saxarov va V.Ginzburg ishlab chiqqan sxema asosida, akademik I.V.Kurchatov, A.D.Saxarov, V.B.Adamskiy, Yu.N.Babaev, Yu.N.Smirnov, Yu.A.Trutneev tomonidan yaratilgan, termoyadro quroli ishlab chiqilishi tarixida eng kuchli portlash hisoblangan AN–602 termoyadro quroli – «Tsar–bomba» (~58 megatonna trotil ekvivalentiga teng portlash quvvatiga ega) sinovdan o'tkazilgan. Portlash natijasida xosil bo'lgan «yadro zambrug'i» ~67 km balandlikka ko'tarilgan⁹⁴. Umumiy og'irligi 26500 kg, uzunligi 8 metr va diametr o'lchami 2 metrga teng bo'lgan ushbu bomba portlash vaqtida xosil bo'lgan «olovli shar» radiusi o'lchami ~4600 metrga teng hisoblangan. Bunda xosil bo'lgan yuqori harorat va yorug'lik nurlanishi portlash epitsentridan ~100 km uzoqlik masofasida odam organizmida III darajadagi kuyishni yuzaga keltirishi mumkinligi qayd qilingan^{95,96}.

Semipalatinsk (Qozog'iston respublikasi hududida joylashgan) yadro sinovlari poligoni 18500 km^2 maydonni egallovchi hududda 21.08.1947–yilda tashkil qilingan. Jumladan, Semipalatinsk yadro sinovlari poligonida 1949–1989 yillar davomida 616 ta, jumladan 86 ta atmosferada va 340 ta er ostida sinovlar amalga oshirilgan. Semipalatinsk yadro sinovlari poligoni 29.08.1991–yilda rasmiy yopilgan. Biroq, hozirgi vaqtda poligon hududida radiatsion fon 10000–20000 mikroRentgenG'soatni tashkil qilishi aniqlangan⁹⁷. Umumiy holatda Semipalatinsk yadro sinovlari poligonida amalga oshirilgan

⁹² Урановые и ядерные взрывы в кимберлитах... // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.jewellery.org.ua> Дата обращения: 10.10.2015 г.

⁹³ История ядерного оружия // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 29.10.2015 г.

⁹⁴ Сегодня в Манеж привезут царь–бомбу «Кузькина мать» // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://russian.rt.com...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁹⁵ Советская царь–бомба // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://ribalych.ru...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁹⁶ Место испытания «Царь–бомбы» // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://wikimapia.org...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁹⁷ Рожденным в Зоне посвящается... // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.livejournal.com...> Дата обращения: 31.12.2015 г.

portlashlar quvvati 50 megatonnani tashkil qiladi. Oqibatda, radioaktiv izotoplar hududda 304 km^2 maydonga tarqalgan, ushbu hudda istiqomat qiluvchi ~1700 000 dan ortiq aholi jiddiy radiatsion havf sharoitida yashashga majbur qilingan. Jumladan, ushbu ekologik fojea hududida istiqomat qiluvchi aholi orasida bolalar o'limi 5–10 martaga ortgan, yuz sohasi, til, ko'z, quloq sohasi o'sma kasalliklari rivojlangan, bolalarning turli xil nuqsonlar bilan tug'ilishi darajasi keskin ortishi, shuningdek Qaynar qishlog'i hududida «*Qaynar sindromi*» deb nomlanuvchi – odam organizmining muddatidan oldin qarib qolishi kasalligi keng miqyosida tarqalishi qayd qilingan^{98,99}.

Semipalatinsk yadro sinovlari poligoni jarblanuvchisi – Berik ismli yigit 27 yoshda bo'lib, hozirgi vaqtda (2014–yil) hayriya tashkilotlari tomonidan yig'ilgan mablag' asosida, Italiya va Shveysariyada davolanishga hozirlanmoqda...

«...Men ilm–fanni sevaman, chunki u insoniyat baxt–saodati uchun ko'p narsa bera oladi. Aynan shu sababli, ilm–fan taraqqiyoti insoniyatni atom va vodorod bombasidan halokatga uchrashiga olib kelishi haqidagi fikrlar barham topishi va ilm–fanning butun dunyoga qimmatli tuhfalar qilishini istayman...»

Frederik Jolio–Kyuri

Atom quroli 5 ta zararlovchi omillarga ega hisoblanadi¹⁰⁰:

1. *Zarba to'lqini* – portlash zonasida havo muhitning keskin siqilishi va tovush tezligida tarqalishi bilan bog'liq hisoblanadi.

2. *Yorug'lik nurlanishi* – portlash sohasida harorat yuqoriligi ta'sirida xosil bo'luvchi, ko'rinuvchi, infraqizil va ultrabinafsha nurlanish spektrlari umumiylikidan tashkil topgan bo'lib, biologik organizmlarga kuydiruvchi ta'sir ko'rsatadi.

3. *Singuvchi radiatsiya* – neytronlar va γ -nurlanish oqimidan tashkil topgan.

4. *Elektromagnit impuls* – neytronlar va γ -nurlanish oqimining muhit molekulalari va atomlari bilan ta'sirida yuzaga keluvchi qisqa davriylikka ega bo'lgan, elektr va magnit maydon hisoblanadi va deyarli barcha turdagi elektromagnit qurilmalarni ishdan chiqaradi.

5. *Radioaktiv zararlanish* – yadro buluti ta'sirida atrof–muhitning radiatsion ifloslanishi hisoblanadi.

Yadro quroli portlashi davomida xosil bo'luvchi *zarba to'lqini* yuqori tezlikda havo oqimi bo'ylab tarqalishi qayd qilinadi. Bunda odam organizmiga ~40–60 kPa bosimdagi zarba to'lqini ta'sirida o'rtacha darajadagi jarohatlanish yuzaga kelishi qayd qilinadi. Agar, odam organizmiga ~60–100 kPa zarba to'lqini ta'siri sharoitida og'ir darajadagi jarohatlanish kelib chiqadi. Shuningdek, ~100 kPa dan yuqori qiymatdagi zarba to'lqini ta'sir ko'rsatgan sharoitda esa – odam organizmida chegaraviy darajada og'ir jarohatlanish yuz berishi qayd qilinadi.

Yadro quroli portlashi davomida yuzaga keluvchi yorug'lik nurlanishi ta'sirida biologik ob'ektda yuz beruvchi zararlanish darajasi yorug'lik impulsi qiymati, ya'ni *yorug'lik nurlanishi yuzaga kelgan lahzada yorug'lik oqimiga perpendikulyar holatda joylashgan 1 sm^2 yuza maydoniga to'g'ri keluvchi yorug'lik nurning energiyasi* bilan ifodalanadi. Yorug'lik nurlanishi ta'sirida odam organizmida quyidagi turdagi jarohatlanishlar kelib chiqishi qayd qilinadi:

I darajali kuyish – yorug'lik impulsi qiymati 100–200 kJg'm² qiymatda ta'sir ko'rsatgan holatda odam organizmi terisida qizarish, haroratning ko'tarilishi va og'riq his qilinishi yuzaga keladi;

⁹⁸ Последствия ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://poligon.org.kz>... Дата обращения: 31.12.2015 г.

⁹⁹ Семипалатинский полигон – ядерная трагедия Казахстана // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.tarih-begalinka.kz>... Дата обращения: 31.12.2015 г.

¹⁰⁰ Ядерная угроза. Основы выживания и поведения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru> Дата обращения: 18.12.2015 г.

II darajali kuyish – yorug'lik impulsi qiymati 200–400 $kJG'm^2$ qiymatda ta'sir ko'rsatgan holatda odam organizmi terisida suv yig'iluvchi pufakcha–shishlar xosil bo'lishi, haroratning sezilarli darajada ko'tarilishi va kuchli og'riq his qilinishi yuzaga keladi;

III darajali kuyish – yorug'lik impulsi qiymati 400–600 $kJG'm^2$ qiymatda ta'sir ko'rsatgan holatda odam organizmi terisida yara xosil bo'lishi, teri to'qimasining nobud bo'lishi, haroratning yuqori qiymatda ko'tarilishi va kuchli og'riq his qilinishi yuzaga keladi.

Yadro quroli portlashi davomida yuzaga keluvchi yorug'lik nurlanishi ta'sirida odam organizmi teri sohasida suvli pufakcha–shish xosil bo'lishi (A), oyoq sohasi (B) va tananing (V) kuchli darajada kuyish holati¹⁰¹.

Shuningdek, yadro quroli portlashi davomida yuzaga keluvchi yorug'lik nurlanishi ta'sirida katarakta yuzaga kelishi qayd qilinadi.

06.06.1945–yilda AQSh tomonidan Xirosima shahriga (Yaponiya) tashlangan atom bombasi portlash epitsentriga yaqin joylashgan hududda yorug'lik va issiqlik shu darajada yuqori bo'lganki ($\sim 4000^\circ S$), barcha biologik organizmlar bir zumda bug'lanib ketgan. Ushbu portlashdan keyin, sanoqli sekundlar davomida ~ 75000 kishi o'linga olib keluvchi darajada kuyish va jarohatlanish ta'siriga uchragan bo'lib, ularning $\sim 65\%$ dan ko'prog'ini 9 yoshdan kichik bolalar tashkil qilishi qayd qilingan...

Esdan chiqarmaslik kerakki, yadro qurolini saqlash, tashish, sinovlardan o'tkazish va hakoza holatlarda yo'l qo'yiluvchi texnik va boshqa tavsifga ega xatolar ham keng ko'lamdagi radiatsion halokatlarni keltirib chiqarishi ehtimolligi favqulotda darajada yuqori hisoblanadi!

Nazorat uchun savollar!

1. Radiatsion nurlanishning nisbiy biologik ta'sir effekti nima?
2. Biologik organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini tushuntirib bering.
3. Chegaraviy darajada sezgirlikka ega organlar nima?
4. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirligini baholash usullari qanday?
5. «Radiatsion gormezis» nima?
6. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri qanday ifodalanadi?
7. Nurlanish kasalligi qanday tasniflanadi?
8. Radiatsion sindromlarni tushuntirib bering.
9. Radiatsion nurlanishning genetik ta'siri qanday ifodalanadi?
10. Radiobiofizikaning asosiy paradoksi nima?
11. Suv radiolizi qanday hodisa?
12. Ionlashtiruvchi nurlanishning DNK makromolekulasiga ta'sirini tushuntirib bering.
13. Radiatsion nurlanishning oqsil makromolekulalariga ta'sirini tavsiflang.
14. Lipidlarning radiatsion zararlanishi qanday ifodalanadi?

3. Radioaktivlik hodisasi. Radioaktivlik – (lotin tilida *radio* – nurlantirish, *radius* – nur va *activus* – joriy ta'sir qiluvchi, faol so'zlaridan olingan) yoki **radioaktiv parchalanish** – bu kimyoviy element atomi yadrosining o'z–o'zidan (*spontan*) parchalanishi va boshqa kimyoviy element yadrosiga aylanishi hodisasi hisoblanadi. Bunda bitta yoki bir nechta zarrachalar (elektron, neytrino, α –zarracha, foton) ajralib chiqishi qayd qilinadi. 1896–yilda **Anri Bekkerel** (1852–1908) tomonidan uran ($^{238}_{92}U$) elementining radioaktiv nurlanish xossasi aniqlangan. 01.03.1896–yil radioaktivlikning kashf qilinishi sanasi sifatida qabul qilingan.

Antuan Anri BEKKEREL (Frantsiya: Becquerel Antoine Henri 15.12.1852–25.08.1908) – fizik, Parij milliy tabiatshunoslik–tarix muzeyi professori (1882), Politehnika maktabi professori (1895), optika va radioaktivlik mexanizmini o'rgangan, 1896–yilda uran ($^{238}_{92}U$) elementining

¹⁰¹ А.Д.Доника. Основы радиобиологии. Учебно–методическое пособие // (Министерство здравоохранения и социального развития. Волгоградский государственный медицинский университет. Кафедра Мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф). – Волгоград, 2010. – 177 с.

radioaktivlik xossasini aniqlagan va 1903–yilda **Per Kyuri** va **Mariya Sklodovskaya–Kyuri** bilan birgalikda, Nobel mukofoti bilan taqdirlangan¹⁰².

1896–yilda **A.Bekkerel** lyuminesentsiya jarayoni mexanizmini o'rganish bilan shug'ullanish davomida laboratoriyada tasodifiy holatda, uran elementidan yasalgan xochsimon shakldagi materialni fotoplastinka ustida qoldiradi va kutilmaganda, fotoplastinkaga xochsimon shaklning tasviri tushib qolganligini kuzatadi. A.Bekkerel bu hodisasi haqida **Mariya Kyuri–Sklodovskaya** va **Per Kyuriga** so'zlab beradi va ulardan olingan probirkaga solingan radioaktiv preparatni o'rganish uchun nimchasi cho'ntagiga solib qo'yadi, ertasiga esa – nimchasi cho'ntak sohasiga yaqin joyda tana terisida probirka shaklidagi qizg'ish dog' xosil bo'lganligini kuzatadi. Bu haqda A.Bekkerel Mariya Kyuri–Sklodovskayaga habar beradi va Mariya Kyuri–Sklodovskaya bu hodisani tekshirib ko'rish uchun radioaktiv preparat solingan probirkani o'zining tanasi elka sohasiga bog'lab qo'yadi, bir necha kundan keyin teri sohasida qizg'ish dog' xosil bo'ladi, keyin esa – og'ir yara xosil bo'lishi natijasida u bir necha oy azob chekadi. Ushbu ko'rinishda, radioaktiv nurlanishning odam organizmiga biologik ta'siri haqidagi dastlabki tajriba amalga oshirilgan. Qayd qilib o'tish kerakki, yuqorida ta'kidlanganidek er–xotin Kyurilar ikkalasi ham nurlanish kasalligi oqibatida olamdan o'tgan. Shuningdek, radioaktivlik hodisasi mexanizmini o'rgangan – **G.E.Albers–Shonberg, Iren Kyuri, Frederik Jolio–Kyuri** ham ionlashtiruvchi radiatsion nurlanish ta'sirida olamdan o'tishgan.

Halqaro o'lchov birliklari tizimida radioaktivlikning o'lchov birligi *Becquerel* – *Bq* yoki **Bekkerel** (*Bk*) hisoblanadi.

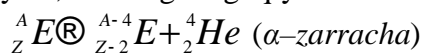
Bekkerel (*Bk*) – 1 *sekund* davomida 1 ta radioaktiv parchalanish yuzaga kelishini ifodalaydi:

$$A = 1 \text{ parchalanish} / 1 \text{ sekund}$$

Shuningdek, dozimetriya amaliyotida Halqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birliklaridan ham foydalaniladi. Jumladan:

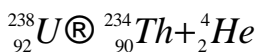
$$1 \text{ Kyuri (Curie – Ci)} \text{ q } 3,7 \times 10^{10} \text{ Bk}$$

3.1. α –Parchalanish. α –Parchalanish natijasida, radioaktiv kimyoviy element yadro zaryadi (Z) (D.I.Mendelev kimyoviy elementlar davriy jadvalida kimyoviy elementning tartib raqami) 2 birlikka kamayadi, atom og'irligi qiymati esa 4 birlikka kamayadi¹⁰³:



α –Zarracha – bu elektron qobiqsiz holatdagi geliy atomining yadrosi hisoblanadi (${}^4_2 He$).

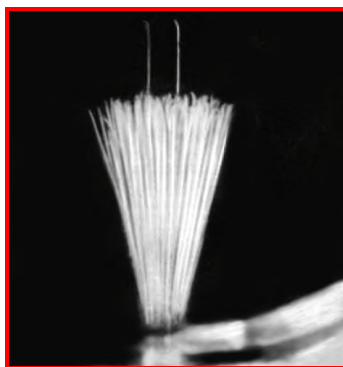
Masalan, ${}^{238}_{92} U$ radioaktiv izotopi α –parchalanish reaksiyasi natijasida atom yadro zaryadi qiymati 2 birlikka kamayadi va atom og'irlik qiymati 4 birlikka kamayadi, o'z navbatida toriy (${}^{234}_{90} Th$) izotopi va geliy atomi yadrosi (${}^4_2 He$) xosil bo'ladi¹⁰⁴:



¹⁰² Беккерель, Антуан Анри // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.krugosvet.ru> Дата обращения: 12.11.2015 г.

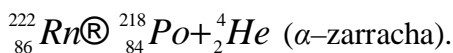
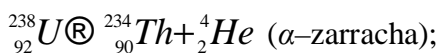
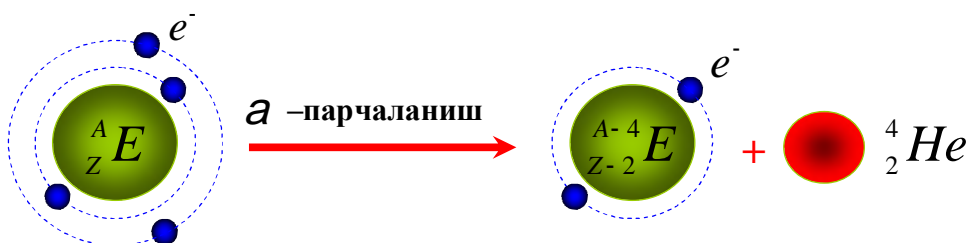
¹⁰³ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских ВУЗов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

¹⁰⁴ Дж.Коггл. Биологические эффекты радиации (пер. с англ.) // Москва. – Изд-во «Энергоатомиздат», 1986. – 184 с.



«Vilson kamerasi»da α -zarrachalarning harakatlanish traektoriyasining (*trek*) ko'rinishi.

Demak, α -parchalanish davomida α -zarracha yoki geliy atomi yadrosi (${}^4_2\text{He}$) xosil bo'ladi:

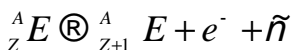
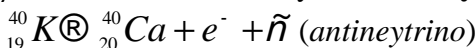


3.2. β -Parchalanish. β -Parchalanish hodisasi 1898-yilda **E.Rutherford** tomonidan aniqlangan.

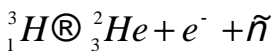
β -Parchalanish uchta tipda amalga oshadi^{105,106,107}:

I tip (elektronga oid parchalanish yoki β^- -parchalanish):

β^- -Parchalanish 1934-yilda **Iren Kyuri** va **Frederik Jolio-Kyuri** tomonidan aniqlangan:

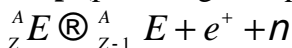


Bu erda: e^- – elektron; $\tilde{\nu}$ – antineytrino hisoblanadi:

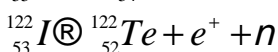
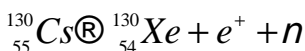
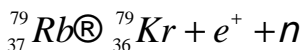


β^- -Parchalanish natijasida, radioaktiv kimyoviy element yadro zaryadi (Z) o'zgarmaydi, atom og'irligi qiymati esa 1 birlikka ortadi:

II tip (pozitronga oid parchalanish yoki β^+ -parchalanish):



Bu erda: e^+ yoki p – pozitron; n – neytrino hisoblanadi:



¹⁰⁵ Э.А.Галицкий. Радиобиология // Курс лекций. – Гродно. – Изд-во ГрГУ, 2001. – 204 с.

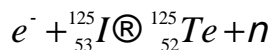
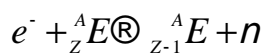
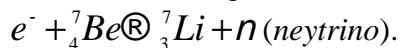
¹⁰⁶ А.Н.Сторажова и др. Радиационная медицина: Учебная пособие // Минск. – Изд-во МГМИ, 2000. – 154 с.

¹⁰⁷ Б.С.Ишханов. Радиоактивность: Учебное пособие // Москва. – Изд-во Университетская книга, 2011. – 378 с.: табл., ил.

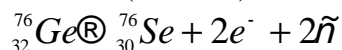
β^0 –Parchalanish natijasida, radioaktiv kimyoviy element yadro zaryadi (Z) o'zgarmaydi, atom og'irligi qiymati esa 1 birlikka kamayadi.

III tip (elektron bog'lab olish):

Elektron (e^-) bog'lab olish reaksiyasi 1938–yilda **L.Alvares** tomonidan aniqlangan:



Shuningdek, 1950–yilda **M.G.Ingram** va **J.H.Reynolds** tomonidan juft holatdagi β –parchalanish hodisasi aniqlangan. Ya'ni, radioaktiv izotop parchalanishi reaksiyasida bir vaqtning o'zida 2 ta e^- (elektron) va antineytrino xosil bo'lishi qayd qilingan.

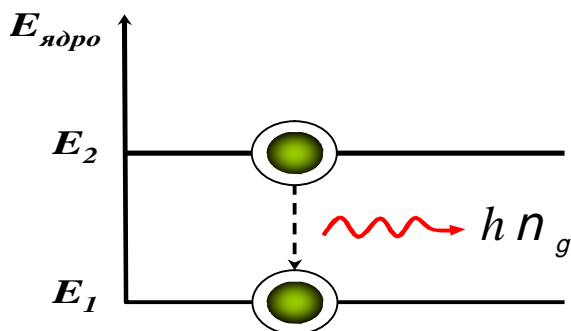


3.3. γ –Nurlanish. 1900–yilda **P.Villard** (*P.Villard*) tomonidan uran (${}^{238}_{92}\text{U}$) radioaktiv izotopining γ –nurlanish xosil qilishi aniqlangan.

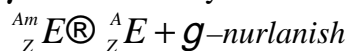
γ –Nurlanish natijasida kimyoviy element yadrosi qo'zg'algan holatdan (E_2) qo'zg'almagan holatga (E_1) o'tishi qayd qilinadi¹⁰⁸:

$$h\nu_g = E_2 - E_1$$

Bu jarayonda yuqori chastota va to'lqin uzunligi qisqa bo'lgan elektromagnit nurlanish γ –*kvanti* deb nomlanadi.

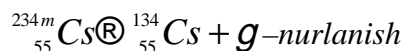


γ –Nurlanish – yadro ichida amalga oshuvchi, gamma–nurlanish spektri hisoblanadi:



Bu erda: m indeks – yadroning oraliq holatdagi barqarorlikka egaligini ifodalaydi.

Odatda, γ –nurlanish spektri ${}^{81m}\text{Rb}$, ${}^{134m}\text{Cs}$, ${}^{113m}\text{In}$, ${}^{90m}\text{Y}$ izotoplarida qayd qilinadi:



3.4. Tabiiy radioaktivlik. Tabiiy radioaktivlik – bu elektromagnit nurlanish kvanti tarqatishi asosida, radioaktiv kimyoviy elementlar yadrosining boshqa element yadrosiga aylanish hodisasi hisoblanib, yuqorida qayd qilinganidek, 1896–yilda Frantsiyalik fizik **A.Bekkerel** (1852–1908) tomonidan aniqlangan. Tabiiy radioaktivlik – tabiatda uchrovchi kimyoviy elementlarning o'z-o'zidan (*spontan*) radioaktiv parchalanishi natijasida yuzaga keladi.

3.5. Su'niy radioaktivlik. Su'niy radioaktivlik – tegishli yadro reaksiyalarini amalga oshirish natijasida yuzaga keltiriladi.

¹⁰⁸ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

Birinchi marta 1934–yilda Iren Kyuri va Frederik Jolio–Kyuri tomonidan su’niy usulda radioaktiv izotoplar xosil qilingan:



Iren Jolio–KYURI

Frederik Jolio–KYURI

«*Tajriba nazariyadan qanchalik uzoqlashsa, demak Nobel mukofotiga shunchalik yaqinlashiladi...*»

Frederik Jolio–KYURI

Iren Jolio–KYURI (Frantsiya: *Irène Joliot–Curie*; 12.09.1897–17.03.1956) – fan doktori (1925), 1935–yilda turmush o’rtog’i – Frederik Jolio–KYURI bilan birgalikda su’niy radioaktivlikni kashf qilganligi uchun Nobel mukofoti bilan taqdirlangan, 1946–yildan boshlab, Radiy instituti direktori lavozimida faoliyat olib borgan, shuningdek 1946–1950 yillarda Frantsiya Atom energiyasi komissariatida ishlagan, 1940–yilda Kolumbiya universiteti ma’muriyati tomonidan ilm–fan taraqqiyotiga qo’shgan hissasi uchun «*Bernard oltin medali*» bilan taqdirlangan¹⁰⁹.

Frederik Jolio–KYURI (Frantsiya: *Jean Frédéric Joliot–Curie*; 19.03.1900–14.08.1958) – professor, fizik, kimyogar, radiobiolog olim, 1932–yilda «*Matteuchchi medali*», 1940–yilda «*Bernard oltin medali*» bilan taqdirlangan. 1961–yilda Halqaro astronomiya ittifoqi tomonidan Oy kraterlaridan birini *Frederik Jolio–Kyuri* nomi bilan atash qabul qilingan¹¹⁰.

So’zsiz ravishda radiatsion kimyo sohasida Kyurilar oilasi alohida «*rekordchi*» hisoblanadi, 1935–yilda Iren Kyuri va uning turmush o’rtog’i – Frederik Jolio–Kyuri su’niy radioaktivlik sohasida amalga oshirgan ilmiy tadqiqotlari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo’lishgan, ya’ni Kyurilar oilasi umumiy holatda – 5 ta Nobel mukofoti bilan taqdirlangan!

3.6. Radioaktiv parchalanish qonuni. *Radioaktiv parchalanish qonuni: Radioaktiv kimyoviy element yadro soni vaqt davomida boshlang’ich vaqt lahzasiga nisbatan eksponentsial qonuniyat asosida kamayib boradi:*

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

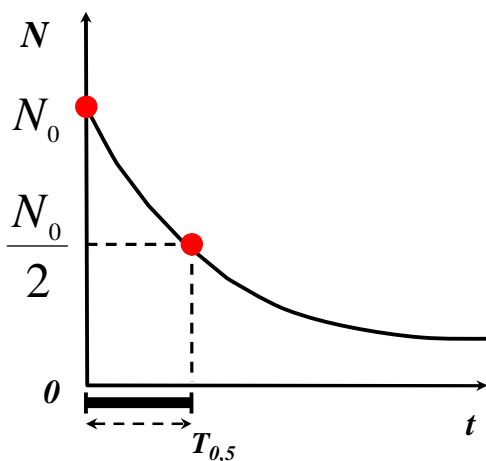
Bu erda: $N(t)$ – radioaktiv kimyoviy elementning t vaqt lahzasida parchalanmagan holatdagi yadro soni;

N_0 – kimyoviy element yadrosining boshlang’ich soni;

λ – parchalanish doimiysi hisoblanadi.

¹⁰⁹ Жолио–Кюри, Ирен // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.physchem.chimfak.rsu.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹¹⁰ Фредерик Жолио–Кюри // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.



Radioaktiv parchalanish qonuni. Bu erda: N – vaqt lahzasida (t) parchalanmagan yadro son qiymati; N_0 – yadrolarning boshlang'ich son qiymati; $\frac{N_0}{2}$ – yarim parchalanish davrini ifodalaydi.

Radioaktiv parchalanish qonuni quyidagi differentsial tenglamani echish yo'li bilan matematik usulda keltirib chiqarilishi mumkin:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

Ushbu tenglamaning chap tomoni parchalanmagan yadro sonini o'zgarish tezligini ifodalaydi, o'zgaruvchi qiymatlarni taqsimlash asosida, quyidagi tenglikni xosil qilamiz:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

Tenglamaning har ikkala tomonini integrallash yo'li bilan, shuningdek kimyoviy elementning parchalanmagan yadro soni boshlang'ich lahzada $N(t=0) = N_0$ qiymatga tengligi asosida, yuqorida keltirilgan $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ tenglik kelib chiqadi.

Agar, parchalanmagan yadrolarning umumiy son miqdori e ($e \gg 2,71$) qiymatga teng bo'lgan vaqt lahzasi (t) aniq bo'lsa, u holda **parchalanish doimiysi** (λ) qiymati $t = \frac{1}{\lambda}$ ga teng hisoblanadi.

Parchalanish doimiysi (λ) va **yarim parchalanish davri** ($T_{0,5}$) o'rtasidagi bog'liqlikni quyidagi tenglama asosida hisoblash topish mumkin:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda T_{0,5}}$$

Bu tenglamaning har ikkala tomonini logarifmlash asosida, quyidagi tenglama xosil qilinadi:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{0,5}}$$

Parchalanmagan yadrolar son miqdori mutloq qiymatda olingan holatida – **radioaktiv preparatning faolligi** (A) deb nomlanadi. Radioaktiv faollik o'lchov birligi **Bekkerel** (Bk) bilan ifodalanadi (1 Bk 1 *sekund* vaqt davomida 1 parchalanish amalga oshishiga teng hisoblanadi). Shuningdek, radioaktiv ayrim adabiyotlarda radioaktiv faollik **Kyuri** birligida o'lchanadi (1 *Kyuru* $\gg 3,7 \times 10^{10} Bk$).

Radioaktiv preparatning faolligi qiymati vaqt davomida kamayib boradi. Vaqt davomida parchalanmagan yadro soni xosilasini topish orqali, radioaktiv faollikning vaqtga bog'liqlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda \times N_0 \times e^{-\lambda t} = A_0 \times e^{-\lambda t} = \lambda N$$

Bu erda: A_0 – radioaktiv preparatning boshlang'ich vaqt lahzasidagi faollik qiymatini ifodalaydi:
 $A_0 = I N_0$.

Ayrim radioaktiv kimyoviy elementlarning yarim parchalanish davri:

| Радиоактив элемент изотопи | Ярим емирилиш (парчаланish) даври (йил) |
|----------------------------|--|
| $^{226}_{88}\text{Ra}$ | 1590 |
| $^{235}_{92}\text{U}$ | 713 |
| $^{132}_{55}\text{Cs}$ | 137 |



Boris Sarkisovich IShXANOV (Boku sh.: 22.10.1938) – fizika–matematik fanlari doktori, Moskva davlat universiteti Fizika fakulteti Umumiy yadro fizikasi kafedrasida mudiri lavozimida faoliyat ko'rsatadi (2015), γ –nurlanishning kimyoviy element atomi bilan ta'sirlashish mexanizmlarini o'rganish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib boradi, 200 dan ortiq ilmiy ishlar, bir nechta monografiya va darsliklar muallifi hisoblanadi¹¹¹.

3.7. Radiatsion nurlanishdan amaliyotda foydalanish. Biologik to'qimalarni turli xil tomondan rentgen nurlanishi yordamida tahlil qilish va uch o'lchamli tasvirini xosil qilish asosida, 1979–yilda A.Kormak va G.Xaunsfild tomonidan (Angliya) *rentgen kompyuter tomografiya* uslubi ishlab chiqilgan va ushbu kashfiyot uchun Nobel mukofoti taqdim etilgan.

HUJAYRANING NURLANISHIGA KO'RSATADIGAN REAKTSIYASI VA NUR SEZGIRLIGI.

Reja:

1. Hujayraning nurlanishga ko'rsatadigan o'tkinchi reaksiyasi, hujayra bo'linishining kechikishi, hujayra halokati va halokat turlari.
2. Hujayraning zaralanishidan keyingi tiklanishi. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirligini baholash.

Ionlantiruvchi nurlarning hujayraga ta'sir etish mexanizmini aniqlash radiobiologiyaning asosiy muammolaridan biridir. Bu muammoning hal etilishi muhim nazariy ahamiyatga ega bo'lib, nur ta'siridan yuzaga keladigan hujayraviy zararlanishlar yoki shu xil zararlanishdan sog'ayishga olib keluvchi jarayonlarning tabiatini tushunishga imkon beradi. Har qanday murakkab biologik sistemaning nurdan zararlanishi asosida sistemadagi har xil hujayralarning nur ta'siriga ko'rsatadigan reaksiyalari yotadi.

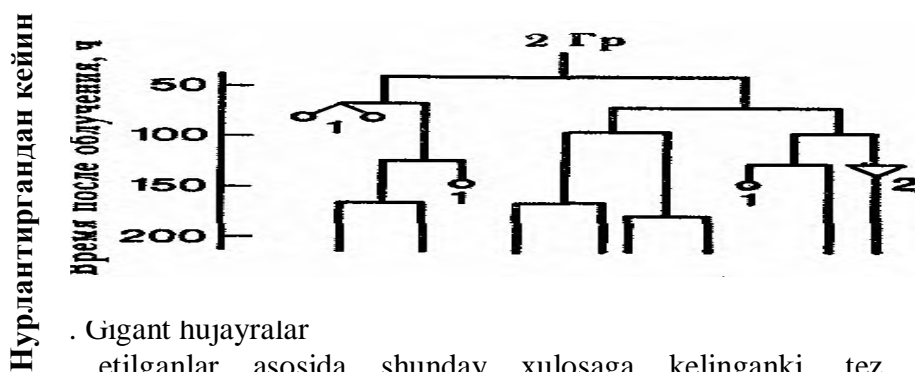
O'tgan davrda hujayraviy radiobiologik fenomenga doir katta miqdorda, keng qamrovli eksperimental ma'lumotlar to'plangan bo'lib, ular nurlantirilgan hujayralarning morfologik, morfo – funktsional va bioximiyaviy o'zgarishlari, nurdan zararlanish avj olishining kinetikasi, nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida sodir bo'ladigan halokatning miqdoriy tahliliga bag'ishlangan ilmiy ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

¹¹¹ Ишханов, Борис Саркисович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

1. Hujayra tsiklining turli fazalarida nurga sezgirliги. Bo'linuvchi hujayralarning nur sezgirliги, hujayra tsikli davomida o'zgarib turadi. Hujayra tsikli presintetik (G_1), sintetik (S) yoki replikativ, post-replikativ (G_2) va mitoz (M) fazalaridan tashkil topadi. Fazalarning har biri, o'ziga xos metabolitik jarayonlar bilan xarakterlanadi. Eukariot hujayra presintetik fazada diploidli, post-sintetik fazada esa tetraploidli bo'ladi. Sintetik fazada, DNK molekulasining yangi nabori hosil bo'ladi. Postreplikativ fazaning oxiriga kelib, hujayrada bo'linish apparati shaklanadi. Hujayraning bo'linishi, fazalarning birida to'xtab qolishi ham mumkin. Ko'pincha, bunday hol G_1 fazada ro'y beradi va hujayraning tsikldan chiqishiga mos keladi. Mana shunday hujayralar G_0 hujayra nomi bilan yuritiladi.

Hujayralar populyatsiyasini, hujayra tsiklining har xil fazalarida nurlantirib, tsikl fazalariga xarakterli bo'lgan radiorezistentlikni aniqlash mumkin. G_1 fazaning ogiri va S- fazaning boshida hujayraning nur sezgirliги yuqori bo'ladi. Bunday paytda etkazilgan zarar, reparatsiyalanib ulgurmaydi va replikatsiya davomida, yangi hosil bo'lgan DNKda bo'sh joylar paydo bo'ladi.

1.1. Tez bo'linuvchi hujayralar. Agar nur dozasi katta bo'lmasa, nurlantirilgan tez bo'linuvchi hujayralarda ko'zga tashlanadigan dastlabgi reaksiya-mitoz fazasiga kirishishning kechikishidan iborat bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, interfaza paytida nurlantirilgan hujayra bo'linishni kechikib boshlaydi. Kechikishning namoyon bo'lish darajasi nurlantirilgan paytda hujayraning qaysi fazada turganligiga bog'liq bo'lib, effekt S va G_1 fazalarda yorqin namoyon bo'ladi. Nur dozasi qanchalik katta bo'lsa, kechikish shunchalik uzoq davom etadi. Ma'lum vaqtdan so'ng esa, hujayra bari-bir bo'linadi. Bo'linishda hosil bo'lgan hujayralarning kelajak taqdiri turlicha bo'lishi mumkin. Ularning ko'pchiligi metoz fazasini o'tib bo'linadi. Ammo, birinchi bo'linishdan so'ng halok bo'lgan hujayralar qayd etila boshlaydi, ikkinchi va uchinchi bo'linishlardan keyin, o'lgan hujayralarning soni ko'paya boradi. Bunday halokat **reproduktiv** halokat deb ataladi. Nurlantirilgan hujayralarning ba'zilari mitozga kiradiyu, ammo bo'lina olmaydi va yana yangidan bo'linishga tayyorlanadi va yana bo'lina olmaydi va shu tarzda hujayra kattalashib, gigant hujayraga aylanadi. Natijada, hujayra membranasining mustahkamliги kamayadi, modda almashinishini ta'minlovchi yuza maydoni bilan hujayra hajmi o'rtasidagi optimal nisbat buzilib, bunday gigant hujayra yorilib halok bo'ladi. (8- rasm)



hujayra . Gigant hujayralar
nurlantiruvchi etilganlar asosida shunday xulosaga kelinganki, tez bo'linuvchi hujayralar nurlantiruvchi so'ng interfazada ma'lum vaqt davomida o'z metabolitik faolligini saqlaydiyu, bo'linadiyu, ammo hayotni davom ettirishga qodir avlod qoldira olmaydi.

Nur dozasi juda katta bo'lganda, hujayralar shu zohatning o'zida haloq bo'ladi (nur tagidagi halokat). 200R.

1.2. Bo'linmaydigan va sekin bo'linadigan hujayralar. Yuksak differentsiyalangan hujayralar-nerv va muskul hujayralari va sekin bo'linuvchi hujayralar - jigar hujayralari, mayda limfotsitlar va yosh ootsitlarning nur ta'siridan sodir bo'ladigan halokati, bo'linishga bog'liq bo'lmay interfazada ro'y beradi va shuning uchun bunday halokati **interfaza halokati** deb atalgan. Bunday halokat bir qator o'zgarishlar tufayli sodir bo'ladi-yadro bo'kadi, g'ovaklashadi, yadrocha emiriladi, yadro, mitoxodriya va tsitoplazmatik membranalarni tanlab o'tkazuvchanlik xossasidan mahrum bo'ladi, yadroviy fosforlanish izdan chiqadi, nafas susayadi, yadroning dezoksiribonukleoproteid kompleksi emiriladi, tsitoplazmadagi proteolitik fermentlar faollashib ketadi.

Sekin bo'linuvchi hujayralar-mayda limfotsitlar va ootsitlar nurlantirilgandan keyin bir necha soatdan so'ng, bo'linmaydigan hujayralar - nerv, muskul hujayralari bir necha sutkadan so'ng halok bo'ladi. Doza juda katta bo'lganda halokat nur tagida sodir bo'ladi.

Reproduktiv halokat, taxminlarga ko'ra, DNK zararlanishining dastlabki oqibati sifatida ruyobga chiqadigan xromosomlar aberratsiyasining natijasidir. Ta'kidalanishicha, faqat ba'zi bir aberratsiyalargina halokatga olib keladi. Chunki, aniqlanganki nurlantirilgandan so'ng tirik qolgan hujayralar orasidan aberrant hujayralarni deyarli topib bo'lmaydi. Bunday hujayralar nurlantirilgandan so'ng, birinchi mitozdan keyin halok bo'ladi.

1.3. Xromosoma aberratsiyasi - hujayraning nurdan zararlanish mezon. Proliferatsiyalanish qobiliyatiga ega to'qimalarning nurdan zararlanishini baholashda ishlatiladigan miqdoriy metodlardan biri - bu xromosoma aberratsiyasiga uchragan hujayralar sonini aniqlash hisoblanadi.

Ma'lumki, nurlantirilgandan keyin tirik qolgan hujayralar soni bilan xromosoma aberratsiyasiga uchramagan hujayralar soni o'rtasida aniq korrelyatsiya mavjud.

Hozirgi zamon ma'lumotlariga ko'ra, hujayraning nur ta'siridan sodir bo'ladigan halokati asosida quyidagi hodisalar yotadi.

Nurlanish ta'siridan DNK molekulasida yakka va qo'shaloq uzilishlar paydo bo'ladi. Bunday uzilishlar natijasida informatsiya tarkibi va xromatinda o'zgarishlar sodir bo'ladi. Yakka uzilishda DNK molekulasi bo'linib ketmaydi, chunki uzilgan bo'laklar vodorod bog'lari vositasida o'z joyda ushlanib qoladi va osonlikcha qayta tiklanadi va hujayra halokatiga olib kelmaydi. Nur dozasining oshishi bilan qo'shaloq uzilishlarning paydo bo'lish ehtimolligi oshib boradi. Qo'shaloq uzilishlar ko'p hollarda xromosoma aberratsiyalari tarzda namoyon bo'ladi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, 100 rad doza ta'siridan odam hujayralarning har birida 100 gacha yakka va 10 qo'shaloq uzilishlar sodir bo'ladi.

Bulardan tashqari, azot asoslaridan-timin strukturasi buziladi va shu orqali gen mutatsiyalari soni ham oshadi. DNK bilan oqsil o'rtasida tikilishlar paydo bo'ladi.

Yadro membranasi bilan DNK o'rtasidagi aloqa uziladi. Yadrodan tsitoplazmaga informatsiya uzatish sistemasi ishdan chiqadi. Hujayra ichi membranalari faoliyatlarining boshqarilishida buzilishlar ro'y beradi. Umuman yadro - tsitoplazma aloqasida jiddiy chetlanishlar yuz beradi.

Hujayra metabolizmiga doir ko'plangan murakkab jarayonlar aynan membranada amalga oshadi. Membranalar biokimiyoviy jarayonlarda ishtirok etuvchi ferment guruhlarining fazoviy tashkillanishiga bog'liq reaksiyalashuvchi molekulalarning fazoviy ajralganligini ta'minlaydi. Shuning o'zidan membranalarning yuqori nur sezgirligi ayon bo'lib qoladi. Nurlanishning kam dozalarida, ba'zan, mitoxondriyalarning zararlanishi natijasida, hujayraviy energiya almashinishda susayishlar sodir bo'ladi. Membrananing zararlanishi hujayra ion balansining buzilishiga olib keladi va bu o'z navbatida metabolizm jarayonining borishida o'z aksini topadi.

Va nihoyat, epigenomli irsiyat tashuvchilardan bo'lmish, har xil tsitoplazmatik organoidlarning zararlanishi ham muhim ahamiyatga ega. Bunda nurlantirilgan hujayra avlodlarining funktsional faolligi pasayadi. Aynan mana shunday hol, nurlanishning uzoq vaqtdan so'ng ruyobga chiqadigan oqibatlariga sabab bo'lishi mumkin.

Hujayraning radiatsiyadan halok bo'lish sabablari tahlil qilinganda, birinchi navbatda, uning yadro va tsitoplazmadan iborat ikki asosiy tarkibi qismlarning tutgan o'rnini ko'zdan kechirish alohida ahamiyatga ega. Shu masalaga doir o'tkazilgan tadqiqotlar- ning asosiy ko'pchiligi, hujayraning nur ta'sirida sodir bo'ladigan halokatida, o'ta yuqori nur sezgirligiga ega yadroning hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Yuqorida bayon etilgan xromosomal aberratsiyaga ega hujayralar ulushi bilan letal (halokat) effekti o'rtasida mavjud korrelyatsiya nurdan zararlangan hujayrada yuz beradigan oqibatlarga, yadro materialining daxldor ekanligini isbotlaydi. Ammo bu dalilni yadroning yuksak nur sezgirlik oqibati deb, bir tomonlama talqin qilib bo'lmaydi. Chunki xromosomalarning zararlanishi, tsitoplazmada sodir bo'ladigan zararlanishlar orqali vositalangan bo'lishi ham mumkin. Demak, yadroning hujayra halokatidagi roli haqida yana ham aniq dalillar talab etiladi. Aynan mana shunday dalil Astaurov tadqiqotlarida qo'lga kiritildi.

B.L.Astaurov androgenez (erkaklik partenogenez) fenomidan foydalanib, (ya'ni, erkak jinsiy hujayraning urug'lanishsiz) organizm urchitishga muvaffaq bo'ldi. Buning uchun dastlab, ipak qurtining urug'lanish va tuxum qo'yishga tayyor urg'ochi kapalaklari 50000 rad doza(bunday doza urg'ochi osoblar va tug'ilmagan tuxumlar yadro apparati uchun halokatli doza) bilan nurlantirdi. Ammo bunday kapalaklar birdaniga halok bo'lmaydi. Ular nurlantirilmagan erkak kapalaklar bilan kopulyatsiyalanib, tuxum tug'adi. Ana shu tarzda tug'ilgan tuxumlar, (kopulyatsiyalanishdan so'ng, androgenezni rag'batlantirish maqsadida isitiladi) isitilgan tuxumlardan otalik belgilariga ega qurtlar, keyin esa, g'umbaklanish bosqichidan so'ng, o'zida otalik belgilarini to'la mujassamlantirgan erkak kapalaklar paydo bo'ladi.

Masalaning mohiyati quyidagicha talqin qilinadi. Odatda, urug'lanish paytida, ipak qurtining har bir tuxumiga bir nechta spermatozoidlar kirib, ulardan faqat bittasi tuxum hujayraning yadrosi bilan qo'shiladi. Tajribada tuxum hujayra yadrosi nurlantirish tufayli buzilganligi uchun, uning o'rnini tuxumga kirgan spermatozoidlardan birining yadrosi oladi va u boshqa spermatozoid yadrosi bilan qo'shib, normal diploid yadro kompleksi hosil qiladi. Demak, yadro faqat otalik xromosomalaridan tashkil topadi. Muhimi shundaki, nurlantirilgan va yadroga nisbatan juda katta hajmga ega onalik plazmasi, hosil bo'lgan avlod belgilariga hech qanday ta'sir ko'rsatmagan. Xulosa shundan iboratki, nurlantirilgan hujayraning halokatida yadro hal qiluvchi ahamiyatga ega.

1.4. Hujayraning subletal va potentsial letal zararlanishlari. Radiatsiya ta'siridan hujayrada yuzaga keladigan u yoki bu xil effektning namoyon bo'lishi, faqat doza miqdorigagina bog'liq bo'lib qolmay, nurlantirish sharoiti, jumladan, nurlantirish usuli, hujayralarning (nurlantirilguncha va nurlantirilgandan keyingi davrda) oziq moddalari bilan ta'minlanish darajasiga ham bog'liq bo'ladi.

Ionlantiruvchi nur dozasi fraktsiyalarga bo'lib berilganda, masalan, D_{50} , muayyan bir vaqt intervali bilan, ikkiga bo'lib ta'sir ettirilganda, shunday bir vaqt intervali (D_t) tanlab olinishi kerakki, uning davomida, nurning yig'indi ta'siridan tirik qolish 50% dan ko'p bo'lib chiqsin. Demak, doza fraktsiyalarga bo'lib ta'sir ettirish natijasida, nurning effektivligi kamayib ketadi. Bunda, dozaning birinchi yarmi ta'siridan kelib chiqqan zararlanishlar, test-reaktsiya shakllanmasdan oldin, dozaning qolgan yarmi keltirib chiqaradigan zararlanishlar bilan o'zaro ta'sirlashib ulgurishi shart.

Vaqt o'tishi bilan, dozaning birinchi yarmi keltirib chiqargan zararlanishlarning, ikkinchi fraktsiya keltirib chiqargan zararlanishlar bilan ta'sirlashish imkoni kamaya boradi. Ta'sirlashish yuz bermaganda, har bir reaktsiya chaqiradigan zararlanishlar test-reaktsiyaga olib kelishi mumkin. Shu yo'l bilan oshkor etiladigan zararlanishlar subletal zararlanishlar deb ataladi. Subletal zararlanishlar sonining vaqt o'tishi bilan kamayishi esa reparatsiyalanish natijasi hisoblanadi.

Subletal zararlanishlarning reparatsiyalanishiga doir mulohazalar nisbiy xarakterga ega. Nurlantirilgan hujayralar, ma'lum vaqt davomida, vodoprovod suvida tutilganda, trofik sharoitning buzilishi natijasida bo'linishdan to'xtagan, tirik qolish esa oshgan. Mazkur dalil, nurlantirish natijasida sodir bo'ladigan zararlanishlar, sharoitga bog'liq holda, test-reaktsiya shaklida ruyobga chiqishi yoki chiqmasligi mumkin, deb talqin etiladi. Mana shu zararlanishlar **potentsial zararlanish** deb ataladi. Och qoldiriladigan muhitda hujayralar yashovchanligining oshishi, potentsial zararlanishlarning reparatsiyasi bilan bog'liq.

Subletal va potentsial letal zararlanishlar va ularga bog'liq ravishda yuzaga keladigan radiobiologik effektning xarakteri hamda ularga daxldor molekulalarning radiatsion-kimyoviy buzilish tiplari bir xil emas.

1.5. Hujayraning nurdan zararlanishdan keyingi tiklanishi. Tirik hujayralar nur ta'siridan kelib chiqqan molekulyar zararlanishlarni tiklay olish qobiliyatiga ega bo'lganligi uchun, ularning hayotchanligi yanada oshadi. Hujayraning zararlanishlardan qutilish jarayoni hujayravii reparatsiya, DNK ning zararlanishdan xalos bo'lishi esa, DNK reparatsiyasi deb ataladi. Reparatsiyaning keyingi tipi muhim hayotiy ahamiyatga ega bo'lib, u tufayli DNK o'zining radiatsiyadan zararlangan strukturasini qayta tiklaydi.

Reparatsiya jarayoni reparatsiyalovchi sistemalar, deb ataladigan muxsus sistemalar tomonidan amalga oshiriladi. Ionlantiruvchi nurlar ta'siridan kelib chiqadigan zararlanishlarni to'g'rilovchi muxsus sistemalar, evolyutsiya davomida, hujayrani ionlantiruvchi nurlardan himoya qilish emas, balki hujayrada spontan ravishda sodir bo'ladigan zararlanishlarni bartaraf etish uchun shakllangan.

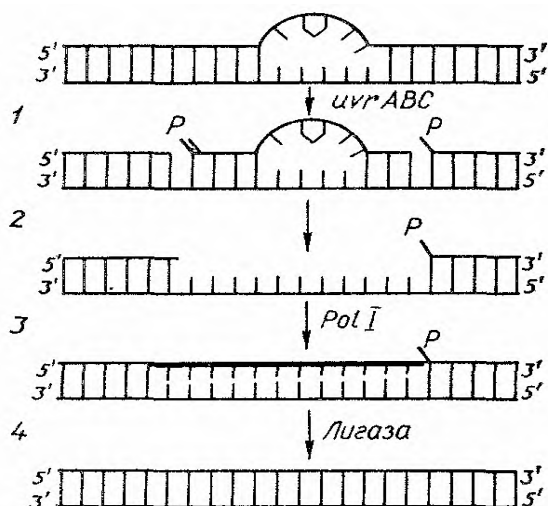
DNK reparatsiyasi ancha durust tekshirilgan bo'lsa, hujayra membranasining reparatsiyasi uncha yaxshi o'rganilmagan. Turli tarkibga ega strukturalar zararlanishining qayta tiklanishi uchun mahsus reparatsiya sistemalari talab etilmaydi.

Chunki, zararlangan strukturaga ega makromolekulani molekulyar bilib olish jarayonining buzilishi tufayli, zararlangan joy tegishli molekulyar - ust assotsiatsiyadan tushib qoladi va gidrolizlanadi. Uning o'rni metabolitik jarayonlarda de novo sintezlangan bo'laklar bilan to'ldiriladi.

DNK ultrabinafsha nurlar, ximiyaviy agentlar va kantserogen moddalar ta'sirida zararlanadi. Bu omillarning ta'sir mexanizmlari turlicha bo'lsada, ular tufayli, DNKda sodir bo'ladigan molekulyar o'zgarishlar o'zaro o'xshab ketadi. Agarda shu xil zararlanishlar hujayra reparatsion sistemasining substrati bo'lib xizmat qilsa, u holda har xil agentlar tomonidan DNK da yuzaga keladigan zararlanishlar o'xshash mexanizmlar tomonidan bartaraf etiladi. Reparatsiya mexanizmi haqidagi hozirgi zamon tasavvurlari bakterial sistemalardan olingan ma'lumotlarga asoslangan.

Ekstsizion reparatsiya. Ultrabinafsha nur ta'siridan DNKda pirimidin asoslarining dimeridan iborat (tsiklobutan ko'rinishidagi) fotomahsulotlar hosil bo'ladi. Mazkur dimer ko'rinuvchi nur ta'sirida fermentativ fotoreaktivlanish yo'li bilan parchalanadi va pirimidin asoslari o'z holiga keladi.

Pirimidin dimeri va boshqa bir qator zararlanishlar, fotoreaktivlovchi fermentlar ishtirokisiz ham, qorong'ida ekstsizion reparatsiyalanish mexanizmi yordamida tiklanishi mumkin (9-rasm).



Reparatsiyaning bu tipi DNKning zararlangan joydagi bog'larning uzilishi (intsiziya), uzilgan bo'lakning chetlatilishi, chetlatilgan fragment o'rnida, DNK oppozitsion zanjirining zararlanmagan qismidan matritsa sifatida foydalanib, reparativ replika-tsiyani (reparativ sintezni) amalga oshirish hamda yangidan sintezlangan fragmentni bo'sh qolgan joyga ulashdan iborat, bosqichlarni o'z ichiga oladi.

9-rasm. DNK ekstsizion repara-tsiyalanish jarayonining sxemami (tafsiloti matnda).

Intsiziya - endonukleaza fermentlari tomonidan amalga oshiriladi. Pirimidin dimerlarining ekstsizion reparatsiyasi, DNK ipini 5'

uchidan boshlab parchalovchi, maxsus endonukleaza tomonidan amalga oshiriladi. Endonukleotid uzilishlar intsiziyasi g-indo-nukleaza tomonidan amalga oshiriladi.

Ekstsiziya - zararlangan joy bilan birgalikda, ma'lum sondagi nukleotid qoldiqlarning olinib tashlanishidan iborat jarayon bo'lib, uning natijasida, DNK zanjirida bo'sh joy paydo bo'ladi. Ekstsiziya endonukleaza aktivligi ta'sirida amalga oshadi. Masalan, bakteriyalardagi pirimidin dimerining ekstsizion reparatsiyasida, shu xil aktivlikka ega DNK polimeraza ishtiroq etadi. Bundan tashqari, yana bir nechta endonukleazalar ham ma'lum.

Nukleotidlardan bir qismining uzib tashlanishi natijasida hosil bo'lgan bo'sh joy, DNK polimeraza tomonidan, komplementarlik printsipli asosida to'ldiriladi.

Ekstsizion reparatsiya, yangidan sintezlangan fragmentning DNK ipiga ulanishi bilan oxiriga etadi. Bu ishni DNK legaza bajaradi.

Nazorat savollari

1. Hujayraning hayot tsikli va uning turli fazalarida nurga sezgirlik.
2. Hujayraning reproduktiv halokati va unga daxldor omillar.
3. Hujayraning interfaza halokati va uning sabablari.
4. Hujayrada sodir bo'ladigan subletal va potentsial letal zararlanishlar.
5. Hujayra halokatida yadroning roli.
6. DNK reparatsiyasining hujayraviy tiklanishdagi roli.

2. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirligini baholash.

Hayotchanlik egri chizig'i. 1965–yilda G.Pak va P.Markus tomonidan *HeLa* hujayralar kulturasida radiatsion nurlanish ta'sirida *in vitro* sharoitida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Bunda Petri chashkasida qattiq ozuqa muhitiga «*ekilgan*» hujayralar kulturasida turli xil doza qiymatidagi radiatsion nurlanish bilan ishlov beriladi, keyin esa – ma'lum vaqt davomida xosil bo'lgan hujayralar koloniyasi asosida hujayralarning *radiatsion nurlanish ta'siriga chidamliligi* yoki *hayotchanlik ko'rsatkichi* qiymati baholanadi¹¹².

1961–yilda J.Till va E.Mak–Kulox tomonidan *in vivo* sharoitida (tirik organizmda) radiatsion nurlanish ta'sirida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Bunda radiatsion nurlanish dozasi bilan ishlov berilgan sichqon vena qon tomiri orqali suyak iligi, jigar yoki taloq hujayralari in'ektsiya qilinadi va ma'lum vaqt (1 hafta) o'tganidan keyin, sichqon organizmda tashqaridan kiritilgan hujayralarning xosil qilgan koloniyalari soni hisoblanadi va hujayralarning *proliferatsion* yoki **klonogen** xususiyati baholanadi.

Yuqorida keltirilgan usullar asosida olingan natijalar bo'yicha – hujayralarning **hayotchanlik egri chizig'i** chiziladi.

Shuningdek, hozirgi vaqtda ishlab chiqilgan *in vitro* sharoitida hujayra va to'qimalar kulturalarni o'stirish usullari har qanday mikroorganizm yoki ko'p hujayrali organizmlar hujayralarining radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik xususiyatini baholash imkonini beradi.

Biologik organizmning nurlanish dozasidan nobud bo'lishi – ushbu hodisaning yuz berish ehtimolligi darajasi bilan belgilanadi va *Puasson tenglamasi* bilan ifodalanadi¹¹³:

$$\frac{y}{y_0} = 1 - e^{-\alpha D} + \alpha D + \frac{(\alpha D)^2}{2} + \dots + \frac{(\alpha D)^{n-1}}{(n-1)!} + \dots$$

Bu erda: α – radiatsion nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keluvchi ionizatsiya jarayoni biologik organizmning nobud bo'lishiga olib kelish ehtimolligi; D – nurlanish dozasi; $\frac{y}{y_0}$ – nobud bo'lgan organizmlarning nurlanish olgan organizmlar umumiy soniga nisbatini ifodalaydi.

IONLANTIRUVCHI NURLARNING BIOLOGIK TA'SIRI MEKANIZMINI IZOHLASHGA QARATILGAN NAZARIY TASAVVURLAR.

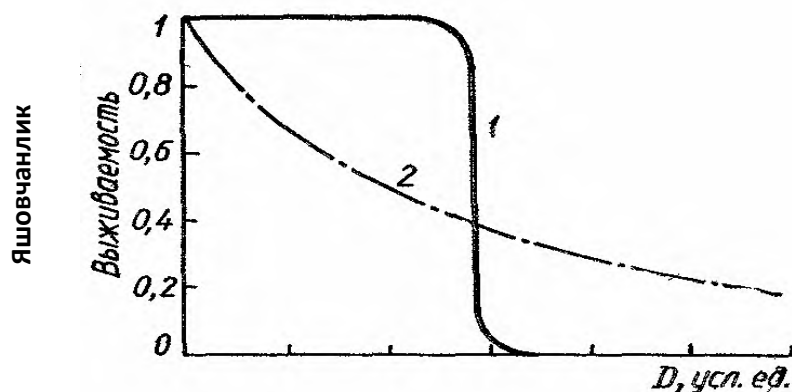
Reja:

1. Nishonga tegish printsipli.
2. Radiobiofizikaning asosiy paradoksi . Stoxastik gipoteza.
3. Radiatsion nurlanishning biologik ta'siri.

Hujayralar yashovchanligining nur dozasiga bo'lgan bog'liqligini tasvirlovchi egri chiziq, shaklan, ularning zaharli moddalar ta'siridan o'tish jarayonining zaharli modda kontsentratsiyasiga bo'lgan aloqasini aks ettiruvchi egri chiziqdan keskin farqlanadi (6-rasm).

¹¹² Лекции по радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: www.studfiles.ru/preview/4120673/ Дата обращения: 08.12.2015 г.

¹¹³ Б.Н.Тарусов. Основы биологического действия радиоактивных излучений // Москва. – Гос. изд-во Медицинской литературы «МЕДГИЗ», 1955. – 139 с.



6-rasm. Hujayralar tirik qolishining zaharli modda kontsentratsiyasi (1) va ionlantiruvchi nur dozasi (2) bog'liqligini aks ettiruvchi egri chiziqlar.

Hujayralarning zaharli moddalardan halok bo'lishini aks ettiruvchi egri chiziq (1) pog'onaga ega bo'lsa, ularning nurdan o'lishini aks ettiruvchi egri chiziq (2) eksponenta shaklida bo'lsa, pog'onaga ega emas. Hujayraning zaharli moddaga bo'lgan individual rezistentligining tebranib turishini aks ettirib egri chiziq esa sigma shakliga ega bo'ladi. Shu tarzda, radiobiologik effektning dozaga bog'liqligidagi o'ziga xosliklarni izohlaydigan, boshqacha yondashishga ehtiyoj paydo bo'ldi.

1.1. Miqdoriy radiobiologiya kontseptsionalari. Bu xil yondashishlardan eng dastlabkisi, o'tgan asrning 20-yillarida Dj.Krouter va X.Dessauer ishlarida e'lon qilindi va N.V.Timofeev-Ressovskiy, K.Tsimmer, D.Li ishlarida taraqqiy ettirilib, miqdoriy radiobiologiyaning asosiy printsiplari tarzda shakllandi. Ular tegish, nishon va kuchaytirilish printsiplaridan iborat. Ularga binoan, nur energiyasining uzatilish diskret, hujayra moddalari bilan ta'sirlashishi esa, statistik xarakterga ega. Nur energiyasini qabul qiluvchi biologik strukturalar, hayot faoliyatida tutgan o'rni bilan ham o'zaro farqlanadi.

Tegish printsipti. Bu printsipga binoan, ionlantiruvchi nurlarning hujayra moddalari bilan ta'sirlashishdagi diskretlik va statistiklik, hujayraning nurdan zararlanishini boshlab beruvchi jarayonlarning fizikaviy asosini tashkil etadi.

Nishon printsipti. Hujayra struktura va funktsional jihatdan geterogenligi bilan ajralib turadi. Shu munosabat bilan bu printsipti, nurning muayyan bir sohaga (nishonga) kelib tegishi, energiyaning muayyan bir strukturaga uzatilishi, hujayra faoliyatini o'zgartirish orqali nurdan zararlanishning avj olishini belgilaydi, deb ta'kidlaydi.

Kuchaytirilish printsipti. Bu printsipga binoan, nishonga tegish natijasida, hujayra strukturasida sodir bo'lgan dastlabki o'zgarishlar (zararlanishlar), ko'p marta kuchaytirilib, hujayraviy jarayonlarning keng ko'lamli, ikkilamchi zararlanishiga sabab bo'ladi.

Umum holda, tegish va nishon printsiplari, muayyan bir hujayraviy nishonning zararlanishidan iborat, shartli reaksiyani ko'zda tutadi va yagona test-effektni nur ta'siriga javoban kelib chiqadigan reaksiya o'lchov birligi sifatida qabul qiladi. Har bir reaksiya, muayyan bir nishonning zararlanishiga mos keladi. Tegish va nishon printsiplari proliferativ halokatini tasvirlashda samarali natijalar beradi. Bunda, reaksiya birligi sifatida hujayra halokati, nishon sifatida esa hujayraning proliferativ halokatiga sabab bo'luvchi, yadro (strukturaning umumiy zararlanishi) namoyon bo'ladi.

Kuchaytirilish printsipti. Bu printsipga ko'ra, DNK molekulasidagi molekulyar zararlanishlar soni, replikatsiyalanish evaziga oshib boradi. Bundan tashqari, zararlangan matritsaning transkripsiyalanishi natijasida, xatolar ham transkripsiyalanadi. Ular, o'z navbatida, translokatsiya orqali oqsillarga beriladi. Strukturaviy buzilishlar natijasida, yo'qolgan funktsional qobiliyat, endi hujayraning o'sha funktsiyasiga mos ehtiyojini ta'minlay olmaydi. Takroriy transkripsiya va translyatsiyalar avj olib, ular dastlabki yagona zararlanishning ko'payib ketishiga sabab bo'ladi.

Kuchaytirilish printsipti- ionlantiruvchi nur yutilishi natijasida kelib chiqadigan effektning, yutilgan nur energiyasiga nisbatan nomutanosib darajada katta bo'lib ketishidan iborat, radiobiologiyaning ikkinchi bir paradoksini izohlab beradi. Masalan, nurga nisbatan o'rtacha sezgirlikka ega organizm, 10 Gr ga teng halokat dozasi qabul qilganda, yutilgan radiatsiya dozasi issiqlik ekvivalenti, har gramm to'qimaning haroratini, bor-yo'g'i, 0,002°S ga ko'tara oladi, xalos.

Tegish printsipliga ko'ra, nur bilan modda o'rtasida amalga oshadigan har bir akt o'z holicha mustaqil bo'lib, Puasson taqsimotiga bo'ysunadi. Agar nishon hajmi- v , nur dozasi- D va nishonga tegish soni- n orqali ifodalangan bo'lsa, nishonga aniq tegish ehtimolligi $P(n)$ bo'lsa, Paussonga binoan:

$$P(n) = \frac{a^n e^{-a}}{n!}$$

a - o'rtacha tegish bo'lib, $a = vD$, dir. $vD \geq 0$ da $0! = 1$.

$$P(n) = \frac{(vD)^n e^{-vD}}{n!}$$

Demak, test-reaktsiyaning sodir bo'lishi uchun, nur kvanti nishonga n marta tegishi shart. V -hajmda amalga oshadigan $n-1$ yoki undan kam sondagi tegishlar, test - reaksiyaga olib kelmaydi.

Test - reaksiya hosil qilmaydigan hujayralar ulushini aniqlash uchun n dan kam tegish sodir bo'lgan hujayralarni jamlash lozim bo'ladi. Agar bunday hujayralar soni N , dastlabki olingan hujayralar soni esa N_0 orqali belgilansa, test-reaksiya halokatidan iborat bo'lgan taqdirda, populyatsiyada tirik qolgan hujayralar ulushi NG/N_0 ga teng bo'ladi. Jamlash natijasida quyidagi tenglama hosil bo'ladi.

$$\frac{N}{N_0} = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(vD)^k}{k!} e^{-vD}$$

Bu erda $k \geq 0$ -1 dir.

Agarda test - reaksiyaga sabab bo'lgan nishonga tegishlar soni $n \geq 1$ bo'lsa, tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$NG/N_0 = 1 - e^{-vD}$$

Mazkur tenglama eksponentsial egri chiziqni ifodalab, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, ko'pchilik hujayralarning tirik qolish egri chiziqlari shu xil shaklga ega bo'ladi va hujayraning bir zarbdan faolsizlanish jarayonini aks ettiradi.

Agarda hujayralarning faolsizlanishi uchun birdan ko'p tegishlar talab etilsa, u holda faolsizlanish jarayon 2-tenglama orqali tasvirlanib, tirik qolish egri chizig'i sigmasimon shaklga ega bo'ladi. Bunday egri chiziq, yarim logarifmik koordinatalar sistemasida, elkaga ega bo'ladi. Elka kengligi test - reaksiya yuz berishi uchun talab etiladigan tegishlar soni bo'lib, u tegishlar sonining oshishi bilan ortib boradi. Elka kengligini ifodalovchi mazkur kattalik, nishonga tegadigan zarblar soni, deb ham yuritilgan.

Tenglama (3) ni logarifmlab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\ln NG/N_0 = -vD$$

Mazkur tenglamaga binoan, nurlantirilgan hujayralardan 37%i tirik qolishi uchun $vD_{37} \approx 1$, demak, nishon hajmi $v \approx 1/D_{37}$ bo'lishi shart. Nishon kattaligini hisoblab topish uchun quyidagilar bajariladi. Agar nur dozasi 1 Gr bo'lsa, 1 g hujayra massasi tomonidan yutiladigan energiya $6,24 \times 10^{15}$ eV ni tashkil etadi. Nishonning zararlanishi uchun zarur o'rtacha energiya 60 eV ga teng deb hisoblansa, yutilgan dozani tegishlar soni orqali ifodalab, nishon hajmining $6,24 \times 10^{15} / 60 \approx 1,04 \times 10^{14} \text{ g}^{-1}$ ga teng ekanligini topamiz. Shu asosda grammlarda ifodalangan nishon massasini topish mumkin. Masalan, agar $D_{37} \approx 10$ Gr bo'lsa, u holda nishon kattaligi taxminan 10^{-13} g ga teng bo'lib, kattalik yadro massasiga yaqin keladi.

Tenglamadan foydalanib, ferment molekullari, faglar, DNK li viruslar va ba'zi bir gaploid hujayralarni aktivsizlantirish orqali topilgan nishon kattaliklari, o'sha ob'ektlarning, fiz-ximiyaviy metodlardan foydalanib topilgan molekulyar massalari bilan taqqoslanganda qoniqarli mos kelishlar qayd etilgan.

Yuksak EChU (LPE) va zich ionlanish hosil qiladigan radiatsiya ishlatilganda, ionlanish shunchalik zich bo'ladiki, nishonning bir zarbli zararlanish farqlantirish qiyinlashadi va tegish endi nishon hajmi bilan emas, balki uning ko'ndalang kesimi bilan belgilanadi.

1.2. Yashovchanlikning chiziqli- kvadrat funktsiyasi. Hujayraning proliferativ halokatini tasvirllovchi modellardan biri, hujayra halokatini belgilovchi kritik hodisa –DNK molekulasida sodir bo'ladigan qo'shalok uzilishlardir degan farazga asoslanadi. haqiqatdan ham qo'sh spiralning bitta ipida yuzaga keladigan uzilishlar reparatsiya tufayli tezlik bilan o'z holiga keltiriladi va shu tufayli bunday uzilishlar hujayraning nurdan zararlanishida hal qiluvchi ahamiyatga ega emas deb hisoblanadi.

DNK molekulasida qo'shalok uzilishlar nazariy jihatdan ikki xil yo'l: bitta ionlovchi zarracha qo'sh spiraldan yoki yonma-yonjoylashgan ikki ipchaga bir vaqtning o'zida ikkita zarrachaga tegishli orqada yuzaga keladi. Birinchi holda yuzaga keladigan qo'sh uzilishlar soni yutilgan nur dozasiga to'g'ri proporsional (αD) bo'lsa, ikkinchi holda qo'shaloq uzilishlar soni yutilgan doza kvadratiga proporsional (βD^2) bo'ldi. Shunday qilib, DNK molekulasida doza nur ta'siridan kelib chiqadigan uzilishlarning o'rtacha soni (n) ga teng: $n \propto \alpha D + \beta D^2$

α va β -nur yutilganidan so'ng DNK molekulasi atrofida sodir bo'ladigan jarayonlar hamda qo'shaloq uzilishlarga daxldorlikni ifodalaydi.

Nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida yuz beradigan halokat hodisasining Puasson taqsimotiga bo'ysinishni inobatga olib, hujayralar halokatining DNK zanjirida sodir bo'ladigan qo'shaloq uzilishlar bilan shartlanishini inobatga olib, proliferativ halokat ehtimolligini R orqali ifodalab, hosil qilingan: $NG' N_{0q} e^{-p(\alpha DQ + \beta D^2)}$

Ko'rinib turganidek, daraja ko'rsatkichi dozaga bog'liq. Demak, doza effekti egri chizig'i yarim logarifmik koordinata sistemasida to'g'ri chiziq shaklidagi sohaga ega bo'la olmaydi (7- rasm).

Shunday qilib, mazkur yondoshuv, test-effektning yuzaga kelishiga daxldor voqealar ketma-ketligini nazarda tutadi.

2. Radiobiofizikaning asosiy paradoksi. Paradoks yoki *paradox* (grek tilida *παράδοξος* – kutilmagan, g'ayritabiiy holat degan ma'noni anglatadi) – haqiqiy mavjud bo'lgan, biroq mantiqiy jihatdan izohlash qiyin bo'lgan jarayon, hodisa va holatlar hisoblanadi.

Radiobiofizikada asosiy paradoks **N.Timofeev–Resovski** tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib – **ionlashtiruvchi nurlanish juda kichik qiymatdagi yutilish energiyasi qayd qilinishi sharoitida katta qiymatdagi biologik ta'sir effektini yuzaga keltirishi** bilan ifodalanadi.



Nikolay Vladimirovich Timofeev–Resovski (07.09.1900–28.03.1981) – uning yoshlik davri Rossiyada «*inqilob*» davriga to'g'ri kelgan, 1925–yildan boshlab, K.Vilgelm nomidagi jamiyatning miya tuzilishi va funktsiyasini o'rganuvchi institutida (Germaniya) ish boshlaydi va Genetika va biofizika bo'limiga rahbarlik qiladi. 1945–yilda Rossiyaga qaytadi, 1947–yilda harbiy maqsadda tashkil qilingan, Biofizika laboratoriyasiga (Rossiya) mudir sifatida ishga qabul qilinadi. 1955–yildan Biologiya institutining Biofizika bo'limiga rahbarlik qiladi, 1964–1969 yillar davomida Tibbiy radiobiologiya institutining Radiobiologiya va genetika bo'limini boshqaradi, radiobiofizika, mikroevolyutsiya, genetika, evolyutsiya nazariyasi bilan shug'ullanadi, shuningdek molekulyar biologiya sohasida genlarning fizik tabiatini o'rganadi. Professor N.V.Timofeev–Resovskiyning ilm-fanga qo'shgan hissasini e'tiborga olib, YuNESKO tomonidan 2000–yil «*Timofeev–Resovski yili*» deb e'lon qilingan.

Ko'pincha vaziyatlarda ilm–fan sohasi vakillari ham hayotda «*biologik individ*» sifatidagi g'alamis kimsalar qarshiligi sharoitida faoliyat olib borishiga to'g'ri keladi va bunday vaziyatda albatta, biologik «*hayot uchun kurash*» qonuniga amal qilib yashashga intiladi... Shunday hayot tarzi, ilm–fan sohasida sezilarli iz qoldirishga muayassar bo'lgan inson – Rossiya biofizika maktabi vakillaridan biri, N.V.Timofeev–Resovski hayotini ham chetlab o'tmagan...Shuningdek, professor N.V.Timofeev–Resovski ilm–fanda «*ahamiyatga ega holatlarni ahamiyatsiz holatlardan farqlash*»

tarafdori sifatida, ilm–fanda «*bo'lmag'ur*» fikrlar va g'oyalar bilan safсата sotuvchi ilm «*daholari*» mutlaqo, ortiqcha ovsarlar hisoblanishini ta'kidlaydi¹¹⁴...

Demak, radiobiofizikada asosiy paradoks – *arzimagan radiatsion nurlanish dozasining ulkan qiymatdagi biologik ta'sir effektini yuzaga keltirib chiqarishi* hisoblanadi. Bu radiobiofizik paradoksini izohlashda bir qator gipotezalar ishlab chiqilgan:

1. **Nuqtaviy tavsifga ega issiqlik nazariyasi** 1922–yilda **F.Dessauer** tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, radiobiofizikada asosiy paradoks quyidagi keltirilgan holatlar asosida tushintiriladi:

- Ionlashtiruvchi nurlanishning boshqa nurlanish turlariga nisbatan juda kichik hajmiy zichlikka ega;

- Ionlashtiruvchi nurlanish har qanday kimyoviy bog'lar energiyasiga nisbatan juda katta energiyaga ega;

- Radiatsion nurlanish oluvchi biologik ob'ekt tarkibi nisbatan hayot uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan, mikro o'lchamdagi strukturalardan tashkil topgan;

- Biologik ob'ektda mikro o'lchamdagi sohalar tomonidan yutilgan radiatsion nurlanish energiyasi mikro sohalar bo'ylab katta qiymatda harorat o'zgarishlarini yuzaga keltiradi.

Shunday qilib, «*nuqta tavsifidagi issiqlik*» hujayrada hayotiy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lgan mikro sohalar ta'sir ko'rsatishi mumkin va o'z navbatida, radiatsion nurlanishning biologik ta'sir effekti oqibatlarini qiymati kattalashadi.

2. «**Nishon**» **nazariyasi** – radiatsion nurlanish hujayra va molekulyar darajada, aynan nishon sifatidagi mikro sohalar bo'ylab ionizatsiyani yuzaga keltiradi va o'z navbatida, nishon sohalariga ionlashtiruvchi nurlanishning tegish ehtimolligi darajasi nurlanish dozasi qiymatiga to'g'ri proporsional hisoblanadi.

3. **Stoxastik (ehtimollik asosidagi) nazariya** – radiatsion nurlanishning hujayraga ta'siri ehtimollik asosida amalga oshadi. Bunda «*doza–effekt*» tipidagi bog'liqlik nafaqat radiatsion nurlanishning nishon–strukturalarga ta'sir ko'rsatishiga bog'liq hisoblanadi, balki biologik ob'ektning dinamik tizim sifatidagi xossalari bilan ham belgilanadi.

4. **Kommunal yoki abskopal (abskopal) effekt («guvoh» effekti)** – bu radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatuvchi zonadan tashqarida joylashgan, biroq bu zona bilan bevosita tegish sohalariga ega bo'lgan hujayralarning zararlanish mexanizmini tushintirib beradi.

Stoxastik kontsepsiya. Tasodif tegish va nishon printsiplari, faqat bir nishon va bir zarbli radiobiologik reaksiyalar namoyon etadigan, o'ta oddiy sistemalardan olingan tadqiqot natijalarida o'zining to'la tasdig'ini topdi. Bu xil reaksiyalar kam uchraydi va ko'p hollarda, doza egri chizig'i oddiy eksponentadan keskin farqlanadi. Shu munosabat bilan, biologik sistemalarda, nur ta'siridan kelib chiqadigan effektlarning dozaga bog'liqligini tahlil etishga qaratilgan, boshqacha yondashuv ham paydo bo'ladi.

Mazkur yondashuv nishonga tegish bilan test-effekt orasidagi bevosita aloqa emas, balki test-effektning namoyon bo'lishiga ta'sir etadigan voqealar ketma-ketligini nazarda tutadi.

Sistemaning bir holatdan ikkinchi bir holatga o'tishida o'z aksini topadigan elementar hodisalar ko'pligi, test-effekt yuzaga kelishining ehtimolli xarakterini belgilaydi. Tegish va nishon nazariyalariga ko'ra, energiyaning fanat nishon tomonidan yutilishiga oid, birlamchi effektgina ehtimolli xarakterga ega. Mazkur modelga ko'ra, ehtimollik- test-effekt namoyon bo'lishining barcha bosqichlariga xos bo'lgan holdir.

Radiobiologik effektning dozaga bog'liqligini taxlil qilishga qaratilgan, stoxastik kontsepsiya nomini olgan mazkur yondashuvning asosiy g'oyasi ham ana shundan iborat. Stoxastik kontsepsiya matematik apparat sifatida, biologik sistemaning vektor holatlari, ko'p o'lchovli matritsalar ustida bajariladigan operatsiyalar va Markov jarayonlari nazariyasidan foydalanadi.

¹¹⁴ Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/journals/chemlife/welcome.html> Дата обращения: 01.10.2015 г.

Biologik sistemalarda tasavvur etilishi mumkin bo'lgan o'tishlarining barchasini, tajribada tekshirishning iloji yo'q. Shuning uchun ham, ko'p hollarda, tekshirilayotgan ob'ektning barcha holatlari bir holat nuqtasiga birlashtirilib soddalashtirilgan holati ko'rib chiqiladi. Sistemaning muayyan bir reaksiya normasidan chetlanish ehtimoli nur dozasiga bog'liq bo'lgani uchun, o'tish ko'effitsienti ham dozaga bog'liq deb qaraladi. Mazkur o'tish ko'effitsienti, sistemaning reaktivligi $R(D)$ deb ataladi. Faraz etiladiki, doza o'zgarishi munosabati bilan hujayralar yashovchanligida sodir bo'ladigan o'zgarish $dG'dD(NG'N_0)$ tirik qolgan hujayralar soni va ularning reaktivligiga $R(D)$ proporsional, ya'ni: $dG'dD(NG'N_0) \propto R(D)(NG'N_0)$.

Sistema reaktivligining dozaga bog'liq bo'lmaydigan hollarida, radiobiologik effektning dozaga bog'liqlik egri chizig'i eksponenta, aks holda sigma shakliga ega bo'ladi. Demak, stoxastik kontsepsiyaning chetki xususiy holi, tegish va nishon printsiplariga borib taqaladi.

Hujayra radiobiologiyasining miqdoriy nazariyalari o'zaro zid bo'lmay, aksincha, ular bir-birini to'ldiradi. Nishon nazariyasi, amalda, hujayra noyob ultrastrukturasining tiklana olmaydigan, bir zarbli zararlanish bilan belgilanadigan test-effektini aniq tasvirlaydi. Chiziqli kvadrat modeli, DNKdagi qo'shaloq uzilishlar effektining dozaga bog'liqligini to'la va aniq tasvirlaydi. Stoxastik nazariya esa, birlamchi molekulyar zararlanishni oxirgi test-effektdan ajratib turuvchi, oraliq hodisalarning ehtimolli tabiatini ochib beradi.

Umuman, miqdoriy radiobiologiya kontsepsiyalari hujayra halokati yoki unda mutatsiyaning kelib chiqishini test-effekt sifatida qabul qiladi. Ammo, tashkillanganlikning yuqori darajalarida esa, masalan, to'qimalar, organlar va tarkibiy qismlarning o'zaro o'ziga xos ta'sirlashishidan kelib chiqadigan effektlarning dozaga bog'liqligi haqida so'z borganda miqdoriy qonuniyatlardan anchagina chetlanishlar qayd etildi.

2.2. Kislorod effekti. Nurlantirilgan birikmalarda yuz beradigan radiatsion-ximiyaviy o'zgarishlarning avj olishi, ko'p hollarda, reaksiya muhitida kislorodning bor yo'qligiga bog'liq bo'ladi. Kislorodning makromolekulalar radiatsion-ximiyaviy chiqishiga ko'rsatadigan ta'siri, uning hujayra, to'kimalar, ko'p hujayrali organizmlar singari murakkab sistemalariga ko'rsatadigan ta'siriga o'xshab ketadi. Qoidaga ko'ra, kislorodning modifikatsiyalash ta'siri, nurdan zararlanishning kuchaytirilishidan iborat bo'lib, **kislorod effekti** deb ataladi.

Kislorod effekti fermentlarning radiatsion-kimyoviy aktivsizlanishi, makromolekulalar, tirik hujayralar hamda ko'p hujayrali murakkab organizmlarning zararlanishida ko'zga tashlanadi. Effekt, biologik ob'ektlar kislorodli muhitda nurlantirilganda payqaladi.

Kislorod effekti, kislorodning erkin radikallar (masalan R^\bullet) bilan ta'sirlashishi natijasida paydo bo'ladigan perekis radikali (ROO^\bullet) bilan shartlangan. "Suvdagi" kislorod, suv radiolizi mahsulotlari bilan ta'sirlashib, o'ta aktiv radikallar ($NO_2^\bullet, O_2^\bullet$) hosil qiladi.

Kislorod effektining o'lchov birligi sifatida, **kislorodning kuchaytirish ko'effitsienti** (KKK) ishlatilib, u kislorod mavjud sharoitda, bir xil nur dozasi ishlatib hosil qilingan effektning, kislorodsiz sharoitda o'sha xil nur dozasi ishlatib olingan effektga nisbatan necha marta kuchayganligini ko'rsatadigan kattalikdir. Bundan tashqari, kislorodli va kislorodsiz muhitda, bir xil radiobiologik effektga sabab bo'luvchi, ikki xil dozalar nisbati ham ishlatiladi. Quritilgan nuklein kislota preparatlari uchun KKK kattaligi 1,5-2,2 ni tashkil etadi.

L.X.Eydus kislorodsiz sharoitda nurlantirilgan makromolekulalar aktivsizlanishining, nurlantirilgandan keyin, muhitga kiritilgan kislorod ta'siridan yana ham kuchayib ketishdan iborat, kislorodning keyingi ta'sirini qayd etdi. Kislorodning keyingi ta'siri, kislorodsiz muhitda, kislorodga sezgir, uzoq yashovchi zararlanishlarning paydo bo'lishidan darak berib, ularni **potentsial zararlanishlar** sifatida qabul qilish mumkin. Bunday zararlanishlar, sharoitga qarab, namoyon bo'lishi yoki namoyon bo'lmasligi ham mumkin. Makromolekulalardagi ana shunday potentsial zararlanishlar, tabiatan, barqaror radikal holatidan iborat bo'lib, ularni EPR metodi yordamida qayd etish mumkin.

Suvli muhitda kislorod effektning ro'yobga chiqishi, bir qator omillarga bog'liq. Ulardan, radioprotektorlar, ayniqsa, sulfogidril guruhlariga ega birikmalar muhim ahamiyatga ega. Bunda, kislorod, mazkur birikmalarga nisbatan, raqobatchi ingibitor sifatida namoyon bo'ladi.

Tirik organizmlar nurlantirilganda qayd etiladigan kislorod effektining mexanizmi to'la izohlangan emas. Ammo, hujayradagi SH-li birikmalar miqdori bilan KKK aro qayd etilgan bevosita aloqadorlik, kislorod effektining namoyon bo'lishida, radioprotektorlar bilan kislorod o'rtasida raqobatli munosabatning yuzaga kelishidan darak beradi. KKK kattaligining o'zgarishi, hujayradagi SH-birikmalar miqdorining o'zgarishi bilan bog'liq deb hisoblanadi.

Tirik organizmlar nurlantirilganda qayd etiladigan KKK radiatsiya dozasi, kislorodning hujayradagi konsentratsiyasi, hujayraning fiziologik holatini belgilovchi ozuqa muhitining sifati va hokazolarga bog'liq.

EChU oshishi bilan KKK kamayadi. Mazkur hodisani izohlash maqsadida, "Trekdagi kislorod va ta'sirlashuvchi radikallar" deb atalgan gipoteza taklif etiladi. Gipoteza kislorodning u yoki bu modda gidrolizi mahsulotlari bilan reaksiyaga kirishish kinetikasining o'ziga xosligi, ularning, fazalardagi taqsimlanish zichligi, yashash davri hamda diffuzion chopishining effektiv masofasini inobatga olish asosida shakllantirilgan.

Nazorat savollari

1. Radiobiologiyaning tegish va nishonga tegish kontseptsiyalari.
2. Tirik qolishning chiziqli kvadrat funktsiya kontseptsiyasi.
3. Stoxastik kontseptsiya va uning mohiyati.

3. Radiatsion nurlanishning biologik ta'siri. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga salbiy ta'siri bo'yicha dastlabki ma'lumot sifatida ehtimol, XVI asrda **T.Paratsels** va **G.Agrikul** tomonidan foydali qazilma konlari ishchilari o'pkasida g'ayritabiiy kasallik uchrashi qayd qilinishi sanasini ko'rsatib o'tish o'rinli hisoblanishi mumkin.

1897–yilda **Udin**, **Bertelli** va **Dare** tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida 48 ta terining kuyish holatlari qayd qilingan.

1902–yilda esa – **Gudman** tomonidan odam organizmida rentgen nurlanishi ta'sirida yuzaga kelgan 172 ta kuyish holatlari haqida ma'lumotlar to'plagan. 1902–yilda **G.Friben** tomonidan **V.K.Rentgen** kashf qilgan *X–nurlanish* ta'sirida odam organizmida teri saratoni kasalligi rivojlanishi qayd qilingan. 1914–yilda **M.Feygin** tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida yuzaga kelgan 114 ta o'sma (*saraton*) kasalligi haqida ma'lumotlar umumlashtirilgan. Shuningdek, Germaniyada **G.Valxov** va **G.Gizel** tomonidan $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopining odam organizmida teriga salbiy ta'sir ko'rsatishi o'rganilgan.

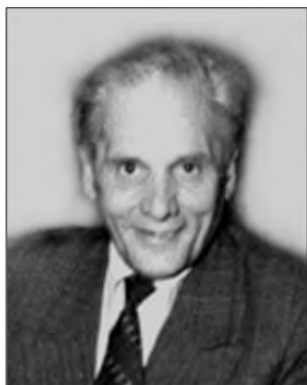
Keyinchalik **I.R.Tarxanov**, **V.I.Zarubin**, **E.S.London**, **M.N.Jukovskiy**, **S.V.Goldberg**, **A.I.Pospelov** tomonidan amalga oshirilgan eksperimental tadqiqotlarda radiatsion nurlanishning biologik ob'ektlar, jumladan odam organizmiga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan. 1896–yilda Rossiyada **Ivan Romanovich Tarxanov** rentgen nurlanishining hasharotlar va baqa organizmiga ta'sir mexanizmini o'rganish bo'yicha tajribalarni amalga oshirgan.



Ivan Romanovich (Ramazovich) TARXANOV (Gruziya: Tarxan–Mouravi; Knyaz Tarxanishvili; Gruziya knyazi Tarxanashvili avlodiga mansub; 03.06.1846 – 24.08.1908) – tibbiyot fanlari doktori, Sankt–Peterburg universiteti va Tibbiyot akademiyasida tahsil olgan, 1869–yildan boshlab, Tibbiyot akademiyasida ish boshlagan, 1870–yilda doktorlik dissertatsiyasini himoya qilgan, organlar fiziologiyasi sohasida, shuningdek radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borgan¹¹⁵.

¹¹⁵ Tarxanov, Иван Романович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 10.12.2015 г.

1925–yilda **Antsel** va **Vintenberger** tomonidan biologik organizmlarga radiatsion nurlanishning ta'siri davomida – *birlamchi radiatsion zararlanish, zararlanish darajasini kuchaytiruvchi omillar, qayta tiklanishni ta'minlovchi omillar* qayd qilingan.



Boris Nikolaevich TARUSOV (Rossiya: 07.12.1900–18.09.1977) – biofizik, Rossiya biofizika maktabi shakllanishi va rivojlanishiga katta hissa qo'shgan pedagog–olim, Moskva davlat universitetida Biofizika kafedrasiga asos solgan, *osmotik anabioz* hodisasini aniqlagan, fizik omillarning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmlarini o'rgangan, jumladan elektr tokining tirik to'qimalar orqali o'tish qonuniyatlarini aniqlagan, 1938–yilda «*Birlamchi yallig'lanish reaksiyalari kinetikasi*» mavzusida doktorlik dissertatsiyasini himoya qilgan, shuningdek Radiatsion biofizika laboratoriyasini tashkil qilgan va radiatsion nurlanishning biologik ta'sir mexanizmlarini o'rgangan¹¹⁶.

«Tadqiqotchi–biofizik... fizika fani yutuqlarini bilishi, biologiyada fizik va fizik–kimyoviy uslublarni qo'llay olishi va ular asosida yangi uslublarni ishlab chiqa olishi.jonli hayot hodisalarining asosini tashkil qiluvchi fizik–kimyoviy jarayonlarni tahlil qila olishi talab qilinadi»

B.N.Tarusov

Radiatsion nurlanishning biologik ob'ektlarga birlamchi ta'sir mexanizmlari **B.N.Tarusov** tomonidan batafsil holatda o'rganilgan. Jumladan, radiatsion nurlanish biologik organizmlarda zanjir tavsifidagi, ya'ni vaqt davomida asta–sekin, ketma–ketlikda yuzaga keluvchi javob reaksiyalarini shakllantirishi qayd qilingan. 1950–yillarda B.N.Tarusov tomonidan lipidlarning peroksidli oksidlanishi maxsulotlari radiatsion nurlanish ta'sirini kuchaytirishi aniqlangan.

Shuningdek, radiatsion nurlanishning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmini eksperimental usulda o'rganish yo'nalishda **N.N.Semyonov**, **N.M.Emmanuel**, **E.B.Burlakova** kabi olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Umumiy holatda, radiatsion nurlanishning biologik ob'ektga ta'siri – **determinatsion** va **stoxastik ta'sir** turlariga ajratiladi.

Determinatsion ta'sir – bu og'irlik darajasi radiatsion nurlanish dozasi qiymatiga bog'liq holatda belgilanuvchi, shuningdek pag'ona darajasiga ega bo'lgan tavsifda yuzaga keluvchi va nurlanish kasalligi, dermatit, katarakta, bepushtlik kabi patologik holatlar yuzaga kelishi bilan ifodalanadi.

Stoxastik ta'sir – radiatsion nurlanish dozasi pag'ona qiymatiga ega bo'lmagan tavsifda, nurlanishdan keyin ma'lum vaqt davomida rivojlanuvchi o'sma kasalliklari, leykoz va irsiy kasalliklar yuzaga kelishi bilan ifodalanadi.

Shuningdek, radiatsion nurlanishning biologik ta'siri oqibatlariga ko'ra, quyidagi 3 ta guruhga ajratiladi¹¹⁷:

- **O'tkir zararlanish** yuqori dozada radiatsion nurlanish ta'sirida qayd qilinadi. Jumladan, odam organizmida ~0,5–1 *Zv* (50–100 *Ber*) radiatsion nurlanish ta'sirida qon tizimida jiddiy buzilishlar yuzaga keladi. Shuningdek, ~3–5 *Zv* (300–500 *Ber*) radiatsion nurlanish olgan holatda, suyak iligi funktsiyasi buzilishi va qon tarkibida leykotsitlar miqdori keskin kamayishi sharoitida, nurlanish olgan ~50% odam **o'tkir nur kasalligi** oqibatida olamdan o'tishi kuzatiladi. ~10–50 *Zv* (100–5000 *Ber*) radiatsion nurlanish ta'sirida, 1–2 haftadan keyin oshqozon–ichak tizimi shilliq qavatida hujayralarning nobud bo'lishi natijasida, qon ketishi oqibatida olamdan o'tish holati qayd

¹¹⁶ Тарусов Борис Николаевич // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://nasledie.enip.ras.ru...> Дата обращения: 10.12.2015 г.

¹¹⁷ В.Ф.Антонов, А.В.Коржуев. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов // – Москва. – Издательская группа: «ГЭОТАР-Медиа», 2004. –192 с.: ил.

qilinadi. 100 Zv (10 000 Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida markaziy asab tizimi funktsiyasi izdan chiqishi oqibatida odam bir necha soat yoki bir necha kundan keyin olamdan o'tishi kuzatiladi. Shuningdek, rivojlanayotgan va voyaga etgan odam organizmida bir xil radiatsiya dozasi turli xil ta'sirga ega bo'lishi aniqlangan. Jumladan, o'sayotgan organizmida bo'linish jarayoni jadal amalga oshayotgan hujayralar radiatsion nurlanish ta'sirida nisbatan tez nobud bo'ladi.

· **Davomiylikda (vaqt o'tishi bilan, asta-sekin) yuzaga keluvchi nurlanish oqibatlari.** Tajriba hayvonlari ustida amalga oshirilgan tadqiqotlar va shuningdek, Xirosima va Nagasaki (Yaponiya) shaharlarida atom bombasi portlatilishi oqibatlarini tahlil qilish asosida, radiatsion nurlanish nafaqat odam organizmiga **nurlanish kasalligi** shaklida namoyon bo'lishi, balki vaqt o'tishi bilan, **asta-sekin davomiylikda yuzaga keluvchi oqibatlar** ko'rinishida xam ifodalanishi kuzatiladi. Radiatsion nurlanish ta'sirida biologik organizm hujayralarida yuzaga keluvchi buzilishlar qaytmas tavsifga ega bo'lib, turli xil kasalliklar, jumladan o'sma kasalliklari kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Masalan, radiatsion nurlanish ta'sirida yuzaga kelgan leykoz oqibatida olamdan o'tish muddati o'rtacha 10 yilni tashkil qiladi. Radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma kasalliklarining kelib chiqish ehtimolligi darajasi radiatsiya dozasi bog'liq hisoblanadi. Masalan, 1 Zv (100 Ber) radiatsion nurlanish ta'siriga uchragan har 2 tadan bitta odam organizmida leykoz, 10 tadan bitta odamda qalqonsimon bez o'sma kasalligi, 10 tadan bitta ayolda ko'krak bezi saratoni, shuningdek har 1000 tadan 5 ta odamda o'pka saratoni kasalligi yuzaga kelishi aniqlangan. Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida, qayd qilish mumkinki, voyaga etgan odam organizmida 0,01 Zv (1 Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma (*saraton*) kasalligi kelib chiqish ehtimolligi $2 \times 10^{-4} \dots 3 \times 10^{-4}$ ga teng hisoblanadi.

· **Radiatsion nurlanishning genetik oqibatlari.** Amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida, surunkali tavsifda 1 Zv (100 Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmi avlodlari davomida (~30 yil davomida) har 1000 ta tug'ilgan chaqaloqdan 2 tasi jiddiy genetik nuqson bilan dunyoga kelishi aniqlangan. Agar, radiatsion nurlanish ta'siri doimiy ravishda, surunkali tarzda qayd qilinsa, u holda genetik mutatsiyalarga uchrash ehtimolligi darajasi xam ortadi.

3.2. Nisbiy biologik ta'sir effekti. Nisbiy biologik ta'sir effekti – nurlanish dozasi biologik ta'sir effekti qiymatini standart nurlanish dozasi bilan solishtirish asosida olingan qiymat hisoblanadi. Bunda standart nurlanish dozasi sifatida γ -nurlanishdan foydalaniladi:

$$\text{Nisbiy biologik ta'sir effekti } q = D_g / D_x$$

IONLANTIRUVCHI NURLARNING TO'QIMA VA ORGANLARGA TA'SIRI.

Reja:

1. Biologik organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasi
2. Chegaraviy darajada sezgirlikka ega organlar
3. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirligini baholash

1. Biologik organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasi. Biologik organizmlar radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik xususiyati bo'yicha o'zaro farqlanadi. Masalan, radiatsion nurlanish ta'sirida 30 sutka davomida nurlantirilgan hayvonlarning 50% qismi nobud bo'lishi qayd qilinuvchi radiatsiya qiymati – dengiz cho'chqasi uchun – 250 Rentgen, it uchun – 335 Rentgen, maymun uchun – 600 Rentgen, sichqonlar uchun – 550–650 Rentgen, ilon uchun – 8000–20000 Rentgen ga teng hisoblanadi. Shuningdek, ayrim achitqi turlari 30 000 Rentgen, amyoba – 100000 Rentgen, infuzoriya – 300000 Rentgen radiatsion nurlanish ta'sirida nobud bo'lishi aniqlangan. O'simlik turlari orasida karam o'simligi urug'lari unuvchanligiga 64000 Rentgen nurlanish sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmasligi qayd qilingan¹¹⁸...

¹¹⁸ Л.П.Жиганова. Радиобиология. Биологическое действие ионизирующих излучений. Радиационное загрязнение биосферы // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.portal-slovo.ru> Дата обращения: 01.11.2015 г.

Radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlik – bu hujayra, to'qima va biologik organizmning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga ko'rsatuvchi javob reaksiyasining namoyon bo'lish darajasi hisoblanadi. Radiosezgirlik o'lchov birligi sifatida **nurlanish dozasi** (Gr) qiymatidan foydalaniladi.

Radiosezgirlik xossasi **biologik turlarda** va shuningdek, organizmlarda **yakka tartibda** o'zaro farqlanadi.

Turli xil biologik turlarning radiosezgirlik xossasini o'zaro solishtirishda LD_{50} qiymatidan foydalaniladi. LD_{50} – radiatsion nurlanish ta'sirida nurlanish olgan organizmlarning 50% qismi nobud bo'lishi qayd qilinuvchi doza hisoblanadi.

5.1–jadval

Ayrim biologik turlarning γ –nurlanish ta'siri sharoitida LD_{50} qiymati^{119,120}

| Биологик тур | LD_{50} (Гр) |
|--------------------------------|----------------|
| <i>Micrococcus radiodurens</i> | >2000 |
| Ўсимлик турлари | 10–1500 |
| Ҳашарот турлари | 10–100 |
| Илон турлари | 80–200 |
| Балиқ турлари | 8–20 |
| Қуш турлари | 8–20 |
| Сичкон линиялари | 6–15 |
| Қаламуш линиялари | 7–9 |
| Қуён | 9–10 |
| Ит | 2,5–3 |
| Қўй | 1,5–2,5 |
| Маймун | 2,5–6 |
| Одам | 2,5–4 |

Wangiella dermatitidis, *Cryptococcus neoformans*, *Cladosporium sphaerospermum* mikroskopik zambrug' turlari hujayralarida radiatsion nurlanish ta'sirida biosintez jarayoni faollashishi (**radiostimulyatsiya**) qayd qilinadi¹²¹.

Jumladan, A.Eynshteyn kolleji (Angliya) tadqiqotchilari tomonidan atom reaktorlarida hayot kechiruvchi ayrim mikroskopik zambrug' turlari, masalan – *Wangiella dermatitidis* aynan, radiatsion nurlanish energiyasidan biosintez jarayonida foydalanishi mumkinligi tahmin qilingan^{122,123}.

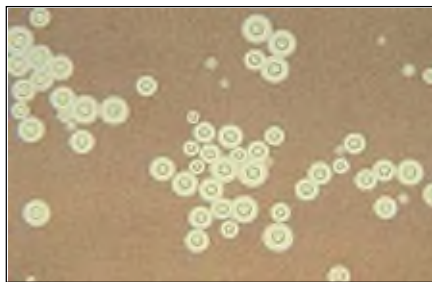
¹¹⁹ Е.М.Вечканов, В.В.Внуков. Основы радиационной биофизики // Учебное пособие. – Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». – Ростов-на-Дону, 2009.

¹²⁰ Э.А.Галицкий. Радиобиология // Курс лекций. – Гродно. – Изд-во ГрГУ, 2001. – 204 с.

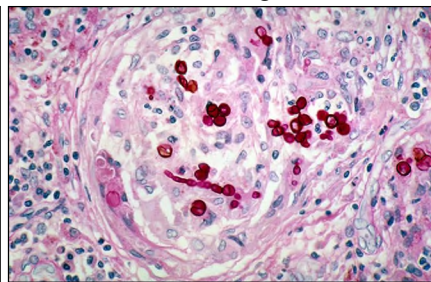
¹²¹ Dadachova E. et al. [Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi](#) // PLoS ONE. – 2006. – V.2(5):e457.

¹²² Dadachova E. et al. [Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi](#) // PLoS ONE. – 2006. – V.2(5):e457.

¹²³ Съедобная радиация // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.popmech.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.



Cryptococcus neoformans



Wangiella dermatitidis

2002–yilda amalga oshirilgan tadqiqotlar davomida Chernobo‘l atom halokati hududida qurilgan «sarkofag» ichki qismidan yig‘ib olingan mikroskopik zambug‘lar tarkibida yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan antioksidant tizim funktsiya bajarishi aniqlangan¹²⁴.

2. Chegaraviy darajada sezgirlikka ega organlar. Organ va to‘qimalarning radiosezgirlik xossasini o‘rganish davomida 1906–yilda **J.Bergone** va **L.Tribonodo** tomonidan quyidagi qonuniyat aniqlangan:

Bergone–Tribonodo tamoyili:

Hujayralar qanchalik darajada tez bo‘linsa, mitoz tsikli davomiyligi qanchalik uzoq vaqtni o‘z ichiga olsa va shuningdek, hujayralar qanchalik darajada kamroq differentsiatsiyalangan bo‘lsa, demak radiatsion nurlanish ta‘siriga shunchalik darajada yuqori sezgirlik xossasini namoyon qiladi (radiatsion sezgirlik qonuni).

Kam bo‘linuvchi va yuqori darajada differentsiatsiyalangan hujayralar radiatsion nurlanish ta‘siriga nisbatan chidamli bo‘lishi qayd qilinadi. Bergone–Tribonodo tamoyili bo‘yicha, qon xosil qiluvchi suyak iligi hujayralari, urug‘don hujayralari, ichak va teri epiteliy qavati hujayralari radiatsion nurlanish ta‘siriga yuqori darajada sezgirlik xossasiga ega hisoblanadi. Shuningdek, miya hujayralari, muskul, jigar buyrak, suyak, tog‘ay va pay bog‘lamlari hujayralari radiatsion nurlanish ta‘siriga nisbatan chidamli hisoblanadi. Qayd qilib o‘tish kerakki, limfotsitlar bo‘linish xususiyatiga ega bo‘lmasada va etarlicha darajada differentsiatsiyalangan bo‘lsada, biroq radiatsion nurlanish ta‘siriga yuqori darajada sezgirlik xossasini namoyon qiladi.

Shuningdek, organizmning radiatsion nurlanish ta‘siriga sezgirlik xossasi uning tarkibida to‘qimalarning turli xil radionuklidlarga nisbatan javob reaksiyasi ko‘rsatish xususiyati bo‘yicha o‘zaro farqlanishi bilan ham tavsiflanadi. Jumladan, $^{90}_{38}\text{Sr}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{241}_{95}\text{Am}$, $^{238}_{92}\text{U}$ radioaktiv izotoplari asosan suyak iligi hujayralarida to‘planishi aniqlangan¹²⁵.

5.2–jadval

Ayrim organ va to‘qimalarning radiatsion nurlanish ta‘siriga sezgirlik darajasi¹²⁶

| Орган ёки тўқима | Доза (Гр) |
|------------------|-----------|
| Тери | 10 |
| Уруғдон | 0,5–1 |
| Тухумдон | 2,6–6 |
| Кўриш органлари | 3–6 |

¹²⁴ Радиоактивные грибы в саркофаге Чернобыля // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://factika.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹²⁵ Сорбенты против последствий радиационного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://arnika-inter.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹²⁶ Е.М.Вечканов, В.В.Внуков. Основы радиационной биофизики // Учебное пособие. – Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». – Ростов–на–Дону, 2009.

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| Овқат ҳазм қилиш тизими органлари | 1–3 |
| Жигар | 15–19 |
| Юрак қон–томир тизими органлари | 3–4 |
| Нафас олиш органлари | 20 |
| Мускуллар | 60–500...1000 |
| Айириш органлари | 13 |

Biologik organizm ichki muhitiga oshqozon–ichak tizimi orqali (**oral**), o'pka orqali (**ingalyatsion**) va teri orqali (**transkutanal**) tushuvchi radionuklidlarning (**inkorporatsion radiatsiya**) ta'sir mexanizmlari bilan *radiotoksikologiya* fan sohasi shug'ullanadi. Inkorporatsion radiatsiya sharoitida organizm ichki muhitiga tushgan radionuklidlar bir xilda taqsimlanmasligi, ma'lum bir ichki organlarda yig'ilishi va hatto, organizmning butun hayoti davomida salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligi qayd qilinadi. Jumladan, $^{90}_{38}\text{Sr}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$ radioaktiv izotoplari odam organizmida sklet organlari tarkibida yig'ilishi, shuningdek $^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{232}_{90}\text{Th}$ radioaktiv izotoplari ichki organlar endoteliy qavati hujayralarida yig'ilishi, $^{40}_{19}\text{K}$, $^{132}_{55}\text{Cs}$, $^{210}_{84}\text{Po}$ radioaktiv izotoplari esa – turli xil ichki organlarda, ya'ni diffuzion tavsifda taqsimlanishi qayd qilinadi.

Ayniqsa, odam organizmida radionuklidlar – qalqonsimon bez, jigar, ichak, buyrak, sklet, muskullar tarkibida yuqori kontsentratsiyada to'planishi aniqlangan.

3. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlikni baholash. Hayotchanlik egri chizig'i. 1965–yilda **G.Pak** va **P.Markus** tomonidan *HeLa* hujayralar kulturasida radiatsion nurlanish ta'sirida *in vitro* sharoitida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Bunda Petri chashkasida qattiq ozuqa muhitiga «*ekilgan*» hujayralar kulturasida turli xil doza qiymatidagi radiatsion nurlanish bilan ishlov beriladi, keyin esa – ma'lum vaqt davomida xosil bo'lgan hujayralar koloniyasi asosida hujayralarning *radiatsion nurlanish ta'siriga chidamliligi* yoki *hayotchanlik ko'rsatkichi* qiymati baholanadi¹²⁷.

1961–yilda **J.Till** va **E.Mak–Kulox** tomonidan *in vivo* sharoitida (tirik organizmda) radiatsion nurlanish ta'sirida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Bunda radiatsion nurlanish dozasi bilan ishlov berilgan sichqon vena qon tomiri orqali suyak iligi, jigar yoki taloq hujayralari in'ektsiya qilinadi va ma'lum vaqt (1 hafta) o'tganidan keyin, sichqon organizmida tashqaridan kiritilgan hujayralarning xosil qilgan koloniyalari soni hisoblanadi va hujayralarning *proliferatsion* yoki *klogen* xususiyati baholanadi.

Yuqorida keltirilgan usullar asosida olingan natijalar bo'yicha – hujayralarning *hayotchanlik egri chizig'i* chiziladi.

Shuningdek, hozirgi vaqtda ishlab chiqilgan *in vitro* sharoitida hujayra va to'qimalar kulturalarni o'stirish usullari har qanday mikroorganizm yoki ko'p hujayrali organizmlar hujayralarining radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik xususiyatini baholash imkonini beradi.

Biologik organizmning nurlanish dozasidan nobud bo'lishi – ushbu hodisaning yuz berish ehtimolligi darajasi bilan belgilanadi va *Puasson tenglamasi* bilan ifodalanadi¹²⁸:

$$\frac{y}{y_0} = 1 - e^{-aD} + aD + \frac{(aD)^2}{2} + \dots + \frac{(aD)^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{(aD)^n}{n!}$$

¹²⁷ Лекции по радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: www.studfiles.ru/preview/4120673/ Дата обращения: 08.12.2015 г.

¹²⁸ Б.Н.Тарусов. Основы биологического действия радиоактивных излучений // Москва. – Гос. изд-во Медицинской литературы «МЕДГИЗ», 1955. – 139 с.

Bu erda: α – radiatsion nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keluvchi ionizatsiya jarayoni biologik organizmning nobud bo'lishiga olib kelish ehtimolligi; D – nurlanish dozasi; $\frac{y}{y_0}$ – nobud bo'lgan organizmlarning nurlanish olgan organizmlar umumiy soniga nisbatini ifodalaydi.

3.1. Radiatsion gormezis. *Radiatsion gormezis* tushunchasi (grek tilida *hórmēsis* – tezlikda harakatlanish, intilish degan ma'noni anglatadi) 1980–yilda **T.D.Lakki** tomonidan fanga kiritilgan bo'lib, ultra kichik doza qiymatidagi radiatsion nurlanishning foydali ta'sirini ifodalaydi. Bunda radiatsion gormezis mexanizmi organizmda immun tizimini kuchaytiruvchi, DNK reparatsiyasi, genlar faollashishi, oqsillar biosintezi kuchayishi asosida amalga oshishi qayd qilingan^{129,130}.

IONLANTIRUVCHI NURLARNI YAXLIT ORGANIZMGA TASIRI.

Reja:

1. Ionlantiruvchi nurlarning sut emizuvchilarga ta'siri, o'tkir va strunkali.
2. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri
3. Nurlanish kasalligi

Ionlantiruvchi nurlarning ko'p hujayrali organizmlarga ko'rsatadigan ta'sirini tekshirish katta ahamiyatga ega. Chunki, radiobiologiyaning asosiy masalasi, oxirgi natijada, odam, hayvon va o'simliklarni ionlantiruvchi radiatsiyaning zararli ta'siridan himoya qilish yo'llarini topishdan iborat. Biologik sistema strukturasining murakkablasha borishi bilan ularda radiatsiyaga javoban amalga oshadigan test-reaktsiyalarning xarakteri ham o'zgarib boradi. Radiatsiya, ko'p hujayrali organizmlarda, bir qator jarayonlarga sabab bo'lib, ular majmuasi radiatsion sindromni tashkil etadi. Nurlantirilgan hujayraning asosiy test-reaktsiyalari hujayra halokati va xromosomal mutatsiyadan iborat bo'lsa, ko'p hujayrali organizmning nurlantirishga ko'rsatadigan test-reaktsiyasi murakkab kechadi. Chunki, organizmning nurdan halok bo'lishi, patologik jarayonlarning bir-biriga ustlanishi natijasida kelib chiqadigan nur xastaligidir.

Tirik organizmlarning ionlovchi radiatsiyaga sezgirligi. Tirik organizmlarning ionlantiruvchi nurga sezgirligi turlicha. Masalan, sut emizuvchilar 1-10 Gr dozada halok bo'lsa, boshqa umurtqali hayvonlar bir necha o'n, hatto yuz Grey doza bilan nurlantirilganda halok bo'ladi. Organizmlarning nur sezgirligi bir filogenetik guruh ichida hamda har xil taksonlar aro ancha farqlanadi.

Umuman, organizmlar nur sezgirligini baholash uchun yashovchanlik ko'rsatkichi ishlatilib, u, nurlantirilgan populyatsiyadan 50 yoki 100% halokatiga sabab bo'luvchi, dozalar LD₅₀ yoki LD₁₀₀ orqali ifodalanadi. Sutemizuvchilar nur sezgirligi aniqlanganda, ularning nurlantirilgandan keyin o'tgan 30 kun davomidagi yashovchanligi LD_{50G'30} olinadi. Bu muddatning tanlanishi shunga asoslanganki, sutemizuvchilarda nur xastaligining o'tkir davri asosan 30 kundan so'ng tamom bo'ladi. 5-jadvalda ba'zi bir sut emizuvchilarning yarim halokat dozalari keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, sutemizuvchilar ham bu ko'rsatkich bo'yicha o'zaro keskin farqlanadi.

Ba'zi bir sut emizuvchilarni rentgen yoki gamma nurlar bilan bir marta nurlantirilganda olingan LD_{50G'30} ko'rsatkichlarning taxminiy kattaliklari. (5-jadval)

5-jadval

| Объект | LD _{50/30} , Гр |
|-------------------|--------------------------|
| Монгол қумсичқони | 10,0-13,0 |
| Суғур | 6,5 -9,0 |

¹²⁹ Гормезис // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹³⁰ А.М.Кузин Проблема малых доз и идеи гормезиса в радиобиологии // Радиобиология. – 1991. – Т. 31, – Вып. 1. – С. 16–21.

| | |
|---------------------|----------|
| Юмрон қозик | 5,5 -8,5 |
| Чўлсичқон | 5,5 -8,0 |
| Олмаҳон | 5,0 -8,0 |
| Кўршапалак | 5,0 -7,5 |
| Каламуш | 4,5 -7,0 |
| Сичқон | 4,0 -6,5 |
| Эчки | 3,0 -5,5 |
| Маймун | 3,0 -5,5 |
| Одам | 2,5 -4,0 |
| Ит | 2,5 -4,0 |
| Чўчка | 2,5 -3,5 |
| Денгиз орти чўчкаси | 1,5 -3,5 |

Tirik organizmlar ichida radiatsiyaga chidamlisi mikroorganizmlar bo'lib, ular juda katta dozalarga bardosh bera oladi. Ularning halokat dozasi yuz, hatto ming Greyga ham borib etadi. Ular orasida shunday "rekordsmenlar" borki, masalan, yadroviy reaktorlarini sovtish uchun ishlatiladigan suvda yashovchi, *Micrococcus radidurans* 10 kGr dozaga bardosh beradi. Ammo, o'sha mikrokokklardan *M.sodensis* ionlantiruvchi nurga, ularga nisbatan 25 marta chidamsiz. Ichak tayoqchasining ko'pgina shtammlarda LD₅₀ 50 Gr ni tashkil etadi. Umurtqasizlarning nur sezgirligi yoki ularning halokat dozasi mikroorganizmlarga qaraganda o'n karra kam. Shunday qilib organizmlar murakkabligining oshib borishi barobari, ularning nurga bo'lgan chidamliligi kamaya boradi.

O'simliklar dunyosi vakillari ham, ionlantiruvchi nurga bo'lgan barqarorligi jihatidan o'zaro keskin farqlanadi. Masalan, makkajo'xorining mutlaq halokat dozasi 150 Gr ga teng bo'lsa, karamda bu kattalik 4000 Gr ni tashkil etadi. o'simlik urug'larida ham bunday hollar qayd etilgan. Masalan, jo'ka va liliya urug'lari Gr ning o'ndan bir ulushiga teng gamma nuri bilan nurlantirilganda o'suvchanlikdan mahrum bo'lgan. Ammo, rediska, karam, gorchitsa urug'lari o'nlab Gr dozalarda nurlantirilganda ularning o'suvchanligi oshgan.

Organizmlarning nur sezgirligi har xil omillar ta'sirida o'zgaradi. Nurlantirish paytida atmosferaning gaz tarkibi, harorat va ob'ekt tarkibidagi suv miqdorini o'zgartirish yoki muzlatish orqali organizmlarning nur sezgirligini modifikatsiyalash mumkin. Bir qator kimyoviy moddalar borki, ular organizmning nur sezgirligini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin.

Organizmlarning nur sezgirligi, ularning ovqat ratsioni, fasliy uyquga ketish va hokazoga bog'liq holda ham o'zgaradi. Ma'lum bo'ldiki, hasharotlarda, ontogenezning turli davrlarida, nur sezgirlik bir xil bo'lmaydi. Masalan, meva chivinlari tuxum hujayrasining taraqqiyoti davomida, nur sezgirligi kamayib boradi.

Hayvon organizmlari nur sezgirliklarining farqlanishini izohlash maqsadida, bir qator gipotezalar ilgari surilgan. Ular bunday holni hayvon hujayralaridagi DNK miqdori, xromosomalar ayrim qismlarining ta'sirlanuvchanligi, reparatsiyalovchi sistemalar faoliyatining bir xil bo'lmasligi, hujayrada endogen himoya va sensibillovchi moddalarning mavjud va mavjud emasligi to'qimalardagi kislorod miqdori, metabolizm jarayonlarining jadallik darajasi va hokazoga bog'lab izohlashga xarakat qilishadi.

2. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri. Shifokor-jarroh **S.B.Goldberg** (Rossiya) radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash uchun 75 mg radiy bromid ($RaBr_2$) tuzini tanasining elka sohasiga ~3 soat davomida bog'lab qo'ygan va radioaktiv modda olib tashlangandan keyin teri sohasida qizg'ish tusli dog' xosil bo'lganligi, 2 kundan keyin nekroz jarayoni boshlanganligi, 14 kundan keyin esa – yiringli yara xosil bo'lishini qayd qilgan.

1902-yilda radiatsion nurlanish ta'sirida teri o'sma kasalligi kelib chiqishi aniqlangan, shuningdek odam organizmida to'qima va organlarning nurlanish ta'sirida keskin o'zgarishi va o'limga olib kelishi mumkinligi qayd qilingan.

Odam organizmiga radiatsion nurlanishning ta'siri:

| Ютилган радиация дозаси (Paд) | Таъсир даражаси |
|--|--|
| Ўлимга олиб келувчи доза: 10 000 Paд (100 Gr) | Марказий асаб тизими функцияси бузилиши оқибатида ўлим ҳолати юз беради |
| 1000–5000 Paд (10–50 Gr) | Ички органларда (ошқозон–ичак тизимида) қон кетиши оқибатида, 1–2 ҳафтадан кейин ўлим ҳолати юз беради |
| 300–500 Paд (3–5 Gr) | Суяк илиги функцияси бузилиши оқибатида, нурланиш олган 50% кишида 1–2 ойдан кейин ўлим ҳолати қайд қилинади |
| 150–200 Paд (1,5–2 Gr) | Бирламчи нурланиш касаллиги белгилари юзага келади |
| 100 Paд (1 Gr) | Бепуштлика олиб келади |
| 25 Paд (0,25 Gr) | Фавкулотда даражада ҳавфли доза |
| 10 Paд (0,1 Gr) | Ген даражасидаги мутациялар |
| Йилига 2 Paд (0,02 Gr) | «А» тоифасига киритилувчи, яъни бевосита радиацион нурланиш объектларида ишловчи ишчи–ходимлар учун чегаравий рухсат этилган доза |
| Йилига 0,2 Paд (0,002 Gr) (200 миллиPaд) | «Б» тоифасига киритилувчи, яъни ишлаб чиқариш объектларида радиацион нурланиш таъсири эҳтимоллиги мавжуд шароитда ишловчи ишчи–ходимлар учун чегаравий рухсат этилган доза |
| Йилига 0,1 Paд (0,001 Gr) | «Б» тоифасига киритилувчи, яъни барча аҳоли учун чегаравий рухсат этилган доза |
| Йилига (0,1–0,2 paд) | Йил давомида табиий (космик ва табиий) радиацион фон таъсири |
| Йилига 3 Paд | Стоматологик рентгенография |
| Йилига 30 Paд | Ошқозон–ичак тизими рентгеноскопияси |
| 1 микроPaд | Кинескопли телевизор экранида битта хоккей мусобақасини кўриш давомида |
| 84 микроPaд/соат | Самолётда 8 км баландликда учиб давомида |

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida – o'tkir va surunkali nurlanish kasalligi, katarakta, leykoz, anemiya, limfoma, mieloma, qalqonsimon bez saratoni, nafas olish tizimi organlari o'sma kasalliklari, oshqozon–ichak saratoni, siydik pufagi saratoni, ko'krak bezi saratoni, tuxumdon va urug'don saratoni, teri saratoni, suyak saratoni, miya o'smasi va boshqa onkologik kasalliklar kelib chiqishi qayd qilingan¹³¹.

Shuningdek, radiatsiya ta'sirida ma'lum vaqt o'tganidan keyin yuzaga keluvchi patologik holatlar – jumladan, jinsiy tizim funktsiyasi buzilishi, katarakta, genetik o'zgarishlar qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida quyidagi ta'sir effektlari yuzaga keladi:

I. Somatik ta'sir effekti:

- Nurlanish kasalligi;
- Leykoz;
- O'sma kasalliklari.

¹³¹ А.В.Яблоков. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология // Москва. – Изд-во Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. – 145 с.: ил.

II. Genetik ta'sir effekti:

- *Gen mutatsiyalari;*
- *Xromosoma abberatsiyasi.*

Odam organizmi uchun qisqa muddat davomida ~400–500 *Ber* radiatsion nurlanish olish o'lim holatiga olib kelishi qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma (*saraton*) kasalligi kelib chiqish ehtimolligi darajasi yuqori hisoblanadi (5.4–jadval).

Radiatsion nurlanishdan keyin o'sma kasalliklarining barcha shakllari ~50–60 yil davomida to'liq namoyon bo'lishi qayd qilinadi. Radiatsion nurlanishning ma'lum muddatdan keyin yuzaga keluvchi ta'siri odam organizmida deyarli barcha organlarda (ko'pincha holatlarda suyak, qon, tuxumdon, oshqozon–ichak, qalqonsimon bezda) o'sma kasalliklari kelib chiqishi, genetik mutatsiyalar, turli xil kasalliklarga chalinishga moyillik darajasi ortishi (immunitet tizimi barqarorligi keskin susayishi), bepushtlik, muddatidan oldin qarish jarayoni tezlashishi, ruhiy–asab tizimi, aqliy rivojlanishning orqada qolishi kabi holatlar bilan ifodalanadi.

5.4–jadval

1945–yil Xirosima va Nagasaki shaharlariga atom bombasi tashlanganidan keyin o'sma kasalliklarining rivojlanish davri [Edward, 1998]¹³²

| Ўсма касаллиги турлари | Радияцион нурланиш олгандан кейин, ривожланиш даври давомийлиги |
|-------------------------------|---|
| Лейкемия (қон ўсма касаллиги) | 5 йилдан кейин |
| Қалқонсимон без ўсмаси | 10 йилдан кейин |
| Кўкрак беги ва ўпка саратони | 20 йилдан кейин |
| Ошқозон, тери, ичак саратони | 30 йилдан кейин |

Shuningdek, radiatsiya nurlanishi ta'sirida odam organizmida oshqozon–ichak tizimi, markaziy asab tizimi, qon tizimi funksiyasida jiddiy buzilishlar kelib chiqadi.

3. Nurlanish kasalligi. *Nurlanish kasalligi* – odam organizmiga belgilangan, ruxsat etilgan me'yoriy dozadan yuqori radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatishi natijasida yuzaga keluvchi, o'ziga xos kasallik belgilariga ega bo'lgan patologik holat hisoblanadi. Umumiy holatda nurlanish kasalligi organizmda qon xosil qiluvchi organlar, asab tizimi, oshqozon–ichak tizimi funksiyasi izdan chiqishi bilan tavsiflanadi.

Radiatsion nurlanish dozasi bog'liq holatda **o'tkir nurlanish kasalligi** va **surunkali nurlanish kasalligi** o'zaro farqlanadi¹³³.



Grigoriy Davidovich BAYSOGOLOV (Rossiya: 07.06.1921–14.09.2003) – tibbiyot fanlari doktori, professor, shifokor–radiobiolog olim, Sobiq Ittifoqda radiatsion tibbiyot sohasining asoschilaridan biri hisoblanadi, shuningdek Chelyabinsk hududida Biofizika instituti filialining tashkil qilinishida asoschilardan biri hisoblanadi. G.D.Baysogolov A.K.Guskova bilan birgalikda, o'tkir va surunkali radiatsion nurlanish kasalligi va uni

¹³² А.В.Яблоков. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология // Москва. – Изд-во Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. – 145 с.: ил.

¹³³ Радиационное облучение – не застрахован никто // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://simptom.org> Дата обращения: 18.12.2015 г.

davolash mexanizmlarni va shuningdek, ionlashtiruvchi radiatsiyaning odam organizmiga ta'sir oqibatlarini o'rgangan¹³⁴.

O'tkir nurlanish kasalligi – qisqa vaqt davomida 1 Gr (100 Rad) qiymatdan yuqori bo'lgan radiatsiya nurlanishi ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holat hisoblanib, **radiatsion toksemiya** (radiotoksinlar va suv molekulasini radiolizi maxsulotlarining organizmga salbiy ta'siri), **tsitostatik effekt** (o'zak hujayralarning bo'linish xossasi yo'qolishi), **radiatsion kapillyarit, funktsional buzilishlar, skleroz, malignizatsiya** (radiatsiyaning onkomutagen ta'siri) rivojlanishi bilan tavsiflanadi. O'tkir nurlanish kasalligi nurlanish dozasi qiymatiga bog'liq holatda quyidagi turlarga tasniflanadi: suyak iligi funktsiyasi izdan chiqishi (1–6 Gr), o'tish shakli (6–10 Gr), ichak tizimi funktsiyasi izdan chiqishi (10–20 Gr), toksemik shakl (20–80 Gr), tserebral shakl (80–120 Gr). Shuningdek, 120 Gr dan yuqori radiatsiya nurlanishi ta'sirida o'tkir nurlanish kasalligi odam organizmida bevosita o'limga olib keladi.

Suyak iligi funktsiyasi izdan chiqishi bilan bog'liq o'tkir nurlanish kasalligi shakli – **boshlang'ich davr** (birlamchi javob reaksiyasi), **yashirin davr, kuchayish davri va qayta tiklanish yoki tuzalish davri** bosqichlariga ajratiladi. O'tkir nurlanish kasalligi boshlang'ich davrida *laringit, faringit, enterokolit, bronxit, kon'yunktivit* kasalliklari rivojlanadi.

Radiatsion nurlanish ta'siriga chegaraviy darajada ta'sirchan organlarda morfologik o'zgarishlar yuzaga keladi. Jumladan, qalqonsimon bez hujayralarida – $^{131}_{53}I$, miokard, buyrak va jigar hujayralarida – $^{137}_{55}Cs$, suyak iligi hujayralarida – $^{90}_{38}Sr$, $^{239}_{94}Pu$ radioaktiv izotoplari to'planishi aniqlangan. O'tkir nurlanish kasalligi ta'sirida o'sma kasalligi kelib chiqish davri 10–25 yilni tashkil qiladi¹³⁵.

Surunkali nurlanish kasalligi – uzoq vaqt davomida 1 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'sirida bo'lish natijasida kelib chiqadi¹³⁶.

3.3. Radiatsion sindromlar. 1940–yillarda amalga oshirilgan tadqiqotlarda **B.Raevskiy** va **G.Kvastler** tomonidan radiatsion nurlanish dozasi qiymati oshirilishiga qaramasdan, ma'lum bir aniq diapazonda tajriba hayvonlarining radiatsion nurlanish ta'sirida o'rtacha nobud bo'lish muddati qiymati deyarli o'zgarmasligi aniqlangan. Bunda sichqonlar ustida o'tkazilgan tajribalarda radiatsion nurlanish dozasi bog'liq o'rtacha yashash davri davomiyligi qiymati egri chizig'ida 3 ta sohani yaqqol qayd qilish mumkinligi kuzatilgan va ushbu asosda, quyidagi radiatsion sindromlar ajratib ko'rsatiladi:

1. **Suyak iligi (qon xosil bo'lishi tizimi) radiatsion sindromi;**
2. **Oshqozon–ichak tizimi radiatsion sindromi;**
3. **Tserebral (bosh miya) radiatsion sindrom.**

Bunday ko'rinishda radiatsion nurlanish ta'sirida pag'onasimon tarzda nobud bo'lish – bevosita, sut emizuvchilar organizmida radiatsion nurlanish ta'sirida funktsional jihatdan ishdan chiquvchi «*chegaraviy darajada*» sezgir organlar (*critical organs*) va tizimlar mavjudligi bilan izohlaniladi. Ya'ni, radiatsion nurlanish dozasi diapazonining ma'lum bir sohalarida yuqori darajada sezgirlikka ega organlar mavjudligi qayd qilinadi.

Masalan, 10 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'siri sharoitida organizmida **suyak iligi (qon xosil bo'lishi tizimi) radiatsion sindromi** yuzaga keladi. Bunda periferik qon tizimida qonning shaklli

¹³⁴ Байсоголов, Григорий Давидович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹³⁵ Острая лучевая болезнь // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹³⁶ Радиационное облучение – не застрахован никто // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://simptom.org> Дата обращения: 18.12.2015 г.

elementlari ishlab chiqarilishi susayishi, 4–20 sutka davomida suyak iligi hujayralarining halokatli tarzda, morfo–funktsional jihatdan keskin izdan chiqishi qayd qilinadi. Dastlabki bosqichlarda



granulotsitopeniya, keyin esa – *trombotsitopeniya* jarayoni avj oladi, radiatsion sindromning so'nggi bosqichida *gemorragiya* kuchayadi va turli xil infektsiyalar ta'sirida organizmning nobud bo'lish ehtimolligi darajasi ortadi.

Oshqozon–ichak tizimi radiatsion sindromi – radiatsion nurlanish ta'sirida sut emizuvchilarda oshqozon–ichak tizimida epiteliy hujayralari funktsiyasining izdan chiqishi bilan boshlanadi, o'z navbatida hujayralarda apoptoz dasturi ishga tushadi, qon tomirlar funktsiyasi buziladi, ichak tizimi epiteliy hujayralari membranasi orqali tuzlar eritmaları so'rilishi muvozanati keskin izdan chiqadi, infektsion zararlanish darajasi ortadi.

Tserebral (bosh miya) radiatsion sindrom – yuqorida keltirilgan ikkita turdagi radiatsion sindromlardan keskin farq qiladi, chunki bosh miya asab hujayralari yuqori darajada differentsiallashgan hujayralar hisoblanadi. Tserebral (*bosh miya*) radiatsion sindromi nisbatan yuqori qiymatdagi nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keladi, bu sindromning ko'pgina simptomlari o'rganilgan bo'lsada, molekulyar mexanizmlari batafsil holatda qayd qilinmagan.

3.4. Radiatsion nurlanishning genetik ta'siri. 1910–yilda **M.I.Nemenov** tomonidan radiatsion nurlanish ta'sirida organizmda immun tizimi, jinsiy tizim funktsiyasi, embriogenez jarayoni jiddiy izdan chiqishi va muddatidan oldin qarshi jarayoni kuchayishi aniqlangan.

Radiatsion nurlanish ta'sirida ta'sirida tajriba hayvonlarida DNK makromolekulalarida yuzaga keluvchi buzilishlar natijasida, xromosoma darajasidagi mutatsiyalar yuzaga kelish ehtimolligi darajasi keskin ortishi qayd qilingan. Jumladan, me'yoriy holatda DNK makromolekulasida turli xil omillar ta'sirida yuzaga keluvchi struktura tuzilishiga oid buzilishlarni qayta tiklashga qaratilgan – reperatsiya mexanizmining faolligi susayishi aniqlangan.

Vladimir Ivanovich KOROGODIN – biologiya fanlari doktori, professor (1970), prof. B.N.Tarusov tavsiyasi bilan, ionlashtiruvchi nurlanishning tirik hujayralarga ta'sir mexanizmini o'rganish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan. Jumladan, achitqilar hujayralarida radiatsion nurlanish ta'siridan keyin, qayta tiklanish mexanizmi amalga oshirishini aniqlagan va bu mexanizm **N.V.Luchnik, T.Alper, R.F.Kimbol** tomonidan tasdiqlangan. Shuningdek, V.I.Korogodin mashhur radiobiofizik olim **N.V.Timofeev–Resovskiy** bilan hamkorlikda ilmiy tadqiqotlar olib borgan, 1960–yillarda radiatsion mutagenez jarayonining DNK va gen darajasida amalga oshuvchi mexanizmini o'rgangan. V.I.Korogodin Halqaro radioekologlar jamiyatining a'zosi hisoblangan.

Georgiy Adamovich NADSON (Kiev: 23.05 (04.06)1867–15.04.1939) – akademik, genetik, botanik, mikrobiolog olim, radiatsion mutagenez mexanizmini o'rgangan, 1925–yilda zambrug'lar hujayrasida ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida mutatsiya yuzaga kelishini qayd qilgan¹³⁷.

1925–1927 yillarda **G.A.Nadson** va **G.S.Filippov** tomonidan achitqi hujayralarida va shuningdek, keyinchalik **H.J.Muller** tomonidan drozofila pashshasi (*Drosophila* Fallen, 1823) ustida o'tkazilgan tajribalar natijasida, radiatsion nurlanish biologik organizm genomi strukturasida mutatsiyalarni keltirib chiqarishi va hatto, bu genetik o'zgarishlarning avlodlarga uzatilishi (irsiylanishi) qayd qilingan¹³⁸. 1960–yillarda radiatsion nurlanishning DNK darajasiga ta'sir mexanizmlari aniqlangan.

V.P.Skulachev tomonidan favqulotda vaziyatda, jumladan radiatsion zararlanish darajasi ortishi sharoitida, umumiy biologik tizimning barqaror holatdagi mavjudligini saqlab qolish uchun havfli hisoblangan hujayra va organlarning o'z–o'zini yo'q qilish dasturi ishga tushishini tushintirib beruvchi biologik qonun (*apoptoz, mitoptoz, organoptoz*) ishlab chiqilgan.

¹³⁷ Надсон, Георгий Адамович // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹³⁸ Г.Е.Труфанов и др. Лучевая терапия // Учебник. – Москва. – Изд-во «ГЭОТАР–Медиа», 2012. – 208 с.: ил.

INKORPORATSIYA QILINGAN RADIOAKTIV MODDALARNING BIOLOGIK TA'SIRI.

Reja:

1. Organizmga inkorporatsiya qilingan radionuklidlarning kirish yo'llari, organizmga radionuklidlarning tarqalishi.
2. Radiatsion izotoplarning organizmga kirishi.
3. Radioprotektorlar.

1. Radionuklidlar. *Radionuklidlar* (radioaktiv kimyoviy element izotoplari) – tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanish xossasini namoyon qiluvchi, beqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy elementlar hisoblanadi.

Er biosferasi tarkibida ~80 dan ortiq tabiiy radionuklidlar mavjud bo'lib, **birlamchi** va **kosmogen radionuklidlar** guruhlariga ajratiladi.

Birlamchi radionuklidlar – o'z navbatida, yarim parchalanish davri 3×10^{-7} yildan (masalan, $^{212}_{84}\text{Po}$) $1,41 \times 10^{10}$ yilgacha (masalan, $^{232}_{90}\text{Th}$) bo'lgan 43 ta **og'ir radionuklidlar** va yarim parchalanish davri $1,3 \times 10^9$ – $1,4 \times 10^{21}$ yilni tashkil qiluvchi – **uzoq vaqt davomida mavjud bo'luvchi radionuklidlar** guruhlariga ajratiladi.

Kosmogen radionuklidlar – asosan, atmosferada kosmik nurlanish ta'sirida xosil bo'luvchi, yarim parchalanish davri 37,3 minutdan (masalan, $^{38}_{17}\text{Cl}$) $7,4 \times 10^5$ yilgacha (masalan, $^{26}_{13}\text{Al}$) bo'lgan, 20 ta radionukliddan tashkil topadi (^3_1H , ^7_4Be , $^{14}_6\text{C}$, $^{22}_{11}\text{Na}$ va boshqalar).

Odatda, tabiiy radionuklidlar – **og'ir** va **engil radionuklidlar** guruhlariga ajratiladi¹³⁹.

Engil radionuklidlar guruhiga – ^3_1H , $^{14}_6\text{C}$, $^{40}_{19}\text{K}$ kabi radioaktiv izotoplar kiritiladi.

Tritiy (^3_1H) – yarim parchalanish davri 12,34 yilni tashkil qiladi.

Uglerod – tabiatda $^{14}_6\text{C}$ radioaktiv izotop shaklida uchraydi, yarim parchalanish davri 5730 yilga teng, litosfera, biosfera, gidrosferada faol tarzda migratsiyalanish xossasiga ega hisoblanadi.

Kaliy – $^{40}_{19}\text{K}$ izotopining yarim parchalanish davri $1,28 \times 10^9$ yilga teng, tuproq qatlamining tabiiy radioaktiv fonida muhim o'rin tutadi.

Og'ir radionuklidlar guruhi – $^{238}_{92}\text{U}$, $^{232}_{90}\text{Th}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{210}_{84}\text{Po}$, $^{208}_{82}\text{Pb}$, $^{222}_{86}\text{Rn}$ kabi radioaktiv izotoplardan tashkil topadi.

Uran – odatda, tabiatda 3 ta radioaktiv izotoplar: $^{234}_{92}\text{U}$, $^{235}_{92}\text{U}$ va $^{238}_{92}\text{U}$ shaklida uchraydi. Ayniqsa, $^{238}_{92}\text{U}$ izotopi radiologik nuqtai nazardan muhim ahamiyatga ega bo'lib, yarim parchalanish davri $4,5 \times 10^9$ yilga teng, tabiiy radioaktiv fon tarkibida uran izotoplari asosan Er qatlamida tarqalgan.

Toriy – tabiatda 6 ta radioaktiv izotoplar shaklida uchraydi, radiologik nuqtai nazardan $^{232}_{90}\text{Th}$ izotopi muhim ahamiyatga ega hisoblanib, yarim parchalanish davri $1,41 \times 10^{10}$ yilga teng, tuproqlar qatlami tarkibida miqdori ~31,1 BkG'kg ni tashkil qiladi.

Radiy – asosan, 4 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib, ulardan asosiysi $^{226}_{88}\text{Ra}$ hisoblanadi va uning yarim parchalanish davri 1622 yilga teng, tuproq qatlamida keng tarqalgan.

¹³⁹ Р.М.Алексахин и др. Сельскохозяйственная радиоэкология // (Под ред. Р.М.Алексахина, Н.А.Корнеева) Москва. – Изд-во «Экология», 1992. – 400 с.

$^{226}_{88}\text{Ra}$ (*Radium*) elementi 26.12.1898–yilda **Mariya Sklodovskaya–Kyuri** va **Per Kyuri** tomonidan aniqlangan bo'lib, 1910–yilda **Andre Debern** bilan birgalikda toza holatda ajratib olingan. 1918–yilda Rossiyada Rentgen institutida radioaktiv elementlar, jumladan birinchi navbatda radioaktiv $^{226}_{88}\text{Ra}$ (*radius–nur*) xossalari o'rganishga ixtisoslashtirilgan – Radiy bo'limi tashkil qilingan. Tabiatda $^{226}_{88}\text{Ra}$ juda kam uchraydi, $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$ va $^{232}_{90}\text{Th}$ izotoplarining radioaktiv parchalanishi natijasida xosil bo'ladi.

Radioaktiv $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopi biologik organizmga favqulotda darajada havfli ta'sir ko'rsatadi, jumladan suyak iligi hujayralarida to'planishi, osteoporoz, qon xosil qiluvchi hujayralar funktsiyasi buzilishi, o'sma kasalliklariga olib kelishi aniqlangan.



Radioaktiv $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopining salbiy ta'siri aniqlangunga qadar, undan pardoziy–andoz kukunlari va surtmalari tarkibida foydalanilgan¹⁴⁰.

Poloniy – tabiatda 7 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib, ulardan biri – $^{210}_{84}\text{Po}$ yarim parchalanish davri 138,4 sutkaga teng, Er qobig'i tarkibida uning o'rtacha kontsentratsiyasi $\sim 2 \times 10^{-14}\%$ ni tashkil qiladi. Shuningdek, $^{210}_{84}\text{Po}$ mineral o'g'itlar tarkibida mavjudligi qayd qilinadi, jumladan apatit tarkibida – 30 BkG'kg ni tashkil qiladi.

Qo'rg'oshin – tabiatda 4 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib ($^{204}_{82}\text{Pb}$, $^{206}_{82}\text{Pb}$, $^{207}_{82}\text{Pb}$, $^{208}_{82}\text{Pb}$) tuproq qatlamida keng tarqalgan.

Radon – radiologik nuqtai nazardan $^{222}_{86}\text{Rn}$ izotopi muhim ahamiyatga ega bo'lib, yarim parchalanish davri 3,825 sutkaga teng.

Su'niy radionuklidlar antropogen–texnogen tavsifda xosil qilinuvchi radioaktiv izotoplar hisoblanadi¹⁴¹.

Tuproq qatlamida $^{59}_{26}\text{Fe}$, $^{65}_{30}\text{Zn}$, $^{90}_{38}\text{Sr}$, $^{95}_{41}\text{Nb}$, $^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{232}_{90}\text{Th}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{212}_{84}\text{Po}$ va boshqa radionuklidlar tabiiy radioaktiv fonni belgilab beradi. Tuproq tarkibida radionuklidlar kation shaklida ion almashinuv tavsifidagi adsorbtsiyalanish asosida organik va anorganik kolloid adsorbent moddalar bilan birgalikda qayd qilinadi. Bunda adsorbtsiya jarayoni *Freyndlix tenglamasi* bilan ifodalanadi:

$$Q = mC^n$$

¹⁴⁰ Радий // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 03.01.2016 г.

¹⁴¹ Р.М.Алексахин и др. Сельскохозяйственная радиоэкология // (Под ред. Р.М.Алексахина, Н.А.Корнеева) Москва. – Изд-во «Экология», 1992. – 400 с.

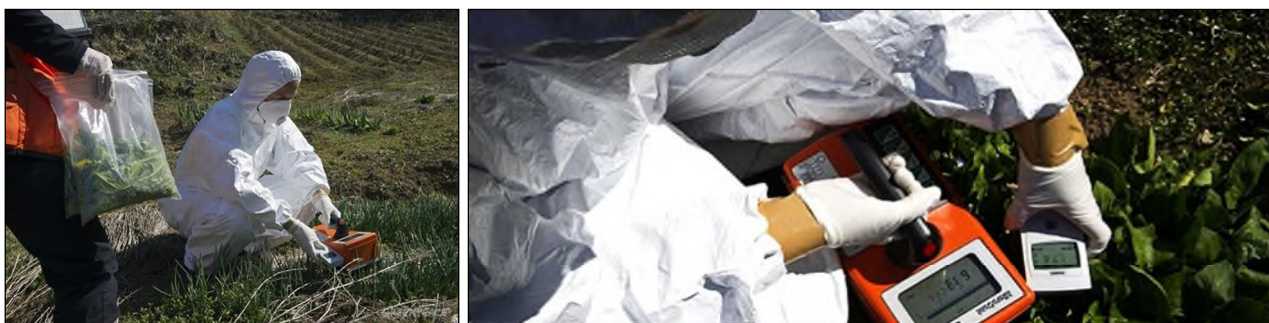
Bu erda: Q – adsorbtsiyalanuvchi modda miqdori; C – muvozanat holatidagi kontsentratsiya; m va n – empirik o'zgarmas (*const.*) qiymatlarni ifodalaydi.

1.2. Radionuklidlarning odam organizmiga salbiy ta'sirini kamaytirish

Radionuklidlar odam organizmiga – oshqozon–ichak tizimi, nafas olish yo'llari va teri orqali tushishi qayd qilinadi. Bunda radionuklidlarning asosiy qismi ovqat hazm qilish va nafas olish tizimi oqali kirishi aniqlangan. Radionuklidlar ovqat hazm qilish tizimi funksiyasini buzadi, asab tizimi faoliyatini ishdan chiqaradi, gen darajasida mutatsiyalar yuzaga kelishiga sabab bo'ladi, organizmning ferment tizimlari funksiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatdi va antioksidant tizim faolligini izdan chiqaradi. Radionuklidlar ta'sirida odam organizmida o'sma kasalliklari yuzaga kelish ehtimolligi darajasi keskin ortadi.



Tuproq tarkibida mavjud bo'lgan $^{90}_{38}\text{Sr}$ va $^{137}_{55}\text{Cs}$ radioaktiv izotoplarining qishloq xo'jaligida etishtiriluvchi oziq–ovqat maxsulotlari tarkibida radionuklidlar shaklidagi kontsentratsiyasini kamaytirish maqsadida tuproq qatlamida kimyoviy melioratsiya chora–tadbirlari o'tkazilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Jumladan, Ca_2CO_3 va shuningdek, organik o'g'itlar ta'sirida tuproq muhiti neytral holatga o'tishi, o'z navbatida unumdorlik ortishi va radionuklidlarning o'simliklarga so'rilishi sezilarli darajada kamayishi aniqlangan^{142,143}.



Qishloq xo'jaligi oziq–ovqat maxsulotlari tayyor iste'mol maxsuloti sifatida qayta ishlanishi (yuvish, tozalash, pishirish va hakoza) jarayonida tarkibida radionuklidlar kontsentratsiyasi sezilarli darajada kamayishi qayd qilinadi. Masalan, kartoshka, pomidor, bodring kabi oziq–ovqat maxsulotlarini tozalash va suv oqimida yaxshilab yuvish natijasida tarkibidagi radionuklidlar miqdori ~5 martagacha, karamning tashqi ikkita qavati olib tashlanganda tarkibidagi radionuklidlar miqdori ~5 martagacha va lavlagi, sabzi kabi ildizmevalar tashqi po'sti tozalangandan keyin yuvilganda tarkibidagi radionuklidlar miqdori ~15–20 martagacha kamayishi aniqlangan. Shuningdek, sabzi,

¹⁴² [Методы эффективной защиты овощей от радионуклидов](http://chornobyl.in.ua) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://chornobyl.in.ua>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁴³ Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания и питьевой воде в Белоруссии, России, Украине и Японии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://chornobyl.in.ua>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

lavlagi, sholg'om kabi ildizmevalar tarkibida 80%gacha radioaktiv izotoplar aynan, ildizmevaning yuqorigi 1–1,5 *sm* yuqori qismida to'planishi aniqlangan va iste'mol qilishga tayyorlashdan oldin ushbu qismni kesib tashlash tavsiya qilinadi.



Ayrim meva va sabzavotlar, jumladan – lavlagi, sabzi, baqlajon, o'rik, behi, gilos, nok, zaytun mevasi, limon, mandarin, apelsin, shaftoli, qovun, tarvuz odam organizmida radionuklidlardan tozalovchi xususiyatga ega hisoblanadi.

Tarkibida kaliy moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat maxsulotlari organizmda radioaktiv $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotopi to'planishiga qarshilik ko'rsatishi aniqlangan. Shuningdek, tarkibida kaltsiy moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat maxsulotlari odam organizmida $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotopi to'planishiga qarshilik ko'rsatadi. A, E, S vitaminlar esa – antioksidant ta'sir faolligi orqali odam organizmida radionuklidlarning radiatsion nurlanishni keltirib chiqaruvchi salbiy ta'sirini susaytiradi¹⁴⁴.



Radionuklidlarning odam organizmidan chiqarib yuborilishida parhez usuli muhim ahamiyatga ega hisoblanishi tasdiqlangan. Ochlik holatida odam organizmida to'qima hujayralarining bo'linish tezligi susayadi va nuklein kislotalarining reparatsiya mexanizmini faollashtiruvchi fermentlar funktsiyasi kuchayadi.

Shuningdek, ovqat ratsioni tarkibida bodom, yong'oq, so'li, yasmiq, olma, loviya, oshqovoq, dengiz karami organizmni radiatsion izotoplardan tozalovchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan¹⁴⁵.

Qoraqat (*Ribes*) mevasi tarkibida yuqori kontsentratsiyada S vitamini mavjud bo'lib, odam organizmi immunitetini kuchaytirishi, infeksiyon kasalliklar ta'siridan himoyalashi aniqlangan. Ayniqsa, qizil qoraqat tarkibida A, S, E vitamini, flavonoidlar radiatsion nurlanish havfi ortishi sharoitida antioksidant ta'sir faolligiga egaligi qayd qilinadi¹⁴⁶.

¹⁴⁴ Нормы содержания радионуклидов в пищевых продуктах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://studopedia.org>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁴⁵ Как вывести радиацию из организма // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://ibeauty-health.com>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁴⁶ Красная смородина – полезная летняя ягода // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://priroda-znaet.ru>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

Qand lavlagi, quritilgan o'rik, qoraqat mevasi, petrushka radionuklidlarning odam organizmiga so'rilishiga qarshilik ko'rsatishi qayd qilinadi.

Sut va sut maxsulotlari, ayniqsa tvorog odam organizmida $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotopining chiqarib yuborilishida muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Mol go'shti tarkibida radioaktiv izotoplar sezilarli miqdorda yig'ilishi qayd qilinib, ovqat ratsioni tarkibida miqdori kamaytirilishi tavsiya qilinadi¹⁴⁷.

Tabiiy uzum vinosi, bug'doy spirti asosida, yuqori darajada tozalash texnologiyasi yordamida tayyorlangan spirtli ichimliklar organizm salomatligi uchun zararli hisoblanmagan me'yoriy miqdorda iste'mol qilinishi ham radiatsion nurlanish va radionuklidlarning zararli ta'siridan himoya qiluvchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Odam organizmini radiatsion nurlanish ta'siridan himoya qilishda **J.Shishko** tomonidan na'matak damlamasi, qarag'ay novdalari damlamasi ijobiy ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.



Meva sharbatlari odam organizmida radionuklidlarning chiqarib yuborilishida samarali ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Faollashtirilgan ko'mir tabletkasi organizmdan radionuklidlarni chiqarib yuborishda foydalaniladi. Shuningdek, kashtan mevasi damlamasi, bargizub, qayin novdasi damlamasi, ko'k choy, asal radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmini himoya qilishi aniqlangan¹⁴⁸. Bundan tashqari, hozirgi vaqtda tarkibida kremniy mavjud bo'lgan sorbentlardan (masalan, *montmorillonit*) foydalanib, radionuklidlarning organizmdan samarali tarzda chiqarib yuborilishi tavsiya qilinadi¹⁴⁹.

Nazorat uchun savollar!

1. Chegaraviy ruxsat etilgan doza nima?
2. Samolyotda radiatsion nurlanish olish qiymatini tushuntirib bering.
3. Televizor ekrani ta'sirida radiatsion nurlanish dozasi qanday?
4. Uyali aloqa stantsiyalari antennalari ta'siridagi elektromagnit nurlanish olish havfi qanday?
5. Uyali aloqa telefoni ta'siridagi elektromagnit nurlanishga tavsif bering.
6. Kompyuter monitori ta'siridagi elektromagnit nurlanishga tavsif bering.
7. Kashandalik va radiatsion nurlanish havfi o'rtasidagi bog'liqlikni tushintirib bering.
8. Radiatsion oziq-ovqat maxsulotlari haqida ma'lumot bering.
9. Radionuklidlarning odam organizmiga salbiy ta'sirini kamaytirishning qanday usullari mavjud?

¹⁴⁷ Как вывести радиацию из организма // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://ibeauty-health.com...> Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁴⁸ Радионуклиды в организме человека // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://comonme.com...> Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁴⁹ Сорбенты против последствий радиационного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://arnika-inter.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

2. Radiatsion izotoplarining organizmga kirishi.

2.1. «Marlboro Cowboy» ning ayanchli qismati. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, dunyo miqyosida o'pka saratoni kasalligidan olamdan o'tuvchilarning ~90% qismi, surunkali bronxit kasalligi oqibatida olamdan o'tuvchilarning ~75% qismi va yurak ishemiya kasalligidan olamdan o'tuvchi bemorlarning ~25% qismi aynan, kashandalik oqibati hisoblanadi. Har ~10 sekund davomida dunyo miqyosida o'rtacha bitta kashanda hayotdan ko'z yumadi, 2020–yilga kelib, bu ko'rsatkich 3 sekundni tashkil qilishi tahmin qilingan.

1953–yilda kashandalik saraton kasalligini keltirib chiqarishi aniqlangan va sigerata ishlab chiqaruvchi kompaniyalar maxsulotining sotilishi sezilarli darajada kamaygan. Vaziyatni o'z foydasiga hal qilish uchun, 1954–yilda AQShda **Leo Byornet** tomonidan filtrli «Marlboro» sigaretasini reklama qilish maqsadida – erkinlikni hush ko'ruvchi, kashanda kovboy – «Marlboro Man» timsoli ishlab chiqiladi va «Marlboro Cowboy» 1999–yilga qadar butun dunyo miqyosida keng ommalashadi va kompaniya uchun kutilgan natijani beradi. Biroq, ushbu reklamada ishtirok etgan – **Ueyn Maklaren, Devid Maklin, Dik Molot va Erik Louson** «Marlboro Red» sigareta kashandasiga aylangan va barchasi o'pka saratoni kasalligi oqibatida olamdan o'tgan^{150,151}.

Sigareta tutuni tarkibida $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{210}_{82}\text{Pb}$, $^{209}_{84}\text{Po}$ radioaktiv izotoplari mavjud bo'lib, radioaktiv parchalanish davomida rentgen va γ -nurlanishga nisbatan ~20 marta havfli hisoblangan, α -zarrachalar hosil qilishi aniqlangan. Shuningdek, odam o'pka alveolalarining (~700 000 dona) kislorodni o'zlashtiruvchi yuza maydoni ~160 m² ni tashkil qiladi va shu sababli, sigareta tutuni tarkibidagi radioaktiv izotoplarining ta'sir ko'rsatish maydoni ham keskin ortadi.



Kuniga ~30 dona sigaret chekuvchi ashaddiy kashandalar organizmi yiliga 250 *mikroZivert* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi. Solishtirish uchun, tasavvur qiling, dunyo miqyosida eng yirik radiatsion halokatlardan biri sifatida qayd qilingan – «Chernobo'l fojeasi» ro'y bergan hududda o'suvchi 1 tup daraxt barglari yiliga ~200 *mikroZivert* radiatsion nurlanish olishi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, zamonaviy rentgen apparatida tashxis qo'yish davomida odam organizmi ~52 *mikroZivert* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi. Atom elektr stantsiyasi yaqinida yashovchi aholi yil davomida 0,0001 *milliZivert* radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan. Demak, Siz chekayotgan har bir dona sigerata qo'shimcha radiatsion nurlanish manbai hisoblanadi va sigareta tarkibida o'pka saratoniga olib keluvchi (*kantserogen*) zararli moddalardan biri aynan, radioaktiv izotoplar hisoblanadi¹⁵².

Tamaki o'stirilishida foydalaniluvchi mineral o'g'itlar tarkibida $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{210}_{82}\text{Pb}$, $^{209}_{84}\text{Po}$ radioaktiv izotoplari mavjud bo'lib, bevosita o'simlik tomonidan o'zlashtiriladi va yakuniy holatda, sigareta tutuni tarkibida odam organizmiga so'riladi¹⁵³.

¹⁵⁰ Человек Мальборо // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁵¹ Печальная судьба «Ковбоя Мальборо» // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.pravda.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁵² Радиация и сигарета // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://10.rospotrebnadzor.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁵³ Табак и радиация // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://llloll.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

Sigareta tutuni tarkibida ~6000 dan ortiq turli xil kimyoviy moddalar mavjud bo'lib, 30 dan ortig'i odam organizmiga kuchli zararli ta'sirga ega hisoblanadi. Ayniqsa, sigareta tutuni tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida odam organizmida mutatsiyalar yuzaga kelish ehtimolligi yuqoriligi qayd qilingan. Bir dona sigareta tutuni odam organizmi to'qima hujayralarida ~100 000 ta mutatsiyani keltirib chiqarish kuchiga ega hisoblanadi¹⁵⁴!

Sigareta tutuni tarkibida radioaktiv $^{209}_{84}\text{Po}$ izotopi saraton kasalligini keltirib chiqaruvchi asosiy izotop hisoblanadi^{155,156}.

2.2. Radiatsion oziq-ovqat maxsulotlari. Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat maxsulotlari tarkibida asosan – $^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{90}_{38}\text{Sr}$ va $^{40}_{19}\text{K}$ radioaktiv izotoplari yig'ilishi aniqlangan. Bu radionuklidlar tuproq qatlami tarkibidan o'tishi hisobiga, minimal miqdorda donli ekinlar, ildizmeva va tugunaklarda yig'ilishi va maksimal miqdorda makkajo'kori, dukakli o'simliklar tarkibida yig'ilishi qayd qilingan.

Qishloq xo'jaligi parrandalari va chorva mollari go'sht, sut va tuxum maxsulotlari tarkibida radionuklidlarning to'planishi radioaktiv izotoplarning fizik-kimyoviy xossalari, biologik organizmlarning yoshi, fiziologik holatiga bog'liq o'zaro farqlanadi. Jumladan, chorva mollari tanasida $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotopi asosan muskul to'qimasida, $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotopi esa – suyaklar tarkibida to'planishi aniqlangan. Hayvon organizmi yoshi ortib borishi bilan radioaktiv izotoplarning organizmdan chiqib ketish qiymati pasayib boradi¹⁵⁷.

Parranda tuxumi tarkibida radionuklidlar asosan tuxum po'chog'i tarkibida va kam miqdorda tuxumning sariqlik qismida to'planishi aniqlangan.

Oziq-ovqat maxsulotlari tarkibida radioaktiv $^{90}_{38}\text{Sr}$ va $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotoplarini o'lchashda maxsus ishlab chiqilgan ko'rsatmalar qoidalari asosida, stsintillyatsion va yarim o'tkazgichli γ -spektrometr qurilmalaridan foydalanish tavsiya qilinadi¹⁵⁸.

7.2-jadval

Ayrim oziq-ovqat maxsulotlari tarkibida radionuklidlarning miqdori¹⁵⁹

| Махсулот номи | Солиштирма радиоактивлик қиймати (Бк/кг) | |
|---------------|--|--|
| | Радиоактив $^{40}_{19}\text{K}$ изотопи бўйича | Радиоактив $^{226}_{88}\text{Ra}$ изотопи бўйича |
| Буғдой | 148 | 0,074–0,096 |
| Картошка | 129,5 | 0,022–0,044 |
| Нўхот | 273,8 | 0,29–0,87 |
| Мол гўшти | 85,1 | 0,029–0,074 |

¹⁵⁴ Выплюньте гадость! Каждая сигарета – это дополнительная доза радиации // «Аргументы и факты». – 2014. – №12.

¹⁵⁵ Сигареты содержат радиацию // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.utro.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁵⁶ Сигареты – источник радиации // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.kp.ru...> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁵⁷ Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://only-maps.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁵⁸ 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность радиационный контроль... // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.alppp.ru...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁵⁹ В.Ф.Авсеенко. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения // Киев. – Изд-во «Урожай», 1990. – 144 с.

| | | |
|-------------|------|-------------|
| Балиқ гўшти | 77,7 | 0,015–0,027 |
| Сут | 44,4 | 0,001–0,011 |

Ayrim oziq–ovqat maxsulotlarida radionuklidlarning ruxsat etilgan me'yoriy qiymati quyidagi ko'rinishda belgilangan¹⁶⁰:

- Sut tarkibida 30–100 BkG'kg;
- Mol va qo'y go'shti – 500 BkG'kg;
- Parranda go'shti – 180 BkG'kg;
- Sabzavotlar – 100 BkG'kg;
- Mevalar – 40 BkG'kg;
- Don maxsulotlari – 90 BkG'kg;
- Oziq–ovqat maqsadda foydalaniluvchi zambrug'lar – 370 BkG'kg.

Odam organizmiga radionuklidlarning ~30–50% gacha qismi non maxsulotlari bilan birgalikda kirishi, ushbu ko'rsatkich bo'yicha ikkinchi o'rinda sut va sut maxsulotlari va uchinchi o'rinda kartoshka, meva va sabzavotlar, keyingi o'rinda esa – go'sht va baliq maxsulotlari turishi qayd qilingan.

Shuningdek, qishloq xo'jaligida tarkibida radionuklidlarning to'planishi darajasiga ko'ra quyidagi ketma–ketlik qayd qilinadi:

Loviya > no'xot > sabzi > lavlagi > kartoshka > sarimsoq piyoz > piyoz > pomidor > bodring > karam.

Umuman turli xil oziq–ovqat maxsulotlari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida odam organizmi yil davomida o'rtacha ~40 *milliBer* radiatsion nurlanish olishi hisoblab chiqilgan. Ayrim maxsulotlar, jumladan kartoshka, dukkakli mevalar, yong'oq va kungaboqar urug'i tarkibida radioaktiv izotoplar miqdori sezilarli darajada yuqoriligi aniqlangan.

Ayrim oziq–ovqat maxsulotlari tarkibida $^{90}_{38}\text{Sr}$ radioaktiv izotopining to'planishi qiymati

7.3–jadval

| ОЗИҚ–ОВҚАТ МАХСУЛОТИНИНГ НОМИ | $^{90}_{38}\text{Sr}$ миқдори |
|--|-------------------------------|
| Ичимлик суви | 0,37 Бк/л |
| Сут ва сут махсулотлари Нон ва нон махсулотлари Картошка | 3,7 Бк/л |

2.3. Eng yuqori dozaga ega bo'lgan radiatsion meva!

Braziliya yong'og'i – oziq–ovqat maxsulotlari orasida eng yuqori qiymatda radiatsion nurlanish olishga sabab bo'luvchi manbalardan biri hisoblanadi. Bu meva daraxtining ildizi tuproq qatlamiga chuqur kirib borishi va tarmoqlanishi natijasida, tuproq qatlami tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopi meva tarkibida yuqori kontsentratsiyada to'planadi^{161,162}.

Braziliya yong'og'i Amazonka daryosi havzasida o'suvchi (50–60 *metr*) 500– 1000 yil yashovchi daraxt (*Bertholletia* Bonpl. 1807) mevasi (~2 *kg*) hisoblanib, bitta daraxtda 200 *kg* gacha

¹⁶⁰ Нормы содержания радионуклидов в пищевых продуктах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://studopedia.org>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁶¹ Вы даже не подозревали! Радиация, которая рядом с нами // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://heart4life.com.ua> Дата обращения: 19.12.2015 г.

¹⁶² 9 Вещей, о которых вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.bugaga.ru>... Дата обращения: 19.12.2015 г.

meva yig'ishtirib olinadi, tarkibida *E*, *S*, *V* vitamin, 10 ga yaqin mikroelementlar, flavonoidlar, 18 ta aminokislota, quruq og'irligiga nisbatan ~70% moy, ~20% oqsil, ~10% uglevod mavjudligi aniqlangan va odam organizmida immunitetni kuchaytiruvchi ta'sirga ega. Hozirgi vaqtda Braziliya yong'og'i oziq-oavqat sanoatida va farmatsevtikada keng miqyosda foydaniladi.

Braziliya yong'og'ining radiatsion nurlanish doza qiymati ~40–260 *BkG*'kg ni tashkil qiladi va bu qiymat tarkibida radionuklidlar yig'iluvchi boshqa oziq-ovqat maxsulotlariga nisbatan solishtirganda ~1000 martagacha yuqoriligi qayd qilinadi^{163,164,165}.



Bertholletia Bonpl. 1807



Braziliya yong'og'i tarkibida $^{40}_{19}K$, $^{226}_{88}Ra$, $^{228}_{88}Ra$ radioaktiv izotoplari mavjudligi aniqlangan bo'lib, maxsulotning har 1 *kg* miqdori tarkibida radiatsion nurlanish doza qiymati ~12 000 *pikoKyrini* tashkil qilishi qayd qilingan.

2.4. Radiatsion zambrug'lar. Amalga oshirilgan tekshirishlar natijasida Chernobo'l atom halokati yuz bergan hudud yaqinida joylashgan o'rmonlarda radiatsion nurlanish doza qiymati asosan, 3–5 *sm* tuproq qatlamida to'planishi aniqlangan. O'z navbatida, aynan ushbu qatlamda o'suvchi zambrug'lar tarkibida radioaktiv izotoplar yuqori kontsentratsiyada yig'ilishi qayd qilinadi. Ayrim turdagi zambrug'lar tarkibida radionuklidlar sezilarli yuqori darajada to'planishi aniqlangan¹⁶⁶. Jumladan, Chernobo'l atom halokati yuz bergan hudud yaqinida joylashgan o'rmonlarda o'suvchi zambrug'lar tarkibida radioaktiv $^{137}_{55}Cs$ izotopi 826–11986 *BkG*'kg gachani tashkil qilishi aniqlangan¹⁶⁷.

Odatda, tarkibida radioaktiv izotoplar to'plovchi zambrug'larda me'yoriy qiymat 370 *BkG*'kg ni tashkil qilishi belgilangan.

¹⁶³ Польза и вред бразильского ореха // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.ayzdorov.ru>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁶⁴ Экзотический бразильский орех, польза и вред // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://yazdorovee.ru> Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁶⁵ Бразильский орех // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁶⁶ Опасайтесь радионуклидных грибов // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.camarade.biz>... Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁶⁷ Собранные в лесу грибы проверяйте на радиацию! // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.vetka.by>... Дата обращения: 24.12.2015 г.



Tuproq tarkibidagi radioaktiv izotoplar zambrug' turlarida turli xil darajada adsorbtsiyalanishi aniqlangan. Shu sababli, oziq-ovqat maqsadlarida foydalanishdan oldin terib olingan zambrug'larni osh tuzi eritmasida (1 *lit*r suvda 30 *gramm* osh tuzi eritiladi) bir necha soat davomida saqlash va bunda har 10–20 minutda eritmani almashtirib turish, keyin esa – sirka va limon kislotasi eritmasi bilan yuvish tavsiya qilinadi. Ushbu ko'rinishda ishlov berilgan zambrug'lar tuzli suvda (1 *lit*r suvda 30 *gramm* osh tuzi eritiladi) 50 minutdan kam bo'lmagan vaqt davomida qaynatib pishirish va har 10–20 minutda eritmani almashtirib turish davomida radionuklidlarning asosiy qismi (~99%) eritma muhitiga chiqib ketishi aniqlangan¹⁶⁸.

Esdan chiqarmang! Iste'mol qilingan zambrug' tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar (*radionuklidlar*) jigar, oshqozon osti beziga salbiy ta'sir ko'rsatadi, shuningdek radioaktiv izotoplar gen darajasida buzuvchi ta'sir ko'rsatish xossasiga ega hisoblanadi¹⁶⁹.

2.5. Radiatsion kartoshka. Kartoshka tugunagi tarkibida tuproq qatlamidan o'tuvchi, $^{137}_{55}\text{Cs}$ (~30 *BkG'kg*) va $^{90}_{38}\text{Sr}$ (~10 *BkG'kg*) radioaktiv izotoplari to'planishi qayd qilingan¹⁷⁰.

«Chernobo'l fojeasi» yuz bergan hudud yaqinida hozirgi vaqtda qishloq xo'jaligida foydalaniluvchi er maydonlarida ~30 *sm* chuqurlikdagi tuproq qatlamida radiatsion nurlanish doza qiymati ~15 *mikroRentgenG'soatni* tashkil qilishi aniqlangan.



Shuningdek, bu tuproq qatlamida etishtirilgan kartoshka tugunaklarida $^{90}_{38}\text{Sr}$ radioaktiv izotopi bo'yicha radiatsion nurlanish doza qiymati 40,5 *BkG'kg*, $^{40}_{19}\text{K}$ radioaktiv izotopi bo'yicha radiatsion nurlanish doza qiymati 85,7 *BkG'kg* ga tengligi qayd qilingan. Ta'kidlab o'tish kerakki, ushbu hududda belgilangan me'yoriy xujjatlar bo'yicha, oziq-ovqat maxsulotlari, jumladan kartoshka tugunaklarida ruxsat etilgan radiatsion nurlanish qiymati 3,7 *BkG'kg* ga teng hisoblanadi. $^{90}_{38}\text{Sr}$

¹⁶⁸ Грибы и радиация // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://gribnik-club.ru...> Дата обращения: 24.12.2015 г.

¹⁶⁹ Радиация в грибах может в 20 раз превышать норму! // <http://soeks.ru...> Дата обращения: 22.12.2015 г.

¹⁷⁰ И.М.Богдевич. Возделывание картофеля в частном секторе на территории, загрязненной радионуклидами // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – 32–34.

radioaktiv izotopi odam organizmida, ayniqsa bolalarda qon tizimiga salbiy ta'sir ko'rsatishi va o'sma kasalliklarini keltirib chiqarishi ehtimolligi yuqoriligi ta'kidlangan¹⁷¹.

Shuningdek, ayrim adabiyot manbalarida tuproq tarkibidagi radioaktiv izotoplar deyarli to'liq holatda kartoshka tugunagining tashqi qobig'ida adsorbtsiyanishi va tozalangan holatda odam organizmi uchun radiatsion nurlanish havfini keltirib chiqarmasligi qayd qilingan¹⁷².

2.6. «Banan ekvivalenti». *Banan* – tropik va subtropik mintaqalarda o'suvchi banan daraxti (*Musa*) mevasi hisoblanib, ayrim hududlarda istiqomat qiluvchi aholining asosiy oziq-ovqatlaridan biri hisoblanadi. Masalan, Samoa aholisi o'rtacha jon boshiga ~85 kg banan iste'mol qilishi qayd qilingan. 100 gramm banan mevasi tarkibida 1,1–1,87 mg oqsil, 19,33–25,8 mg uglevod, 0,6–1,48 mg kaliy, 16,3–50,4 mg fosfor, V_I vitamini 0,04–0,54 mg, aminokislotalar va boshqa qimmatli ozuqa moddalari mavjud hisoblanadi¹⁷³.

Yadro energetikasi sohasida faoliyat ko'rsatuvchi ayrim mutaxassislar tomonidan o'rganilayotgan radioaktiv manbaning radiatsion doza qiymatini banan mevasi tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv $^{40}_{19}K$ izotopi faolligiga solishtirish asosida – «*banan ekvivalenti*» birligidan foydalanish tavsiya qilinadi.

«*Banan ekvivalenti*» – bu bir dona banan mevasini iste'mol qilish natijasida odam organizmi qabul qiluvchi radiatsiya nurlanishi doza qiymatiga teng nurlanish qiymati hisoblanadi¹⁷⁴.

Banan mevasi tarkibida ~0,42 gramm miqdorda kaliy moddasi mavjud bo'lib, 150 gramm og'irlikdagi banan mevasi tarkibida radioaktiv $^{40}_{19}K$ izotopi ta'sirida ~520 pikoKyuri (1 Kyurining trilliondan bir qismi) radiatsion nurlanish dozasi yuzaga kelishi qayd qilinadi. Agar, har kuni 1 dona banan iste'mol qilinsa, u holda 1 yilda (365 kun) odam organizmi 36 mikroZivert radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi.

3. Radioprotektor. Hozirgi vaqtda dunyoning ko'pgina hududlarida yadro ob'ektlarida yuz bergan texnogen halokatlar oqibatida radioekologik vaziyat keskin izdan chiqishi qayd qilinadi. Bu holat samarali ta'sirga ega **radioprotektor** preparatlarni yaratish masalasining dolzarbligini belgilab beradi¹⁷⁵.

Radiatsion nurlanishning salbiy ta'siridan himoyalaniish va nurlanish kasalligiga qarshi ishlatiluvchi moddalar umumiy nom bilan **radioprotektorlar** deb nomlanadi. Radioprotektorlar sifatida amaliyotda tarkibida oltingugurt atomi mavjud bo'lgan preparatlar (*tsistamin*), serotonin xosilalari (*meksamin*), glitserat efiri (*batilol*), kaliy yodid, enteral sorbentlar, kompleksonlar (*pentatsin*, *ferrotsin*), farmakologik preparatlar (*leykogen*, *zimozan suspenziyasi*, *aktovegin*), turli xil surtma malhamlardan (*tezan*, *parmidin surtmasi*, *dieton surtmasi*) foydalaniladi¹⁷⁶.

Radioprotektor (lotin tilida *radius* – nur va *protector* – himoya qilmoq degan ma'noni anglatadi) – biologik organizmning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga chidamliligini oshiruvchi kimyoviy modda

¹⁷¹ Картофель и молоко из-под Воложина в 10 раз превысили нормы по радиации // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://euroradio.fm/ru>... Дата обращения: 22.12.2015 г.

¹⁷² [Картофель не пропускает радионуклиды за пределы кожуры](http://radiofobia.com) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://radiofobia.com>... Дата обращения: 22.12.2015 г.

¹⁷³ Банан // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁷⁴ Банановый эквивалент // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>... Дата обращения: 18.12.2015 г.

¹⁷⁵ Ю.Б.Кудряшов, Е.Н.Гончаренко. Современные проблемы противолучевой химической защиты организмов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т.39, – №2. – С.197–211.

¹⁷⁶ Ядерная угроза. Основы выживания и поведения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru> Дата обращения: 18.12.2015 г.

hisoblanadi. Bu yo'nalishdagi dastlabki muvafaqqiyatli sinov tajribalari 1949–yilda amalga oshirilgan. Radioprotektorlar hujayrada amalga oshuvchi fizik–kimyoviy jarayonlar, moddalar almashinuvi faolligiga ta'sir ko'rsatish orqali radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini susaytiradi.

1945–yilda yuz bergan «Xirosima–Nagasaki fojeasi»dan keyin radiobiofizika fan sohasi rivojlanishida yangi davr boshlangan. Ya'ni, radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'sir oqibatlari aniqlangan, shuningdek nurlanish kasalligiga qarshi davolash va profilaktika nuqtai nazaridan samarali vositalarni yaratish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar boshlangan.

1955–yilda Birlashgan millatlar tashkiloti (BMT) tomonidan *Atom radiatsiyasining odam organizmiga ta'sirini o'rganish bo'yicha qo'mita* tashkil qilingan.

3.1. Radioprotektorlarning tasniflanishi. Ionlashtiruvchi nurlanish ta'siri davomida yoki ushbu ta'sirdan keyin, odam organizmida radiatsion zararlanishga qarshi ta'sir ko'rsatuvchi har qanday modda – **radioprotektor** (*Radioprotective agent*) sifatida qayd qilinishi mumkin. Umumiy holatda, radioprotektorlar 3 ta guruhga tasniflanadi¹⁷⁷:

1. Profilaktik moddalar (*Prophylactic agents*);
2. Mitigatorlar (*Mitigators*);
3. Terapevtik (*davolovchi*) moddalar.

Profilaktik radioprotektorlar – radiatsion nurlanish ta'sir qilishi oldidan qo'llanilganda, ionlashtiruvchi nurlanishning organizmga salbiy ta'sirini susaytiruvchi moddalar hisoblanadi.

Mitigatorlar – radiatsion nurlanish ta'siri davomida yoki undan keyin, nurlanishning salbiy ta'sirini susaytirish maqsadida qo'llaniluvchi radioproteksion moddalar hisoblanadi. Mitigator moddalar radionuklidlarning biologik to'qima hujayralariga so'rilishini, yig'ilishini susaytiradi. Masalan, kaliy yodid (*KI*) qo'llanilganda qalqonsimon bez hujayralarida radioaktiv $^{131}_{53}I$ izotopi yig'ilishi susayishi qayd qilinadi. Kaliy yodid (*KI*) tuzi qalqonsimon bezning yodga bo'lgan talabini qondiradi va o'z navbatida, radiatsion nurlanish fonida radionuklidlarning (jumladan, $^{131}_{53}I$) salbiy ta'sirini susaytiradi¹⁷⁸.

Terapevtik (*davolovchi*) moddalar – radiatsion nurlanish ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holatlarni (*nurlanish sindromlari*) bartaraf qilish, biologik to'qimalar hujayralari funksiyasini qayta tiklash maqsadida foydalaniluvchi radioprotektor moddalar hisoblanadi¹⁷⁹.

Odatda, radioprotektorlar kimyoviy tuzilishi va ta'sir mexanizmiga ko'ra, tasniflanadi. Kimyoviy tuzilishiga ko'ra, radioprotektorlar quyidagi turlarga tasniflanadi:

- Tarkibida oltingugurt atomi mavjud bo'lgan radioprotektorlar (*merkaptotetilamin, aminotiol*).
- Indolilalkilaminlar (*meksamin, serotonin*).
- Arilalkilaminlar (*tiramin, noradrenalin, dofamin, adrenalin*).
- Imidazol xosilalari.
- Boshqa radioprotektorlar (*atsetilxolin*).

V_1 , V_2 , V_{12} vitamin, gormonlar (*estradiol, estriol, androsteron, metiltestosteron, adrenokortikotrop gormon, adrenalin, noradrenalin*) tabiiy radioprotektorlar hisoblanadi.

Ta'sir mexanizmiga ko'ra, radioprotektorlar quyidagi turlarga tasniflanadi:

- Gipoksik ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar (*serotonin, meksamin, feniltiazol, benzotiazol, ditiazin, imidazolin*);

¹⁷⁷ H.B.Stone et al. Models for evaluating agents intended for the prophylaxis, mitigation and treatment of radiation injuries. Report of an NC/Workshop, December 3–4, 2003 // Radiation Research. – 2004. – V.162(6). – P.711–728.

¹⁷⁸ Йодистый калий // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.gradremstroy.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹⁷⁹ J.F.Weiss, M.R.Landauer. History and development of radiation–protective agents // Inter. J. Radiation Biol. – 2009. – V.85(7). – P.539–573.

- Gipoksik tavsifga ega bo'lmagan ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar (*tsistamin, tsistein, tsistafos, gammafos*).

Foydalaniluvchi doza qiymatiga bog'liq holatda, radiatsion nurlanishdan himoyalash samaradorligiga ko'ra radioprotektorlar quyidagi guruhlariga taniflanadi¹⁸⁰:

- **Mieloprotektorlar** – odatda, bir martalik radiatsion nurlanishda (1–10 Gr) samarali qo'llaniladi;

- **Enteroprotektorlar** – (*tiazol, triazol, tiadiazin, geterilalkan, prostaglandin*) 10–20 Gr diapazonda radiatsion nurlanishga qarshi qo'llanilib, organizm to'qima hujayralarida kislorod iste'moli qiymatini susaytiruvchi ta'sir ko'rsatadi.

- **Tserebroprotektorlar** – (glutamatergik sinaps blokatorlari) 80 Gr radiatsiya nurlanishi ta'siriga qarshi foydalaniladi.

Shuningdek, radioprotektorlar himoyaviy ta'sir vaqti davomiyligiga ko'ra quyidagi turlarga tasniflanadi:

- **Qisqa vaqt davomida ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar** (*adrenalin, noradrenalin*);
- **Uzoq vaqt davomiyligida ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar.**

3.2. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi. 1942–yilda **V.Deyl** tomonidan ayrim kimyoviy moddalar (*radioprotektor*) xosil bo'luvchi erkin radikallarni bog'lab olishi hisobiga, radiatsion nurlanishning ferment tizimlari funktsiyasiga buzuvchi ta'siri darajasini susaytirishi aniqlangan.

1960–yillarda **Z.Bak** va **P.Aleksander** tomonidan radioprotektorlarning hujayrani radiatsion nurlanish ta'siriga chidamli holatga o'tkazishi («*biokimyoviy shok*») haqidagi gipotezasi, shuningdek **E.F.Romantsev** tomonidan «*radioprotektorlarning majmuaviy biokimyoviy ta'sir mexanizmi*» (1968), **E.Ya.Graevskiy** tomonidan «*sulfigidril ta'sir*» (1969) kabi gipotezalar ilgari surilgan.



1970–yillarning oxirida **E.N.Goncharenko** va **Yu.B.Kudryashev** tomonidan «*radiorezistentlikning endogen foni*» gipotezasi ilgari surilgan, ya'ni radioprotektorlar biologik to'qimalarda lipidlarning peroksidli oksidlanishini maxsulotlari xosil bo'lishini kamaytirishi, shuningdek bunda radiatsion nurlanishning salbiy ta'siriga qarshilik ko'rsatuvchi, antioksidant moddalar, tiol guruhiga ega moddalar, biogen aminlar kontsentratsiyasi ortishi qayd qilinadi.

Yuriy Borisovich KUDRYASHOV – biologiya fanlari doktori, professor, 1962–yildan boshlab, M.V.Lomonosov nomidagi Moskva davlat universiteti Biofizika kafedrasi Radiatsion biofizika laboratoriyasi mudiri (2016), ekologik biofizika, radiatsion biofizika yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar olib borgan, 300 dan ortiq ilmiy ishlar, jumladan 12 ta monografiya, darslik va o'quv qo'llanmalari muallifi hisoblanadi¹⁸¹.

Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi radiatsion nurlanish davomida biologik to'qima hujayralarida nurlanish ta'siriga sezgir biokimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatish orqali ifodalanadi.

Natriy nitrat (NaNO_3) tuzi hujayralarning bo'linish jarayonini susaytiruvchi ta'sir ko'rsatishi orqali, shuningdek metgemoglobin xosil qilishi asosida radioproteksion ta'sir ko'rsatadi^{182,183}.

¹⁸⁰ Классификация радиопротекторов // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://referat-best.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹⁸¹ Кудряшов Ю.Б. // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://soil.msu.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹⁸² Радиопротекторы // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://tarefer.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

Umumiy holatda radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi quyidagi holatlar asosida tushintiriladi:

- Erkin radikallarni o'ziga bog'lab oladi;
- Mitoxondriyada oksidlanish–qaytarilish potentsiali qiymatini o'zgartiradi;
- Endogen *SH* - guruhlar kontsentratsiyasini oshiradi;
- Radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini oshiradi. Masalan, serotonin, dofamin, gistamin kabi endogen aminlar kontsentratsiyasi ortishi radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini oshiradi;
- Kislorod «*effekti*» mexanizmi faolligini susaytiradi;
- Ayrim radioprotektorlar DNK reperatsiyasi jarayonini kuchaytiradi;
- Hujayrada moddalar almashinuvi jarayoni faolligi susayishi hisobiga radiatsion nurlanish ta'siri susayadi.

Hozirgi vaqtda amaliyotda – «Tsistamin gidroxlorid», «Indralin B190», «S-naftizin» radioprotektor preparatlaridan foydalaniladi.

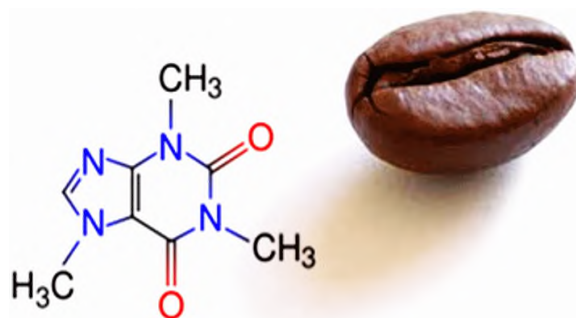
Tadqiqotlarda statinlar (*statins*) radiatsion nurlanish sharoitida DNK reparatsiyasi jarayonini faollashtiruvchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan¹⁸⁴.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda *in vitro* sharoitida kofein radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi va γ -nurlanish sharoitida DNK makromolekulalari strukturasida yuzaga keluvchi buzilishni sezilarli darajasi kamaytirishi qayd qilingan¹⁸⁵.

Shuningdek, amalga oshirilgan tadqiqotlarda biologik ob'ektlar tarkibida suv miqdori ortishi bilan radiatsion nurlanishning salbiy ta'siri susayishi qayd qilingan.

Ayrim tadqiqotlarda asalari (*Apis mellifera*) zaharining radioprotektsion ta'sirga egaligi qayd qilingan¹⁸⁶.

Tibbiyot amaliyotida radioprotektor preparatlardan o'sma kasalliklarini radiatsion nurlanish yordamida davolash (*onkoterapiya*) jarayonida foydalaniladi. Ma'lumki, odam organizmi to'qima hujayralarining tabiiy funktsional faolligi izdan chiqishi va organizm uchun havf tug'diruvchi hujayralarga aylanishi kuzatilgan holatda, organizm genomida bu hujayralarning «o'z-o'zini nobud qilish dasturi» ishga tushirilishi asosida yo'q qilinishi amalga oshadi. Biroq, immun tizim funktsiyasi susayishi natijasida funktsiyasi ishdan chiqqan hujayralarni «tanib olish» jarayonining faolligi susayadi va o'z navbatida, nazoratsiz ravishda, cheksiz ko'payish xossasiga ega bo'lgan – o'sma hujayralari kelib chiqadi va organizm hayot faoliyati uchun havf yuzaga keladi. Radiatsion terapiya odam organizmida o'sma hujayralarining ko'payishini cheklash va yo'qotishga qaratiladi. Biroq, radiatsion nurlanish ishdan chiqqan hujayralarga tanlab ta'sir ko'rsatmaydi va bunda sog'lom



¹⁸³ Радиопротекторы. Биологический энциклопедический словарь. Гл. ред. М.С.Гиляров; Редкол.: А.А.Бабаев, Г.Г.Винберг, Г.А.Заварзин и др. – 2-е изд., исправл. – Москва, 1986 // [Электрон ресурс]. Режим доступа: // <http://dic.academic.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

¹⁸⁴ G.Fritz. Potential use of HMG–CoA reductase inhibitors (statins) as radioprotective agents // Br. Med. Bull. – 2011. – V.97. – P.17–26.

¹⁸⁵ С.В.Пастон, А.Е.Тарусов. Влияние кофеина на конформационные изменения ДНК при γ -облучении *in vitro* // Журнал структурной химии. – 2011. – Т52. – №6. – С. 1246–1251.

¹⁸⁶ А.С.Корягин и др. Сравнительная оценка противолучевых свойств животных ядов по состоянию системы крови в условиях многократного гамма-облучения // Поволжский экологический журнал. – 2005. – №2. – С.137–146.

to'qimalarning ham radiatsion zararlanishi kuzatiladi. Shu sababli, bunday vaziyatda organizmning umumiy holatini yaxshilovchi radioprotektor preparatlardan foydalanish zaruriyati tug'iladi.

Masalan, radioterapiya amaliyotida foydalaniluvchi, tarkibi limon siropi, leytsin, valin, izoleytsin, taurindan tashkil topgan – «Sartar» (Rossiya) radioprotektor preparati odam organizmida zaharli moddalarning salbiy ta'sirini susaytiruvchi, antioksidant, gepatoprotektor, radioprotektor ta'sir faolligiga egaligi va immun tizim funktsiyasini faollashtirishi qayd qilinadi¹⁸⁷.

3.3. Kislorod «effekti». Kislorod «effekti» – muhit tarkibida kislorod (O_2) konsentratsiyasi va bosimi mavjud sharoitda radiatsion nurlanish ta'siri kuchayishi hodisasi hisoblanadi.

Kislorod «effekti» mexanizmi quyidagi holatlar asosida izohlanadi:

- Kislorod elektron akseptori sifatida o'rin tutadi va radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida ionizatsiya jarayonida xosil bo'lgan juftlashmagan elektron kislorod bilan bog'lanadi va o'z navbatida, DNK reperatsiyasi mexanizmi faolligi susayadi;

- Shuningdek, kislorod radiatsion nurlanish jarayonida suv radiolizi faol maxsulotlari xosil bo'lishini kuchaytiradi va o'z navbatida, makromolekulalarning erkin radikallar ta'sirida buzilishi ehtimolligi darajasi ortadi.

1912–yilda o'sma kasalligida rentgen nurlanish yordamida davolash mexanizmini o'rganish jarayonida **G.Shvarts** tomonidan nurlanish xosil qiluvchi rentgen trubkasi moslamasi bemor teri sohasiga qattiq bosilganda, bu sohada kislorod tashuvchi qon tomirlar siqilishi natijasida qon o'tishi susayishi va o'z navbatida, nurlanish ta'siri ham susayishi aniqlangan.

1949–yilda **X.Patt** tomonidan tajriba hayvonlarida tsistein radiatsion nurlanish ta'sirida nobud bo'lishdan himoyalovchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Shuningdek, **N.N.Suvorov, P.G.Jerebchenko, S.P.Yarmonenko, L.Grey, D.Keyter** kabi tadqiqotchilar tomonidan biologik organizmlar to'qimalarida kislorod miqdorining kamaytirilishi radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini susaytirishi aniqlangan.

Ko'pgina radioprotektorlar kislorod iste'moli darajasini susaytiruvchi ta'sir ko'rsatadi (gipoksik ta'sir).

1951–yilda *L-tsistein xosilalari* radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi va biologik organizmda kislorod iste'moli qiymatini susaytirishi, o'z navbatida, radiatsiyaning salbiy ta'siriga qarshilik ko'rsatishi aniqlangan. Shuningdek, *L-tsistein xosilalari gistamin, pirodoksin* kabi preparatlar bilan birgalikda terapevtik ta'siri kuchayishi (*sinergizm*) qayd qilingan. To'qimada nafas olish jarayoni ingibitorlari – *furfuroltsiangidrin, atsetontsiangidrin* (tsianoforlar) radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

3.4. Bioflavonoidlar – potentsial samarali ta'sirga ega radioprotektorlar sifatida. Odatda, ko'pgina kimyoviy radioprotektor preparatlar yuqori darajada toksik ta'sirga egaligi va qisqa vaqt (~1–2 soat) davomida terapevtik ta'sir ko'rsatishi qayd qilinib¹⁸⁸, shu sababli fitopreparatlar asosida, samarali ta'sirga ega bo'lgan va qo'shimcha salbiy ta'sir kuzatilmaydigan radioprotektor preparatlarning yangi avlodini yaratish muhim ahamiyatga ega hisoblanishi ta'kidlanadi¹⁸⁹.

¹⁸⁷ Сартар. Применяется при химиолучевой терапии. Радиопротектор // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://beautywey.ru>... Дата обращения: 03.01.2016 г.

¹⁸⁸ С.П.Ярмоненко, А.А.Вайнсон. Радиобиология человека и животных // Москва. – Изд-во «Выш. шк.», 2004. – 549 с.

¹⁸⁹ М.В.Васин. Классификация средств профилактики лучевого поражения как формирование концептуального базиса современной радиационной фармакологии // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – №2. – С.212–222.

Shuningdek, tibbiyot amaliyotida o'sma kasalligiga qarshi radiatsion terapiya usulidan foydalaniladi, biroq radiatsion nurlanish me'yoriy holatdagi biologik to'qimalarga nisbatan salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan¹⁹⁰.

Shu sababli, hozirgi vaqtda kimyoviy radioprotektor moddalarning (AET, WR2721, WR 1065 va boshqalar) salbiy toksik ta'sirga egaligi uchun, tabiiy o'simlik moddalari asosida, toksik ta'sirga ega bo'lmagan radioprotektor preparatlarni ishlab chiqish yo'nalishida amalga oshiriluvchi tadqiqotlar dolzarb ahamiyatga ega hisoblanishi qayd qilinadi. Amalga oshirilgan tadqiqotlarda *in vitro* sharoitida o'simlik moddalari asosida yaratilgan ayrim radioprotektor moddalar qon tizimiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi, shuningdek tajriba hayvonlari organizmida immun tizimini faollashtirishi orqali terapevtik ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan¹⁹¹.

- ***α-Tokoferol monoglyukozyd*** – toksik ta'siri kam bo'lgan, samarali radioprotektor hisoblanadi¹⁹².

- ***Baicalein*** – 5–50 mkM kontsentratsiyada ta'sir ko'rsatuvchi, kuchli radioprotektor bo'lib, lipidlarning peroksidlanishi jarayoni ingibitori hisoblanadi.

- ***Troxerutin*** – *Sophora japonica* o'simligidan ajratib olingan flavonoid bo'lib, radiatsion nurlanish ta'siri sharoitida kuchli radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.

Kislorod erkin radikallarini bog'lab oluvchi, antioksidant ta'sir xususiyatiga ega bo'lgan flavonoidlar asosida radioprotektor vositalarni ishlab chiqish yo'nalishida ilmiy–amaliy tadqiqotlar olib borilmoqda. Flavonoidlar biologik to'qimalarda endogen antioksidant ferment tizimlarining (*superoksiddismutaza, katalaza glutation peroksidaza, glutation reduktaza*) funksiyasini faollashtirishi, immun tizimini barqarorlashtirishi, gepatoprotektor, kardioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi, shuningdek DNK darajasida yuzaga keluvchi buzilishlar darajasini susaytirishi orqali radiatsion nurlanish sharoitida biologik organizmlarda qayta tiklanish jarayonini tezlashtirishi tahmin qilinadi^{193,194,195}.

Shuningdek, qayd qilib o'tish kerakki, amalga oshirilgan tadqiqotlarimizda flavonoidlar polifunksional terapevtik ta'sir xususiyatlariga ega hisoblanishi kuzatildi¹⁹⁶.

Jumladan, kvartsetin, rutin va katexin *in vitro* sharoitida tajriba hayvonlari miokard funksiyasi faolligini oshirishi va sezilarli darajada antiaritmik ta'sir ko'rsatishi aniqlandi¹⁹⁷.

¹⁹⁰ Stone HB, Coleman CN, Anscher MS, McBride WH. Effects of radiation on normal tissue: Consequences and mechanisms. *Lancet Oncol.* 2003;4:529–36.

¹⁹¹ И.Н.Нигматулин. Изыскание противолучевых средств из класса индукторов цитокинов // Автореферат дисс. ...к.б.н. – Казань, 2007. – 24 с.

¹⁹² C.K.K.Nair et al. Relevance of radioprotectors in radiotherapy: studies with tocopherol monoglucoside // *J. Environmental Pathol. Toxicol. Oncol.* – 2004. – V.23(2). – P.153–160.

¹⁹³ V.Benkovic et al. The Role of Flavonoids as Potential Radioprotectors // *Symposium of the Croatian Radiation Protection Association; Krk (Croatia); 13–15 Apr 2011.*

¹⁹⁴ Kayoko Shimoi et al. Radioprotective effect of antioxidative flavonoids in γ-ray irradiated mice // *Carcinogenesis.* – 1994. – V.15(11). – P.2669–2672.

¹⁹⁵ K.Reshma et al. Effect of *Ocimum* flavonoids as a radioprotector on the erythrocyte antioxidants in oral cancer // *Indian J. Clin. Biochem.* – 2005. – V.20(1). – P.160–164.

¹⁹⁶ Хушматов Ш.С., Махмудов Р.Р., Рустамов Ш.Ю. Полифункциональное фармакологическое действие экстракта подорожника большого (*Plantago major* L.) // *Инфекция, иммунитет и фармакология.* – Ташкент. – 2015. – №2. – С. 189–192.

Shuningdek, amalga oshirilgan tajribalarda pulikarin flavonoidi kuchli gipotenziv ta'sir ko'rsatishi aniqlandi¹⁹⁸.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda *Ocimum sanctum* o'simlik turidan ajratib olingan flavonoidlar tajriba hayvonlarida sezilarli darajada radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan^{199,200}.

Flavonodlarning antioksidant ta'sir mexanizmlari radiatsion nurlanish sharoitida biologik to'qimalarda o'sma kasalliklari kelib chiqish ehtimolligi darajasini susaytirishi mumkinligi tahmin qilingan²⁰¹.

Ayrim flavonoidlar (*nepitrin*, *scutellarein*, *rutin*, *naringin*) radiatsion nurlanish ta'sirida tajriba hayvonlarining nobud bo'lish darajasini kamaytirishi aniqlangan.²⁰²

Tadqiqotlarda *Pilea microphylla* o'simlik turidan ajratib olingan *kvertsetin-3-O-rutinozid* flavonoidi *in vivo* sharoitida tajriba hayvonlarida radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini kamaytirishi aniqlangan va bu ta'sir biologik to'qimalarda antioksidant tizim muvozanatini qayta tiklashi, shuningdek radiatsion nurlanish ta'sirida rivojlanuvchi apoptoz jarayonini susaytirishi bilan bog'liq bo'lishi mumkinligi tahmin qilingan.

Tajribalarda kvertsetin γ -nurlanish va rentgen nurlanishi ta'siri sharoitida kuchli radioproteksion ta'sir faolligiga egaligi qayd qilingan^{203,204,205,206}.

Rutin, kvartsetin qon tomirlar devori tonusini mustahkamlaydi, S vitamini o'zlashtirilishi yaxshilaydi. Amalga oshirilgan tadqiqotlarda rutin va kvertsetin γ -radiatsion nurlanish sharoitida endogen antioksidant ferment tizimlari – superoksiddismutaza, katalaza glutation peroksidaza, glutation reduktaza funksiyasini faollashtirishi, erkin radikallar konsentratsiyasini kamaytirishi, lipidlarning peroksidli oksidlanishi darajasini kamaytirishi aniqlangan²⁰⁷.

¹⁹⁷ Хушматов Ш.С., Махмудов Р.Р., Мавлянов С.М. Сравнительное изучение инотропной и антиаритмической активности флавоноидов – кверцетина, рутина и (+)катехина // [Российский кардиологический журнал](#). – Москва, Россия. – 2015. – №11(127). – С. 14–20.

¹⁹⁸ Khushmatov Sh.S. et al. Relaxant effect of the flavonoid pulicarin // *Medicinal Plant Research (Canada)*. – 2012. – V.2(5). – 5–21.

¹⁹⁹ K.Reshma et al. Effect of *Ocimum* flavonoids as a radioprotector on the erythrocyte antioxidants in oral cancer // *Indian J. Clin. Biochem.* – 2005. – V.20(1). – P.160–164.

²⁰⁰ P.Uma Devi et al. *In vivo* radioprotection by *Ocimum* flavonoids: Survival of mice // *Radiation Research*. – 1999. – V.151(1). – P.74–78.

²⁰¹ K.Reshma et al. Radioprotective effects of *Ocimum* flavonoids on leukocyte oxidants and antioxidants in oral cancer // [Indian Journal of Clinical Biochemistry](#). – 2008. – V. 23(2). – P.171–175.

²⁰² [O.P.Agarwal](#), [A.Nagaratnam](#). Radioprotective property of flavonoids in mice // [Toxicon](#). – V.19(2). – P.201–204.

²⁰³ R.Marina et al. Effect of Quercetin on the short-term impairment of learning induced by X-rays in wistar rats. Nonlinear regression analysis of morris water maze latencies // *Proceedings of Measuring Behavior 2012 (Utrecht, The Netherlands, August 28–31, 2012)*. Eds. A.J.Spink et al. – P.420–423.

²⁰⁴ V.Benkovic et al. Radioprotective effects of quercetin and ethanolic extract of propolis in gamma-irradiated mice // *Arh. Hig. Rada Toksikol.* – 2009. – V.60. – P.129–138.

²⁰⁵ Raman Chawla et al. 3-O- β -D-galactopyranoside of quercetin as an active principle from high altitude *Podophyllum hexandrum* and evaluation of its radioprotective properties // *Z.Naturforsch.* – 2005. – P.728–738.

²⁰⁶ Kayoko Shimoi et al. Radioprotective effect of antioxidative flavonoids in γ -ray irradiated mice // *Carcinogenesis*. – 1994. – V.15(11). – P.2669–2672.

²⁰⁷ L.P.Shrikant et al. Antioxidative and radioprotective potential of rutin and quercetin in Swiss albino mice exposed to gamma radiation // *J.Med. Phys.* – 2013. – V.38(2). –P. 87–92.

Ma'lumki, radiatsion nurlanish ta'sirida biologik to'qima hujayralarida navbatdagi buzilishlarning biokimyoviy zanjirini boshlab beruvchi – kislorodning faol shakli (*erkin radikal*) xosil bo'lishi jarayoni kuchayadi, aynan polifenol birikmalari, jumladan flavonoidlarning radioproteksion ta'siri antioksidant ta'sir mexanizmi orqali izohlanadi²⁰⁸.

Ocimum L. o'simlik turlaridan ajratib olingan flavonoidlar radiatsion nurlanish sharoitida ferment tizimlari faolligiga ta'sir ko'rsatish orqali radioprotektor sifatida ta'sir qilishi mumkinligi taxmin qilingan²⁰⁹.

Tadqiqotlarda turli xil o'simliklardan ajratib olingan flavonoidlar sezilarli darajada radioprotektor ta'sir effektiga egaligi qayd qilingan bo'lib^{210,211,212,213}, jumladan *Alpinia galanga* L. o'simligidan ajratib olingan *galangin*, *kaempferide* flavonoidlari *in vitro* sharoitida 2 Gr γ -nurlanish ta'siri sharoitida DNK makromolekulasida yuzaga keluvchi buzilishlarga sezilarli darajada qarshilik ko'rsatishi aniqlangan va bu flavonoidlarning radiatsion nurlanish ta'sirida xosil bo'luvchi erkin radikallarning salbiy ta'sirini neytrallovchi ta'sir ko'rsatishi bilan bog'liqligi tahmin qilingan²¹⁴.



Aloe arborescens



Emblica officinalis



Mentha arvensis



Gingo biloba

3.4. Radioprotektor sifatida ta'sir xususiyatiga ega bo'lgan ayrim o'simlik turlari²¹⁵.

Shuningdek, *hesperidin* flavonoidi tajriba hayvonlarida 10–160 mgG'kg dozada qorin bo'shlig'iga in'ektsiya qilingan sharoitda 2 Gr γ -nurlanish sharoitida DNK makromolekulasida yuzaga keluvchi buzilishlarga qarshi radioproteksion ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan²¹⁶.

²⁰⁸ Compound for Radioprotection // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.i-sis.org.uk...> Дата обращения: 18.12.2015 г.

²⁰⁹ K.Reshma et al. adioprotective effects of *Ocimum* flavonoids on leukocyte oxidants and antioxidants in oral cancer // Ind. J. Clinical Biochem. – 2008. – V.23(2). – P.171–175.

²¹⁰ C.K.K.Nair et al. Radioprotectors in radiotherapy // J. Radiat. Res. – 2001. – V. 159. – P.812–834.

²¹¹ J.F.Weiss, M.R.Landauer. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals // Toxicol. – 2000. – V.189. – P.1–20.

²¹² K.Sankaranarayanan. Estimation of the genetic risks of exposure to ionizing radiation in humans: current status and emerging perspectives // J. Radiat. Res. – 2006. – V.47. – P.B57–B66.

²¹³ D.K.Maurya et al. Some novel approaches for radioprotection and the beneficial effect of natural products // Indian J. Exp. Biol. – 2006. – V.44. – P.93–114.

²¹⁴ S.A.Divakaran, P.S.Hema, M.S.Nair, C.K.K.Nair. Antioxidant capacity and radioprotection by galangin and kaempferide // Int. J. Radiat. Res. – 2013. – V.11(2). – P.81–89.

²¹⁵ Piya Paul et al. Phytochemicals as radioprotective agents // Indian J. Natural Products and Resources. – 2011. – V. 2(2). – P. 137–150.

²¹⁶ S.J.Hosseinimehr, A.Nemati. Radioprotective effects of hesperidin against gamma irradiation in mouse bone marrow cells // The British Journal of Radiology. – 2006. – V.79. – P.415–418.

Hozirgi vaqtda radioprotektor preparatlarning yangi avlodi sifatida, tarkibida bioflavonoidlar mavjud bo'lgan bir qator preparatlar ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan. Jumladan, tarkibida flavonoidlar mavjud bo'lgan «Vitokan» (Ukraina) preparati antioksidant va radioprotektor ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan²¹⁷.

Kvertsetin flavonoidi γ -nurlanish ta'siri sharoitida tajriba hayvonlarida DNK makromolekulasidagi buzilishlar yuzaga kelishini sezilarli darajada susaytirishi qayd qilingan va flavonoidlar radioprotektor sifatida ijobiy ta'sirga ega preparatlarni ishlab chiqishda istiqbolli manbalar hisoblanishi ta'kidlangan^{218,219}.

Nazorat uchun savollar.

1. Radioprotektor nima?
2. Radioprotektorlar qanday tasniflanadi?
3. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmini tushintirib bering.
4. Kislorod «*effekti*» nima?
5. Bioflavonoidlarning radioprotektorlar sifatida foydalanilish istiqbollari qanday?

RADIATION ZARARLANISHDAN KEYIN ORGANIZMDA KECHADIGAN TIKLANISH JARAYONLARI.

Reja:

1. Organizmning to'la nurlanishdan keyingi tiklanish kinetikasi.
2. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'sirini izohlashga qaratilgan ba'zi bir gipotezalar.
3. Radiatsion ekologiya.

Radiatsion zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish (tiklanish davri yoki "biologik tiklanish"), nur xastaligi davridagi tiklanish farqlanib biologik tashkillanganlikning turli darajalarida har xil jadallik bilan kechadi.

Bunday tiklanishni, nurlantirish paytida ishlatilgan halokat dozalarini o'zaro taqqoslash orqali qayd etish mumkin. Bunga masalan, bir xil radiobiologik effektga sabab qiluvchi doza quvvatini maydalab berish orqali erishish mumkin. Bunday holda, ya'ni nurlantirish muddatining cho'zilishi munosabati bilan, tiklanish jarayonlarining avj olishi tufayli, jarayonlarini to'la qayd etib bo'lmaydi.

Postradiatsion tiklanishni miqdoriy baholashning eng qulay yo'li-bu organizm birinchi marta nurlantirilganidan so'ng, uni har xil vaqt intervali bilan qayta nurlantirish metodidir. Bunda, bo'lib-bo'lib berilgan halokat dozasi bilan bir marta berilgan halokat dozalari o'rtasidagi farq aniqlanadi. Masalan, hayvonlar halokatga olib kelmaydigan dozada nurlantiriladi (birinchi nurlantirish). So'ngra, hayvonlar ikki guruhga bo'linib, ular har xil vaqt intervali bilan qayta nurlantiriladi. Keyin, guruhlardagi hayvonlardan yarmining halok bo'lishiga olib keladigan yig'indi doza aniqlanadi.

Tajribalar natijasida ma'lum bo'ldiki, ikki marta nurlantirilgandagi yig'indi doza, bir marta nurlantirilgandagi dozadan oshib ketadi va bunday holda, navbatdagi nurlantirishlar orasidagi vaqt o'zgargan sari, talab etiladigan LD_{50G}30 ham oshib boradi.

²¹⁷ Витокан (лечение мастопатии, фибромиомы) // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://kiev.do-ua...> Режим доступа: Дата обращения: 18.12.2015 г.

²¹⁸ Vesna Benković et al. Radioprotective effects of quercetin and ethanolic extract of propolis in gamma-irradiated mice // Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. – 2009. – V.60(2). – P.129–138.

²¹⁹ V. Benkovic et al. Radioprotective effects of propolis and quercetin in gamma-irradiated mice evaluated by the alkaline comet assay // [Phytomedicine](#). – 2008. – V.15(10). – P. 851–858.

Utgan asr o'rtalarida, Bler o'z tadqiqotlari asosida, postradiatsion tiklanish eksponentsial qonunga binoan bir xil tezlikda amalga oshib, tiklanish zararlanishning qaytar ulushiga proporsional, qaytmas ulushi esa jamlangan umumiy doza kattaligiga proporsional, degan taxminni ilgari surdi.

"Sof zararlanish" effektiv dozasi quyidagi formulaga binoan hisoblab topiladi.

$$D_t = q D [fQ(1-f)e^{-bt}];$$

bu erda f - zararlanishning qaytmas ulushi, $(1-f)$ - zararlanishning qaytar ulushi, b - bir sutkadagi tiklanish tezligi (%), t - sutkalarda ifodalangan vaqt, e - natural logarifm asosi.

Statistik analiz metodidan foydalanib, organizmning yarim tiklanish davrini ham hisoblab topsa bo'ladi. Yarim tiklanish davri, bu shunday bir vaqtiki, uning davomida zararlangan organizm 50% ga sog'ayadi. Masalan, bu davr sichqonlarda 2-8 sutka, kalamushlarda 6-9, itlarda 14-18, odamlarda esa 25-45 sutkani tashkil etadi. Bu kattalik har bir tur uchun o'zgarmas kattalik hisoblanadi. Ta'kidlash lozimki, bu kattalik nurlanish dozasiga bog'liq holda o'zgarishi mumkin.

Nur ta'siriga yo'liqqan organizmda, bir vaqtning o'zida, organizmning turli darajalarida, zararlanish va tiklanishdan iborat, ko'plagan qarama-qarshi jarayonlar avj oladi. Postradiatsion tiklanishlar turli to'qimalarda turlicha tezlikda amalga oshib, faol bo'linuvchi to'qimalarda, u jadal kechadi, zararlanishlarning ba'zi bir ulushlari tiklanmaydi, ham.

1.2. Nurdan zararlangan odam organizmda uzoq vaqtdan so'ng ro'y beradigan asoratlar

Agar nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida hujayralar halokati yuz bermasa, bunday holda, ularda hujayralar bo'linishiga bevosita daxldor strukturaviy o'zgarishlar sodir bo'lmagan deb bo'lmaydi. Radiatsiya effekti uzoq vaqt o'tgandan so'ng, nurlantirilgan hujayralar avlodida namoyon bo'lishi mumkin. Nurlantirilgan hujayralar emas, balki ularning uzoq avlodlarida paydo bo'ladigan radiatsiya effekti radiatsiyaning uzoq vaqtdan so'ng namoyon bo'ladigan asorati deb ataladi.

Uzoq vaqtdan so'ng yuz beradigan asorat ko'p sonli mutant, ammo hayotchan hujayralarning paydo bo'lishi bilan shartlanib, ular irsiy beqarorlikka olib keladi. Bu xil beqarorlik nurlantirilgan hujayra avlodlarida yuz beradigan hujayralar halokati, transformatsiyalanish, stvol hujayralarga xos xossalarning yo'qolishi singari hodisalar tarzida namoyon bo'ladi. Irsiy beqarorlik hujayra genomida, alohida genlarning boshqaruvchi sistemalarga daxldor mutatsion, predmutatsion o'zgarishlarning to'planishi bilan shartlanadi.

Ko'p hujayrali organizmlarda, uzoq vaqtdan so'ng paydo bo'ladigan asoratlar - xavfli shishlar, umrning qisqarishi, qarilik belgilarining erta paydo bo'lishi, immunitetning susayishi kabilar shaklida namoyon bo'ladi. Bu xil asoratlar, odatda, organizm radiatsiyaning katta dozalarga duchor bo'lgan hollarda, ko'p yillar o'tgandan so'ng paydo bo'ladi. Masalan, Xirosima va Nagasakida portlatilgan atom bombalari tufayli, nurlanishga duchor bo'lgan odamlarda shish paydo bo'lish hodisasi 7-8 yillardan so'ng keng miqyosda avj olgan.

Nurlanishdan so'ng, ko'p hollarda, to'qimalar aynib, xavfli shishlar paydo bo'lishi mumkin. Bunday hodisa radiatsion kantserogenez deb ataladi. Radiatsion kantserogenez ehtimolligini baholashda, radiatsiya tashqi manbalarining organizmga ta'siri yoki to'qimalarga kirib qolgan radionuklidlardan zararlanish darajasining inobatga olinishi zarur bo'lgan muhim shartlardandir. Radiatsion kantserogenez mexanizmlari, aftidan, hujayra genomining buzilishiga bog'liq.

2. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'sirini izohlashga qaratilgan ba'zi bir gipotezalar.

Birlamchi radiotoksinlar (LRT) va zanjirli reaksiyalar gipotezasi. Utgan asr o'rtalarida B.N.Tarusov rahbarligidagi bir guruh tadqiqotchilar nurlantirilgan hayvonlar jigaridan olingan tuzli-suv ekstraktining eritrotsitlarni gemolizlash xossasiga ega ekanligi qayd etdilar. Gemolitik xossaga ega bo'lgan bu omil dastlab "gemolitik omil" deb atalib, uning lipid tabiatli ekanligi aniqlandi, keyin esa, u lipidli radiotoksini (LRT) deb ataldi. Ma'lum bo'ldiki, LRT nurlantirishning dastlabki soatlaridayoq jigargina emas, ingichka ichakda, urug'don, buyrak, oshqozon, qon va boshqa a'zolarida ham paydo bo'ladi. U hatto o'simlik to'qimalari va mikroorganizmlarda ham paydo bo'ladi.

LRT tabiatan to'yinmagan yog' kislotalarining oksidlanishi natijasida hosil bo'ladigan mahsulotlar kompleksidan iborat bo'lib, uning tarkibiga gidroperekislar, ipoksidlar, aldegid va ketonlar kiradi. Tekshirishlar natijasida LRT ta'siridan gemolizgina emas, nurdan zararlanishga xos

bo'lgan boshqa hodisalar: hujayra bo'linishining kechikishi, qon hosil bo'lish, xromosoma apparatining buzilishi va hokazolar qayd etiladi. Shu munosabat bilan LRT "tabiiy radiomimitiklar" deb ham ataldi.

Tarusov va Emanuel tomonidan ilgari surilgan, birlamchi radiotoksinlar gipotezasiga, nurdan zararlanishning ilk bosqichlarida, erkin radikal tipidagi zanjirli oksidlanish reaksiyalari ning substrati-lipidlar hal qiluvchi ahamiyatga ega, deb ta'kidlovchi kontseptsiya asos bo'ldi. Lipidlar hujayra membranasining strukturaviy elementi bo'lib, uning zararlanishi hujayra ximizmi boshqarilishining buzilishi orqali, uning halokatiga sabab bo'ladi. Kontseptsiyaga binoan, nurlanish tufayli sodir bo'ladigan tabiiy antioksidantlar sistemasining buzilishi yoki ingibirlanishi, tarmoqlangan zanjirli reaksiyalarning avj olishiga olib keladi. Antioksidantlar esa, nurlantirilmagan organizm hujayralari, lipidlarni o'zligidan oksidlanishdan saqlaydi.

Mazkur kontseptsiya nuqtai nazaridan, to'qimalarda har doim mavjud, to'yinmagan yog' kislotalarning oksidlanish mahsulotlari ham LRT jumlasiga kiradi. Nurlanish ta'siridan antioksidantlarning zararlanishi tufayli, bunday mahsulotlarning miqdori yana ham oshib ketib, radikal tip o'z-o'zini tezlashtiruvchi oksidlanish reaksiyalarning avj olishiga sabab bo'ladi. Bayon etilganlar, aynan, radiatsiya ta'sirining birlamchi mexanizmlari mazmunini tashkil etadi.

1/2ozirgi zamon ma'lumotlarini tahlil qilish asosida, shunday xulosaga kelinganki, LRT va zanjirli reaksiyalar gipotezasi ionlantiruvchi radiatsiyaning biologik ta'sirini izohlovchi universal nazariya bo'la olmaydi. Chunki, LRT mutagen ta'sirga ega emas, u faqat ma'lum bir doiradagi hodisalar bilan cheklanadi, xolos. Uning ustiga, tarmoqlangan reaksiyalarning organizm sharoi-tida avj olishi ham mumkin emas. Bu xil reaksiyalarning uzoq muddat davomida tirik sistemada ko'p tarkibli metabolizmi amalga oshirib turuvchi mavjud bo'lib turishi ham ehtimoldan yiroq. Shu bilan bir qatorda, LRT miqdori bilan ionlantiruvchi radiatsiyani nisbiy biologik effektivligini belgilovchi EChU kattaligi o'rtasida ham hech qanday bog'liqlik qayd etilgan emas. Va nihoyat, biosistemaning zararlanish darajasi bilan radiatsiyaning turli dozalari ta'sirida LRT to'planish intensivligi aro ham miqdoriy va muddatliy aloqadorlik mavjud emas.

So'nggi ma'lumotlarga ko'ra, tabiiy radiosinsibilizatorlik xossaga ega va birlamchi nurlanishga bog'liq oksidlanish jayonlarida ishtirok etuvchi lipidlarning perekisli oksidlanish mahsulotlari biologik ob'ektlar radiorezistentligining shakllanishiga ta'sir ko'rsatuvchi muhim endogen omillardan hisoblanadi. Ayonki, tirik hujayraga ionlantiruvchi radiatsiya energiya ta'siri bilan bir qatorda, LRT dan tashqari, ko'plagan boshqa birikmalar va makromolekulalar ishtirok etadi.

2.2. Strukturaviy - metabolitik gipoteza

Strukturaviy - metabolitik gipoteza asosida ionlantiruvchi radiatsiya ta'sirida, hujayrada nafaqat sof radiatsion-kimyoviy jarayonlar avj oladi; organizmda biokimyoviy kuchaytiruvchi sistema mavjudligi tufayli, biologik muhim makromolekulalar-ning zararlanishiga sabab bo'luvchi yuqori aktiv mahsulotlar va tuban molekulyar toksik metabolitlar sintezlanadi, deb ta'kidlovchi g'oya yotadi.

Gipotezada, yadrodag molekulalarning zararlanishi bilan bir qatorda, hujayraning normal faoliyatini ta'minlovchi yuksak tartiblanganlikka ega tsitoplazmatik strukturalar normal faoliyatining buzilishiga ham alohida o'rin beriladi.

Bunday yuksak koordinatsiyalangan sistemaning bir yoki bir nechta zvenolarida sodir bo'ladigan zararlanishlar, yo kimyoviy kuchaytirish mehanizmi tomonidan chuqurlashtirilib, membranal va ularga bog'langan metabolitik jarayonlar: fermentlarning faollanishi, boshqaruvchi sistemalarning izdan chiqishi kabi boshqa og'ir oqibatlarga olib keladi.

Radiotoksinlar va zanjirli reaksiyalar gipotezasi singari, bu gipotezada ham, toksik metabolitlar va birlamchi radiotoksinlar (BRT) roliga alohida o'rin beriladi. Afsuski ular organizm nurlantirilgan payt yoki nurlantirilishning dastlabki soatlarida hosil bo'ladi; hujayralar yoki organizmga ta'sir etib, asosiy radiobiologik effektlarga sabab bo'ladi.

BRT - bu xususiyatlari jihatidan bir-biriga yaqin, ammo turli kimyoviy guruhlarga mansub moddalar bo'lib, ular ayrimlari normal hujayrada har doim kam miqdorda mavjud. Ularning ba'zilari hujayrada nur ta'siridan ko'paysa, boshqalari radiatsion-kimyoviy jarayonlar tufayli paydo bo'ladi. Shu xil moddalar jumlasiga xinonlar va ortoxinonlar kiritilgan.

Kartoshkaning nurlantirilgan namunalaridan olingan ekstraktlar hayvon tanasiga kiritilganda, uning tana massasi kamaygan, hujayralarning bo'linishi susaygan, o'simlikning ildiz hujayralarida xromosomalar aberratsiyasi qayd etilgan.

Tadqiqotlar natijasiga ko'ra, BRT-radiatsiya ta'siridan biologik ob'ektda paydo bo'ladigan mahsulotdir, u nurlantirilish tamom bo'lgandan so'ng ham hosil bo'lishda davom etadi. Oksidlovchi fermentlar sistemasining faollanishida namoyon bo'ladigan dastlabki jarayonlar, biokimyoviy kuchaytirish mexanizmi faoliyatining avj olishini aks ettiradi. Nurlanish ta'siridan xinonlar miqdori oshadi. Ular BRT xossasiga ega bo'lganligi uchun, post-radiatsion davrga xos o'zgarishlarni ham keltirib chiqaradi. Hujayrada hosil bo'ladigan xinonlar miqdori bilan nurlanish dozasi va nurlanishdan keyin o'tgan muddat orasida eksponentsial aloqa mavjud. Bundan tashqari toksinlarning ta'sir etish vaqti bilan, yashovchanlik logarifmi o'rtasida ham chiziqli bog'lanish mavjud.

BRT paydo bo'lish ehtimoli, demak BRT ta'sirining ro'yobga chiqish ehtimoli, dozaga bog'liq ravishda oshib boradi. Shu munosabat bilan hujayraning noyob va ko'plagan ichki strukturalarida metabolizmi buzilgan mahalliy sohalarining soni ham oshib boraveradi. Gipotezga binoan, bu xil chiziqli bog'lanishning yuzaga kelishi, birinchi navbatda, lipooksidazalar, polifenoloksidazalar va peroksidazalar faolligining oshib ketishi bilan izohlanadi.

Mazkur gipoteza nuqtai nazaridan, toksinlar va birlamchi radiotoksinlar, zanjirli reaksiyalar gipotezasidan farqli o'la-roq, organizmning nur ta'siriga ko'rsatadigan barcha reaksiyalarida, hatto uzoq vaqtdan so'ng namoyon bo'ladigan oqibatlarida ham ishtirok etadi.

Gipotezaga binoan, hujayraviy populyatsiyalar va to'qimalarning nur sezgirligi, ko'plagan parametrlar bilan belgilanib, quyidagi qonuniyatga bo'ysunadi.

$$R \text{ q} \quad \frac{K_1(O_2)QK_2(PRT)QK_3(FA)QK_4(RVS)QK_5(FS)_{um}}{K_6(FFS1)QK_7(FV)QK_8(3V)QK_9(FS)_{maks}}$$

Bu erda R-hujayralar populyatsiyasi yoki to'qimaning nurlar sezgirligi; K_1, K_2, \dots - koeffitsientlar; O_2 - kislorod bosimi; PRT-radiotoksinga aylanuvchi moddalar kontsentratsiyasi; FA - ferment aktivligi omili; RSV-tiklovchi sistema radiosezgirli; FS-yoppasiga nurlantirilganda atrof-muhit bilan aloqa omili; FFSG-genomning fiziologik barqarorlik omili; FV-tiklanish omili; ZV-himoya moddalari kontsentratsiyasi.

Gipotezaga binoan, ionlantiruvchi nurlanishning hujayraga ko'rsatadigan ta'siriga oid nazariy model yaratishda, quyidagi printsiplar inobatga olinishi lozim.

1. Ionlantiruvchi nurlanish energiyasining moddaga uzatilishdagi diskretlik.
2. Radiatsiyaning, molekula va hujayra strukturasiga bevosita hamda vositali ta'sir etishi natijasida, u yoki bu radiatsion effektga sabab bo'lishi.
3. Hujayra strukturasining mikroeterogenligi va metabolitik struktura hamda har xil strukturalar faoliyatining birday emasligi.
4. Hujayra hayot faoliyatining o'z-o'zidan boshqarilish, metabolitik va genetik informatsiyaning saqlanishi va uzatilishi asosida mak-romolekulyar matritsaning yotishi.
5. Hujayraning bir butunligi va barcha strukturalar va almashinuv jarayonlarning aloqadorligi hayotning oddiy shakli bo'lmish hujayra mavjudligining zaruriy sharti ekanligi.

Sanab o'tilgan omillar yig'indisi radiobiologiyaning asosiy paradoksini izohlashga qaratilgan bo'lib, aslida dastlabki ikki printsipl tegish kontseptsiyasini, navbatdagi uchtasi esa, nishon kontseptsiyasini aks ettirib, undan faqat, hujayraviy struktura xilma -xilligining ko'pligini tan olishi bilan farqlanadi. Oxirgi omil, zararlanishning vaqt e'tibori bilan avj olishini inobatga olib, stoxastik gipoteza doirasida e'tiborga loyiq.

Strukturaviy - metabolitik gipotezaning asosiy qoidalari, ko'p jihatdan stoxastik gipotezaga o'xshaydi. Farqi faqat shundaki, stoxastik gipoteza doza egri chiziqlarini tahlil qilishda miqdoriy kategoriyalar bilan ish ko'rsa, strukturaviy-metabolitik gipoteza hujayra va to'qimalarning radiatsiyadan zararlanishlar ketma-ketligi kinetikasini sifatij jihatdan tasvirlashga intiladi va hal qiluvchi rolni zaharli moddalar zimmasiga yuklaydi.

Demak, struktura-metabolitik gipotezani ham ionlovchi ra-diatsiyaning biologik ta'sirini izohlovchi universal nazariya sifatida qabul qilib bo'lmaydi.

Chunki gipotezada, BRT kontsentratsiyasi va uning hosil bo'lish kinetikasini belgilovchi, ionlovchi radiatsiya NBE ning EChU ga bog'liqligi, to'plangan BRT bilan zararlanish darajasi o'rtasidagi aloqa ham o'z aksini topmagan. Undan tashqari, gipotezaga binoan, BRT hosil bo'lishi muddati, nurlantirish boshlanganidan tortib, bir necha soatlar, hatto bir necha sutkalargacha cho'zilsa, unda BRT ning birlamchilik roli haqida nima deyish mumkin?

Shular bilan bir qatorda, mazkur gipotezada, hujayra nurdan zararlanishining birlamchi jarayonlarida, etakchi rolning haqli ravishda, strukturaviy tashkillanganlik va har bir zvenodagi aniq tartiblanganliklarning buzilishiga berilganligiga e'tiroz bildi-rib bo'lmaydi.

Nazorat savollari

1. Lipid radiotoksinlari gipotezasining mohiyati.
2. Lipid radiotoksinlarining paydo bo'lish sabablari, tabiati.
3. Lipid radiotoksinlari va zanjirli reaksiyalar gipotezasining kamchiliklari.
4. Struktura-metabolitik gipotezaning mohiyati.
5. Birlamchi radiotoksinlar, tabiati va biologik effektlari.
6. Struktura-metabolitik gipotezaning kamchiliklari va ijobiy tomonlari.

3. RADIATsION EKOLOGIYA. XX asrning o'rtalariga kelib, atom (yadro) energiyasi – «kelajak energiyasi» deb nomlangan, albatta bu fikr hozirgi kunda ham ko'plab olimlar tomonidan tasdiqlanmoqda. «Radioekologiya» atamasi 1956–yilda fanga kiritilgan bo'lib, radioekologiya fan sohasi XX asrning 1950–yillarida yadro quroli sinovlari, atom elektr stantsiyalari va yadro ob'ektlarida yuz bergan halokatlar ta'sirida atrof–muhitning radiatsion ifloslanish darajasi ortishi bilan bog'liq holatda shakllangan.

Radiatsion ekologiya – tabiiy va su'niy (antropogen) manbalar asosidagi ionlashtiruvchi radiatsion nurlanishning (*radionuklidlar*) biotsenozlarga ta'sir mexanizmlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi.

«**Radioekologiya** – bu ionlashtiruvchi nurlanishning doimiy ta'siri sharoitida, organizmlar va ularning jamoalarining o'zaro va atrof–muhit bilan munosabatlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi»²²⁰.

«**Radiatsion ekologiya** (radioekologiya) – tirik organizmlar va ularning jamoalarining tabiiy radionuklidlar yoki texnogen tavsifdagi radioaktiv ifloslanish manbalari ta'siri sharoitida mavjudligi xususiyatlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi»²²¹.

Rossiyada radioekologiya fani rivojlanishiga **V.I.Vernadskiy, L.P.Rixvanov, A.M.Kuzin, A.A.Peredelskiy, V.M.Klechkovskiy, N.V.Timofeev–Resovskiy, F.A.Tixomirov, R.M.Aleksaxin, V.A.Shevchenko** kabi olimlar katta hissa qo'shishgan.

Radioekologiya fani tabiiy va antropogen kelib chiqish tavsifiga ega bo'lgan ionlashtiruvchi nurlanish turlari va manbalarini o'rganadi, radionuklidlarning biosfera tarkibiy qismlariga tushish qonuniyatlarini tadqiq qiladi va quyidagi bo'limlarga ajratiladi:

• **Nazariy radioekologiya** – radionuklidlarning ekotizimlarda migratsiyasi masalalarini o'rganadi;

• **Ekspperimental radioekologiya** – biologik organizmlarga ionlashtiruvchi nurlanishning ta'sir mexanizmlarini o'rganadi va ularni radiatsion nurlanishdan himoya qilish chora–tadbirlarini ilmiy asoslab beradi.

²²⁰ Г.А.Соколик и др. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности: Пособие для учителей общеобразоват. учреждений (Под общ. ред. Т.Н.Ковалевой, Г.А.Соколик, С.В.Овсянниковой) // Минск. – Изд – во «ТОНПИК», 2008. – 366 с.

²²¹ Радиационная экология // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 01.11.2015 г.

Radioekologiya bevosita – *hayvonlar radioekologiyasi, o'simliklar radioekologiyasi, gidroradioekologiya, mikroorganizmlar radioekologiyasi, o'rmonlar radioekologiyasi, qishloq xo'jaligi radioekologiyasi* va boshqa yo'nalishlarga ajratiladi.

3.1. Radiatsion monitoring. Ma'lumki, ekologik biofizika, jumladan radiatsion ekologiya fan sohalarining amaliy jihatdan muhim vazifalaridan biri – bu atrof–muhitning atropogen omillar ta'sirida ifloslanish (kimyoviy va fizik, jumladan radiatsion) darajasini monitoring qilish va uni bartaraf qilish chora–tadbirlarini ishlab chiqishni ilmiy jihatdan asoslab berishdan tashkil topadi. Ushbu maqsadda 1989–yilda atrof–muhitning ifloslanish darajasini baholash uchun, Halqaro «*Biotest*» dasturi ishlab chiqilgan²²².

Radiatsion ekologiyada atrof–muhitning turli xil toksik ta'sir ko'rsatish xossasiga ega bo'lgan, radioaktiv chiqindilar bilan ifloslanish darajasini baholashda *biotest* va *bioindikatsiya* uslublaridan foydalaniladi²²³:

• **Biotest** (*bioassay*) – laboratoriya sharoitida ifloslanish muhiti tarkibidan olingan biologik ob'ektlar sinov namunalari morfologik, genetik, biokimyoviy va hakoza struktura–funktsional tizimlaridagi o'zgarishlar asosida muhitning ifloslanish darajasini baholash uslubi hisoblanadi.

• **Bioindikatsiya** (*bioindication*) – yashash muhitida tabiiy va antropogen tavsifga ega zararli chiqindilar ta'siriga nisbatan tirik organizmlarning javob reaksiyasi asosida, mavjud holatni baholash uslubi hisoblanadi.

Radiatsion ekologiyada radiatsion nurlanish energiyasini hisoblashda yutilgan modda sifatida atmosfera havosi tanlab olinadi, bu holatda ***havoda yutilish dozasi*** tushunchasi qabul qilinadi. Masalan, faollik qiymati A bilan ifodalanuvchi, izotrop tavsifga ega foton nurlanishining nurlantirish manbaidan x masofada ***havoda yutilish dozasi*** (D) qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$D = \frac{A \times \sum_{i=1}^I E_g n_g m_{eni}^{xao} 1,6 \times 10^{-13}}{4\pi x^2 \times r^{xao}} GrG's$$

Bu erda: A – radionuklidning faolligi (Bk); n_g – energiya qiymati E_g (MeV) ga teng bo'lgan, 1 ta parchalanish davomidagi fotonlar son qiymati; m_{eni}^{xao} – energiya qiymati E_g ga teng bo'lgan fotonlarning havoda yutilish koeffitsenti (m^{-1}); r^{xao} – havoning zichligi ($kgG'm^3$); x – nurlantirish manbasidan hisoblash amalga oshirilgan nuqttagacha bo'lgan masofani ifodalaydi (m).

Biologik to'qima yoki organda yutilgan doza (D_T) – bu to'qima yoki organ tomonidan yutilgan, o'rtacha doza qiymatini ifodalaydi, ya'ni bunda yutilgan nurlanish energiyasining to'qima yoki organda bir tekisda taqsimlanishi e'tiborga olinadi.

Alohida olingan to'qima yoki organga (T) ta'sir ko'rsatuvchi, har xil turdagi va energiyadagi, ya'ni R parametr bilan tavsiflanuvchi ionlashtiruvchi nurlanish aralash maydonining ta'sir ko'rsatkichi sifatida ***ekvivalent doza*** qabul qilinadi.

Ekvivalent doza (H) quyidagi tenglama orqali ifodalanadi²²⁴:

$$H = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Bu erda w_R radiatsion koeffitsent qiymati tegishli jadval asosida aniqlanadi (8.1–jadval):

²²² В.М.Захаров и др. Здоровье среды: методика оценки // Москва. – Изд-во Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

²²³ А.Г.Бубнов и др. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно–методическое пособие (Под общ. ред. В.И.Гриневича) // ГОУ ВПО Иван. гос. хим.–технол. ун–т. – Иваново, 2007. – 112 с.

²²⁴ В.К.Сахаров. Радиоэкология: Учебное пособие // СПб. – Изд-во «Лань», 2006. – 320 с.: ил.

8.1–jadval

| Нурланиш тури | Энергия диапазони | w_R |
|----------------------|--|-------|
| Фотон, электрон | Барча энергиялар диапазони | 1 |
| Нейтрон | $< 10 \text{ кэВ}, > 20 \text{ МэВ}$ | 5 |
| | $10\text{--}100 \text{ кэВ}, 2\text{--}20 \text{ МэВ}$ | 10 |
| | $0,1\text{--}2 \text{ МэВ}$ | 20 |
| Протон | $> 2 \text{ МэВ}$ | 5 |
| α –заррачалар | Барча энергиялар диапазони | 20 |

Ekvivalent doza o'ltchov birligi *Zivert* (Zv) hisoblanadi: $1 Zv \approx 1 Gr \approx w_R$

Biologik organizmda to'qima va organlarning turli xil darajada nurlanishi davomida umumiy holatda organizmga radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini baholash uchun *effektiv doza* tushunchasi kiritiladi.

Effektiv doza (E) – organizmning barcha to'qima va organlarida yutilgan ekvivalent doza umumiy yig'indisi hisoblanadi:

$$E = \sum_T H_T w_T = \sum_T w_T \times \sum_R w_R D_{T,R}$$

3.2. Radiatsion fon. Radiatsion fon – bu biologik ob'ektlarga, jumladan odam organizmiga doimiy ravishda ta'sir ko'rsatuvchi, Er qobig'ida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar (*radionuklidlar*) va kosmik nurlanishlar, texnogen radionuklidlar ta'sirida yuzaga keluvchi ionlashtiruvchi nurlanish hisoblanadi.

Insoniyat tomonidan erishilgan zamonaviy fan–texnika taraqqiyoti davri sanoat miqyosidagi ishlab chiqarishning favqulotda yuqori darajada rivojlanishi, o'z navbatida har yili Er qa'ridan $\sim 100\,000\,000\,000$ tonnadan ortiq turli xil jinslar qazib olinishi, $\sim 1\,000\,000\,000$ tonna yoqilg'i yondirilishi, atmosferaga $\sim 20\,000\,000\,000$ tonna SO_2 , $\sim 300\,000\,000$ tonna SO , $\sim 50\,000\,000$ tonna NO_x , $\sim 150\,000\,000$ tonna SO_2 , $\sim 5000\,000$ tonna H_2S , shuningdek $\sim 400\,000\,000$ tonnadan ortiq turli xil zararli chang, aerozollar ajratilishi, gidrosferaga $\sim 600\,000\,000\,000$ tonnadan ortiq chiqindilar, $\sim 10\,000\,000$ tonna neft va neft maxsulotlari chiqarib tashlanishi, qishloq xo'jaligida dunyo miqyosida ekin maydonlari tuproqlari tarkibiga $\sim 100\,000\,000$ tonna atrofida kimyoviy mineral o'g'itlar qo'shilishi, biosferaga $\sim 100\,000\,000$ tonnadan ortiq ksenobiotiklar qo'shilishi hisoblab chiqilgan.

Global miqyosda radioaktiv ifloslanish 1970–yillarga kelib, yadro qurolining sinovlari natijasida $5,5 \times 10^{-19} Bk$ ni tashkil qilishi, shuningdek dunyo okeaniga radioaktiv chiqindilarning chiqarib tashlanishi hisobiga $1,7 \times 10^{17} Bk$ ifloslanish yuzaga kelishi qayd qilingan.

Radiatsion fon ta'sirida odam organizmining radiatsion nurlanish olish jarayoni – **tashqi va ichki nurlanish** tavsiflariga ega hisoblanadi.

Tashqi nurlanish – bu odam organizmidan tashqarida joylashgan, ya'ni tashqi muhitda joylashgan radiatsion manbalar va kosmik nurlanishlar ta'sirida yuzaga keladi. Jumladan, turli xil metallar, toshko'mir, neft va gaz va qurilish materiallari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv elementlar ta'sirida odam organizmi doimiy ravishda radiatsion nurlanish ta'sirida bo'lishi qayd qilinadi. Tashqi muhitda joylashgan radiatsion manbalar ta'sirida odam organizmi $\sim 35 mBerG'$ yil radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi.

Ichki nurlanish – bu odam organizmiga tushuvchi radionuklidlar ta'sirida yuzaga keladi. Organizmga tushuvchi radionuklidlar ta'sirida odam organizmi $\sim 135 mBerG'$ yil nurlanish olishi qayd qilinadi.

Shunday qilib, tashqi va ichki nurlanish ta'sirida odam organizmi yil davomida $\sim 170\text{--}200 mBerG'$ yil radiatsion nurlanish olishi kuzatiladi.

Radiatsion nurlanish manbalari **tabiiy** va **su'niy** turlarga ajratiladi.

3.2.1. Tabiiy radiatsion fon. Er biosferasida **tabiiy radiatsion fon** – Er qobig'ida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar (*radionuklidlar*) va kosmik nurlanishlar ta'sirida shakllanadi.

Tabiiy radiatsion fon sharoitida odam organizmi yil davomida kosmik radiatsion nurlanish ta'sirida ~30–50 *milliBer*, tuproq va havo tarkibidagi radionuklidlar ($^{40}_{19}K$, $^{14}_6C$, 3_1H , $^{210}_{84}Po$, $^{226}_{88}Ra$, $^{228}_{90}Th$) ta'sirida ~80 *milliBer* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi²²⁵.

Umumiy holatda, tabiiy radioaktiv nurlanish manbalari (kosmik nurlanish, tuproq–suvning tabiiy radioaktivligi va boshq.) ta'sirida o'rtacha ~125 *mBerG'yil* ekvivalent dozadagi radiatsion nurlanish yuzaga keladi.

Tabiiy radiatsion nurlanish manbalari – kosmik radiatsiya, tog' jinslarining γ -nurlanishi kabilardan tashkil topadi.

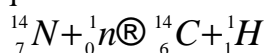
Er qatlamida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar – $^{235}_{92}U$, $^{132}_{55}Cs$, $^{226}_{88}Ra$, $^{40}_{19}K$, $^{214}_{83}Bi$, $^{228}_{90}Th$, $^{228}_{89}Ac$ izotoplari ta'sirida biosferada **tabiiy radiatsion fon** yuzaga keladi.

Er sharining turli xil mintaqalarida tabiiy radiatsion fon qiymati o'zaro farqlanadi. Er sharining ayrim hududlarida tabiiy radioaktiv fon qiymati ~4–12 *mkRG's* ni tashkil qiladi va bu hududlarda (Braziliya, Frantsiya, Xindiston, Misr) istiqomat qiluvchi aholining radiatsion nurlanishi qiymati ~30–100 *mBerG'yilga* teng hisoblanadi.

Frantsiya, AQSh, Yaponiyada taxminan 95% aholi istiqomat qiluvchi hududlarda nurlanish dozasi 0,3–0,6 *mZvG'yilga* tengligi qayd qilingan. Braziliyaning Posus–di–Kaldas shahri hududining ayrim joylarida bu qiymat 250 *mZvG'yilga* teng hisoblanadi. Xindistonning ayrim hududlarida $^{228}_{90}Th$ radioaktiv izotopi ko'p tarqalganligi ta'sirida nurlanish dozasi ~8,5 *mZvG'yilga* teng hisoblanadi. Eronning Ramser shahri hududida bu qiymat ~400 *mZvG'yilni* tashkil qiladi.

3.2.2. Kosmik radiatsiya. Asosiy tabiiy radiatsiya turlaridan biri – bu **kosmik radiatsiya** hisoblanadi. Kosmik radiatsion nurlanishni asosan Galaktikada qayd qilinuvchi kosmik nurlanish va Quyoshdan chiquvchi musbat zaryadli protonlar oqimi yuzaga keltiradi. Kosmik radiatsiya Galaktikada va Quyoshda sodir bo'luvchi portlashlar natijasida xosil bo'ladi. Kosmik radiatsiya mavjudligi haqidagi dastlabki ma'lumotlar 1950–yillarda Erning «Explorer-I» su'niy yo'ldoshi (AQSh) tomonidan qayd qilingan²²⁶. Hozirgi vaqtda kosmik radiatsiya holati haqidagi nisbatan batafsil ma'lumotlar «*Mars Science Laboratory*» stantsiyasida (AQSh) mavjud bo'lgan RAD qurilmasi yordamida olinadi. Jumladan, kosmik stantsiyada kosmonavt 6 oy davomida o'rtacha ~80 *mZv* radiatsion nurlanish olishi aniqlangan, Mars planetasida esa – ushbu ko'rsatilgan vaqt davomida ~120 *mZv* radiatsion nurlanish qabul qilishi qayd qilingan²²⁷. Kosmik nurlanishning tarkibining ~80–90% qismi protonlar, ~10–20% qismi α -zarrachalar, ~0,7–1% qismi neytronlar, foton, elektron va shuningdek – *C*, *N* va *O* atomlari yadrosidan tashkil topgan. **Birlamchi kosmik nurlanish** oqimi energiyasi ~10²⁰ *eV* gacha etishi tahmin qilinadi. Birlamchi kosmik nurlanish oqimining atmosfera qatlamida atom yadrolari bilan to'qnashishi natijasida γ -fotonlar, elektronlar, mezon va neytronlar oqimi xosil bo'ladi. Jumladan, Er yuzasigacha faqat, ~0,05% birlamchi kosmik nurlanish etib kelishi qayd qilinadi.

Kosmogen radionuklidlar atmosfera havosi tarkibida mavjud bo'lgan – *N*, *O*, *Ar* va boshqa kimyoviy elementlar atom yadrosi bilan proton va neytronlar ta'sirlashishi natijasida yuzaga kelishi qayd qilinadi:



²²⁵ Сорбенты против последствий радиационного излучения // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://arnika-inter.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

²²⁶ Радиоактивный космос // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

²²⁷ Космическая радиация и ее опасность в космических полетах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://kosmolenta.com...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

Kosmik nurlanish ta'sirida ham odam organizmi $\sim 35 \text{ mBerG'yil}$ radiatsion nurlanish olishi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, ekvator hududida kosmik nurlanish qiymati $\sim 260\text{--}270 \text{ mkZvG'yil}$ va shimoliy kengliklarda $\sim 270\text{--}290 \text{ mkZvG'yil}$ ni tashkil qilishi qayd qilinadi.

3.2.3. Quyosh radiatsiyasi. *Quyosh radiatsiyasi* – bu Quyoshda amalga oshuvchi elektromagnit va korpuskulyar tavsifga ega nurlanish hodisasi hisoblanadi. Bunda elektromagnit nurlanish – γ –nurlanishdan radioto'lqinlargacha diapazonni o'z ichiga qamrab oladi, korpuskulyar nurlanish esa – asosan, proton va elektronlar oqimidan tashkil topadi.

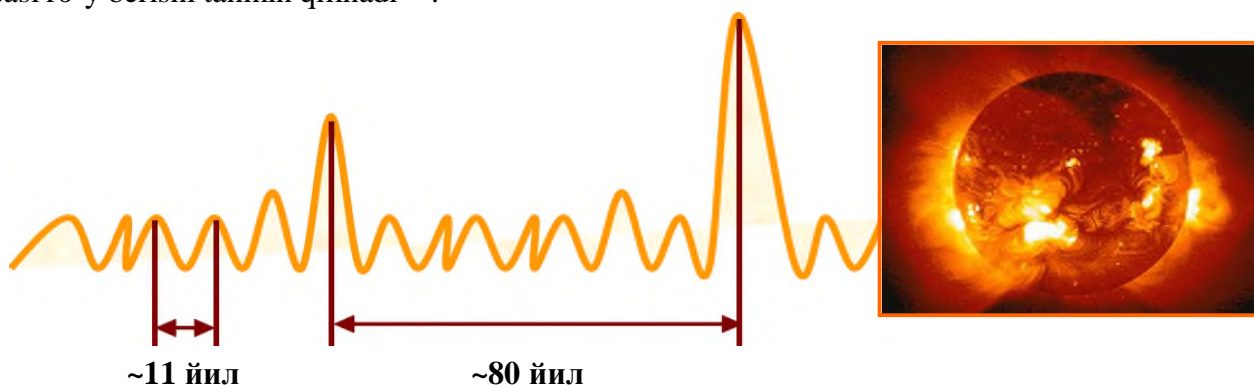
Odatda, Quyosh yuzasida harorat taxminan o'rtacha $Q5700^\circ\text{S}$ ni tashkil qilishi qayd qilinib, ~ 11 yilda bir marta Quyosh yuzasida ayrim sohalarda haroratning $Q1000\ 000^\circ\text{S}$ gacha ko'tarilishi yuzaga keladi va natijada Quyosh xromosferasida kuchli «*chaqnash*» yuz beradi, bu vaqtda ko'rinuvchi, ultrabinafsha va rentgen nurlanishi spektrlarini qamrab oluvchi energiya elektromagnit nurlanish shaklida ajraladi, o'z navbatida $5 \times 10^{-5}\text{--}7 \times 10^{-5} \text{ mG's}$ tezlikda Er atmosferasiga etib keladi. Quyosh xromosferasida yuzaga keluvchi faollik hodisasini miqdoriy tavsiflashda yuzaga keluvchi umumiy «*dog'lar*» (kuchli magnit maydonga ega sohalar) soni (f) va ularning o'nlik shaklidagi qiymati yig'indisi bilan ifodalanuvchi *Volf soni* (W) indeksidan foydalaniladi:

$$W = k(f + 10g)$$

Bu erda: k – empirik koeffitsientni ifodalaydi.

Volf soni qiymati o'rtacha har ~ 11 yilda maksimal qiymatga ko'tarilishi (40–120) qayd qilinadi.

Quyoshda yuzasida qayd qilinuvchi «*chaqnash*» (Quyosh radiatsiyasi faolligi) hodisasi o'rtacha har ~ 11 yilda bir marta takrorlanishi taxmin qilinsada, bu oraliq davr 7,5–16 yilni tashkil qilishi ham mumkin. Shuningdek, har ~ 80 yilda bir marta Quyosh yuzasida juda kuchli intensivlikda «*chaqnash*» hodisasi ro'y berishi taxmin qilinadi²²⁸.



Quyosh yuzasida «*chaqnash*» yuz bergan vaqtda, fazoda parvoz qilayotgan kosmik kema bortida $\sim 0,01\text{--}0,35 \text{ Zv}$ va shuningdek, kosmik bo'shliqda bo'lgan kosmonavt tanasida $\sim 4 \text{ Zv}$ radiatsion nurlanish qayd qilinishi mumkin²²⁹.

Quyosh yuzasida yuzaga keluvchi «*chaqnash*» hodisasi ta'sirida qayd qilinuvchi radiatsion nurlanish Er biosferasida sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Jumladan, **K.Morrel** (Angliya) tomonidan qayd qilinishicha, Er yuzasida $\sim 80\%$ o'z joniga qasd qilish holatlari aynan, Quyosh yuzasida yuzaga keluvchi «*chaqnash*» hodisasi vaqtida kuzatiladi, shuningdek miokard infarktidan olamdan o'tish holatlarining soni 11–16 marta ortishi, odam organizmida bosh miya funksiyasi o'zgarishi, ruhiy o'zgarishlar ro'y berishi natijasida ta'sirida avtohalokatlar soni ortishi aniqlangan.

²²⁸ Г.А.Соколик и др. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности: Пособие для учителей общеобразоват. учреждений (Под общ. ред. Т.Н.Ковалевой, Г.А.Соколик, С.В.Овсянниковой) // Минск. – Изд-во «Тонпик», 2008. – 366 с.

²²⁹ Радиоактивный космос // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru...> Дата обращения: 12.11.2015 г.

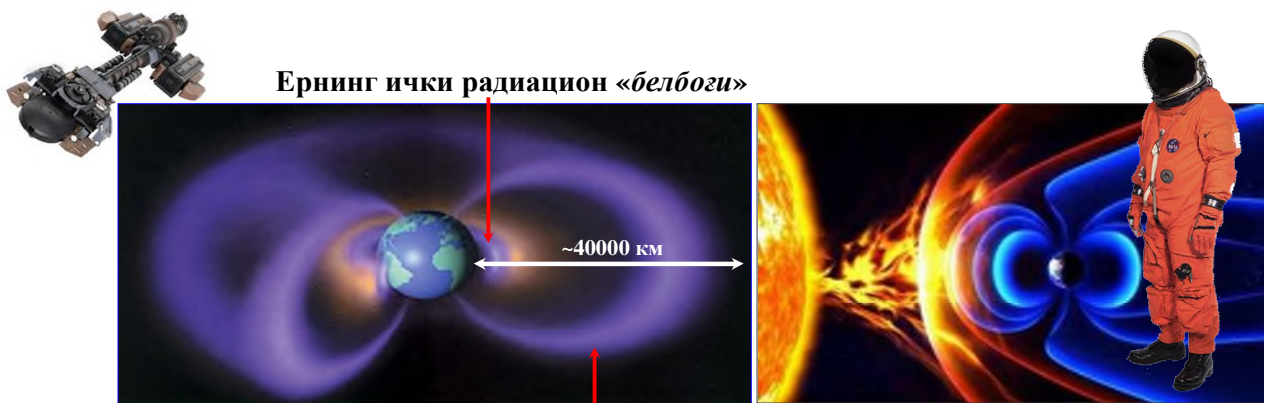
N.A.Shults tomonidan Quyosh yuzasida yuzaga keluvchi «*chaqnash*» hodisasi vaqtida odam organizmida qon tarkibida leykotsitlar kontsentratsiyasi keskin kamayishi (*leykopeniya*) yuz berishi aniqlangan.

06.1972–yilda Quyosh yuzasida taxminan $1,5 \times 10^{15} \text{ m}^2$ sohada haroratning $\sim 900\,000^\circ\text{S}$ ga ko'tarilishi qayd qilingan va aynan, ushbu sutkalarda Er yuzasida Shimoliy Amerika hududida katta tabiiy talofatlarga sabab bo'lgan «*Agness*» dovuli yuz bergan, 27 sutkadan keyin Quyosh yuzasida yana qaytadan «*chaqnash*» sodir bo'lishi vaqtida ham – «*Rita*», «*Syuzen*» va «*Tess*» tayfunlari yuz bergan²³⁰.

3.2.4. Erning radiatsion «belbog'i». Er planetasining magnit maydoni biosferani kosmik radiatsion nurlanishdan himoya qiladi. Biroq, kosmik radiatsiyaning ma'lum bir qismi Er atmosferasiga kirib keladi va «*qutb yog'dusi*»ni yuzaga keltiradi. Er atmosferasining kosmik radiatsion nurlanishdan himoyalovchi to'sig'i $\sim 80 \text{ sm}$ qo'rg'oshin ($^{207}_{82}\text{Pb}$) elementidan ishlangan qatlamga ekvivalent hisoblanadi.

Er atmosferasida kosmik radiatsion nurlanish oqimini yopiq traektoriya bo'ylab, turli xil yo'nalishda qaytaruvchi – magnit maydon sohalari («*belbog'*») mavjud hisoblanadi. 1958–yilda **Van–Allen** (AQSh) tomonidan Erning ichki «*belbog'i*» (**Van–Allen belbog'i**, *Van Allen belt*) aniqlangan, keyinchalik **Vernov** va **Chudakov** tomonidan tashqi «*belbog'*» mavjudligi qayd qilingan.

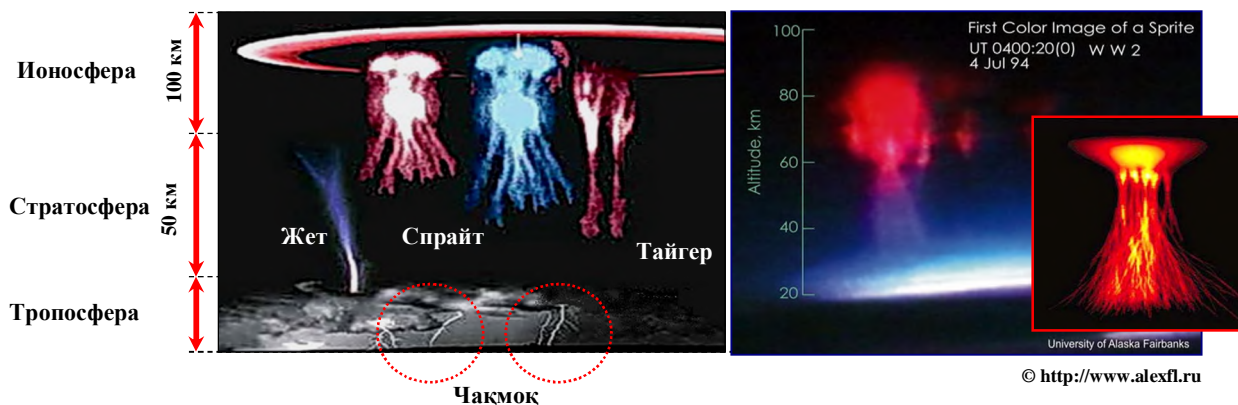
Tashqi qavat – ekvator ustidan $\sim 18\text{--}57 \text{ km}$ balandlikda joylashgan bo'lib, tarkibi asosan, maksimal zich holatdagi protonlar oqimidan tashkil topgan va **ichki qavat** – asosan, elektronlardan tuzilgan bo'lib, Er yuzasidan $\sim 22 \times 10^6 \text{ metr}$ balandlikda joylashgan. Ichki radiatsion «*belbog'*» qavati er yuzasidan $\sim 3\text{--}12 \text{ km}$ balandlikda joylashgan bo'lib, shimoldan janubga tomon yo'nalishda, 30° va 60° oralig'ida joylashadi. Erning radiatsion «*belbog'i*» kosmik nurlanishdan biosferani himoya qiladi.



Shuningdek, Erning ichki va tashqi Van–Allen «*belbog'*»lari oralig'ida zaryadlangan zarrachalar oqimi kuzatilmaydigan – «*havfsiz zona*» (kosmik parvozlar nuqtai nazaridan) mavjudligi aniqlangan. NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) tomonidan amalga oshirilgan kosmik tadqiqotlar natijasida, troposferada chaqmoq yuz bergan vaqtida Er atmosferasining stratosfera va ionosfera qatlamlarida o'ziga xos shakllar (*jet*, *sprayt*, *tayger*) yuzaga kelishi qayd qilingan va bu elektromagnit hodisalar aynan, Erning radiatsion «*belbog'lari*» oralig'ida «*havfsiz zona*» shakllanishida neytrallovchi omil sifatida muhim ahamiyatga ega hisoblanishi mumkinligi tahmin qilingan²³¹.

²³⁰ Э.А.Галицкий. Радиобиология // Курс лекций. – Гродно. – Изд-во ГрГУ, 2001. – 204 с.

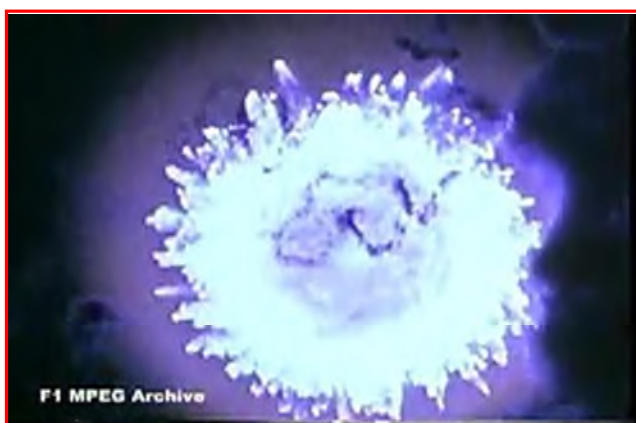
²³¹ Радиационные пояса Ван–Алена // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.alexfl.ru> Дата обращения: 08.12.2015 г.



Jumladan, 09.08.1962–yilda AQSh tomonidan «Starfish Prime» loyihasi asosida, Er yuzasidan ~400 km balandlikda kosmik fazoda 1,45 megatonna quvvatga ega bo'lgan yadro quroli portlatilgan va natijada Erning radiatsion «belbog'i» zonasida radiatsion nurlanish qiymati ~2–3 marotaba ortganligi va 7 ta Erning su'niy yo'ldoshlari, telekommunikatsiya tarmoqlari, elektron apparatlar ishdan chiqishi qayd qilingan. Ma'lum vaqt o'tgandan keyin, kuchli chaqmoq ta'sirida radiatsion zonada nurlanish qiymati muvozanatlashgan.

Чакмоқ чақиши

© <http://www.alexfl.ru>



Портлаш эпицентридан ~3200 км узоқликда жойлашган

Самоа оролидан туширилган фототасвир (09.08.1962–йил)

Shunday qilib, Erning radiatsion «belbog'i» zonasida chaqmoq kosmik radiatsiya nurlanishini neytrallovchi ta'sir ko'rsatishi tahmin qilinadi²³².

Erning ichki radiatsion «belbog'i» zonasida protonlar oqimi ta'sirida ~50–100 rentgenG'soat radiatsion nurlanish xosil bo'lishi aniqlangan. Tashqi radiatsion «belbog'» zonasida esa – radiatsiya qiymati ~1000 rentgenG'soat gacha etishi qayd qilinadi. Hozirgi vaqtda amaliyotda foydalaniluvchi har qanday kosmik kema tashqi qobig'i ushbu radiatsion «belbog'lar» zonasidagi radiatsion nurlanishdan kosmonavtlarni to'liq holatda himoya qila olmaydi. Masalan, Erning ichki radiatsion «belbog'i» zonasida kuzatiluvchi radiatsiyadan himoyalaniish uchun, kosmik kema qoplamasi 80 gG'sm² qalinlikka ega materialdan ishlanishi talab qilinadi²³³.

²³² Радиационные пояса Ван-Алена // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.alexfl.ru> дата обращения: 08.12.2015 г.

²³³ Необычное кольцо радиации в космосе // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://kosmos.of.by> Дата обращения: 08.12.2015 г.

Erning magnit maydoni kosmik nurlanish oqimi yo'nalishini o'zgartiradi, biroq qutblarda kosmik nurlanishning ma'lum bir qismi Erning radiatsion «*belbog'i*»ni yorib o'tadi va natijada er atmosferasida «*qutb yog'dusi*» deb nomlanuvchi hodisa ro'y beradi²³⁴.

«*Qutb yog'dusi*» – Quyoshdan keluvchi zaryadlangan zarrachalar (nurlanish) oqimining Er atmosferasi yuqori qismida (magnitosfera) gaz molekula va atomlari bilan to'qnashishi natijasida lyuminesentsiya hodisasini yuzaga keltirishi hisoblanadi^{235,236,237}.

8.2.5. Texnogen radiatsion fon. Texnogen radiatsion fon – bevosita odam faoliyati bilan bog'liq holatda, Er qa'ridan foydali qazilma ma'danlari, qurilish materiallarini qazib olish, katta miqdorda saqlash, qayta ishlash va foydalanish, atom texnologiyalaridan foydalanish va radioaktiv chiqindilarni saqlash va qayta ishlash jarayonida yuzaga keladi.

Odatda, radiatsion fon qiymatini o'lchash birligi sifatida **ekspozitsion doza quvvati** birligidan foydalaniladi. Belgilangan me'yorlar bo'yicha, 5–25 *mkRentgenG'soat* qiymatidagi radiatsion fon odam organizmi uchun me'yoriy darajadagi radiatsiya deb qabul qilingan.

Odam organizmi tomonidan qabul qilinuvchi umumiy samarali ekvivalent nurlanish dozasi qiymati (2,421 *mZv*) tarkibida – tabiiy radionuklidlar ta'sirida nurlanish 2 *mZv* (~82,61%) va texnogen tavsifga ega radiatsion manbalar ta'sirida radiatsion nurlanish 0,421 *mZv* (~17,39%) ga teng hisoblanishi qayd qilinadi. Bunda tabiiy radiatsion nurlanish qiymati tarkibida Er qobig'ida joylashgan radionuklidlar ta'sirida 1,675 *mZv* (69,186%), kosmik nurlanish ta'sirida 0,315 *mZv* (13,011%) ga tengligi qayd qilinadi²³⁸.

Ko'pgina holatlarda tarkibida tabiiy radionuklidlar yuqori kontsentratsiyada to'planuvchi tabiiy materiallardan ishlangan ob'ektlar texnogen tavsifga ega radiatsion fonni yuzaga keltirishi qayd qilinadi. Masalan, dunyo miqyosida radiatsion nurlanish dozasi nisbatan yuqori bo'lgan inshootlardan biri – bu dunyoning eng yirik vokzallaridan biri bo'lgan Nyu-York vokzali (*Grand Central Station*) hisoblanadi. Bu inshoot poydevori va devorlari tarkibida yuqori kontsentratsiyada radioaktiv izotoplar mavjud bo'lgan granit tog' jinsidan qurilgan. Bu vokzalda ~1 soat davomida poezdni kutish davomida odam organizmi ~0,06 *milliRem* qiymatda radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan²³⁹.

²³⁴ Г.А.Соколик и др. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности: Пособие для учителей общеобразоват. учреждений (Под общ. ред. Т.Н.Ковалевой, Г.А.Соколик, С.В.Овсянниковой) // Минск. – Изд-во «Тонпик», 2008. – 366 с.

²³⁵ Полярное сияние // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...> Дата обращения: 08.12.2015 г.

²³⁶ Н.Л.Александров. Полярные сияния // [Соросовский образовательный журнал](#). – 2001. – №5. – С.75–79.

²³⁷ Ю.Г.Мизун. Полярные сияния // Москва. – Изд-во «Наука», 1983. – 136 с.

²³⁸ В.Хижняк. Пособие для граждан «Осторожно! Радиация» // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://nuclearno.ru> Дата обращения: 08.10.2015 г.

²³⁹ Тройка вещей, о которых Вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://econet.ru...> Дата обращения: 08.10.2015 г.



Qurilish materiallari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida yuzaga keluvchi radiatsion fon bino va inshootlar ichki qismida 15–20 $mkRG'soat$ ruxsat etilish qiymatida belgilanadi.

8.2–jadval

Ayrim qurilish materiallari tarkibida radiy ($^{226}_{88}Ra$) va toriy ($^{232}_{90}Th$) radioaktiv izotoplarining solishtirma faolligi qiymati²⁴⁰

| Курилиш метериали | $^{226}_{88}Ra$ ($Bk > Kz^{-1}$) | $^{232}_{90}Th$ ($Bk > Kz^{-1}$) |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Цемент | 9–168 | 4–81 |
| Гишт | 33–152 | 21–178 |
| Бетон | 11–80 | 9–105 |
| Черепица | 63–91 | 32–64 |

Shuningdek, ustki qismi granit bilan qoplangan oshxona stoli, granit qurilish materiali ishlatilgan uy jihozlari, ayrim turdagi manzarali sopol buyumlar, ayniqsa – 1960–yilga qadar ishlab chiqarishda urfga aylangan, qizg'ish va jigarrang tusli chinni va sopol idishlar materiali tarkibida radioaktiv $^{238}_{92}U$ izotopi yuqori kontsentratsiyada mavjudligi aniqlangan²⁴¹.

**ОСТОРОЖНО
радиация!**



**РАДИОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
РАДИОАКТИВНАЯ
ПОСУДА**



²⁴⁰ Е.В.Сулейманов, А.О.Коршунов. Радиоактивность в окружающей среде. Радиационный фон внутри помещений // Учебное пособие. Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского. – Нижегородск, 2012.

²⁴¹ Тройка вещей, о которых Вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://econet.ru>... Дата обращения: 08.10.2015 г.

Tabiiy yoki texnogen tavsifda halokat yuz bergan favqulotda vaziyatlarda fuqoro mudofaasi havfsizligini ta'minlash maqsadida, ommaviy foydalanishga mo'ljallangan bino va inshootlar evakuatsion chiqish yo'laklarini ko'rsatish belgilari nur sochuvchi harflar bilan «Exit» yozuvi qayd qilinadi. Bu yorug'lik nurlanishi elektr quvvati yordamida xosil qilinmaydi, chunki favqulotda halokat ro'y bergan vaziyatda elektr toki o'chib qolishi tabiiy holat hisoblanadi, shu sababli bu moslamalarda radioaktiv 3_1H izotopidan foydalaniladi²⁴².



Bundan tashqari, silliq va bejirim ko'rinishda ishlab chiqariluvchi jurnal sahifalarini tayyorlashda tarkibida radioaktiv ${}^{228}_{90}Th$ va ${}^{238}_{92}U$ izotoplari sezilarli miqdorda mavjud bo'lgan oq loy – kaolin ishlatiladi²⁴³.



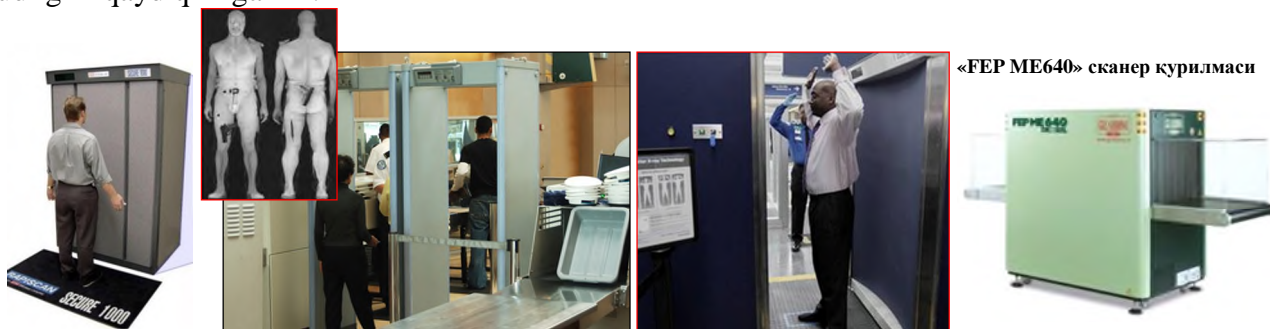
Aeroportlarda foydalaniluvchi «backscatter machine» tipidagi skaner qurilmasi rentgen nurlanishi asosida funktsiya bajaradi. Ushbu skaner qurilmasini ishlab chiqaruvchi kompaniyalar tomonidan bir martalik skanerdan o'tish davomida yo'lovchi organizmi tomonidan olinuvchi radiatsion nurlanish doza qiymati odatdagi tibbiy rentgen apparatidan foydalanishga nisbatan ~1G'1000 qismni tashkil qilishi ta'kidlanadi. Shuningdek, o'lovchilar buyumlarini tekshirishga mo'ljallangan – «FEP ME640» skaner qurilmasida sezilarli darajada kuchli dozaga ega rentgen nurlanishidan foydalaniladi²⁴⁴.

²⁴² Тройка вещей, о которых Вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://econet.ru>... Дата обращения: 08.10.2015 г.

²⁴³ 9 радиоактивных вещей // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.medsovet.info>... Дата обращения: 08.10.2015 г.

²⁴⁴ Сканеры в аэропортах и уровень радиации при перелетах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.livejournal.com>... Дата обращения: 08.10.2015 г.

Tibbiyot mutaxassislari tomonidan aeroport skaner qurilmalari odam organizmida o'sma kasalligini, jumladan teri, ko'krak bezi saratoni va melanoma kasalligini keltirib chiqarish ehtimolligi mavjudligini qayd qilingan²⁴⁵.



Hozirgi vaqtda AQSh, Angliya aeroportlariga o'rnatilgan rentgen skanerlari odam organizmiga $\sim 0,005-0,01$ *milliRem* radiatsion nurlanish berishi aniqlangan. Solishtirish uchun qayd qilish mumkin – mammografiya usulida ko'krak bezining rentgen apparatida tekshirilishi davomida odam organizmi ~ 13 *milliRem* radiatsion nurlanish oladi²⁴⁶.

AQSh aeroportlarida foydalaniluvchi «Rapiscan Secure 1000 SP» skanerida bo'yi 178,6 *sm* va tana vazni 73,2 *kg* odam organizmi bir marta skanerdan o'tkazilganda 11,1 *nanoZivert* radiatsion nurlanish olishi aniqlangan²⁴⁷.

Radiatsion nurlanishning *su'niy manbalari* – tibbiyot (rentgenodiagnostika, radiatsion terapiya) va sanoat maqsadlarida foydalaniluvchi rentgen nurlanishi va γ -nurlanishini xosil qiluvchi qurilmalar, atom elektr stantsiyalari, radioaktiv chiqindilarni qayta ishlash va saqlash ob'ektlari hisoblanadi.

Shuningdek, tibbiyot amaliyoti foydalaniluvchi o'pka flyuorografiyasida tasmali (eski) yoki raqamli (zamonaviy) tipdagi rentgen apparatlaridan foydalanishga bog'liq holatda, $\sim 0,1-0,9$ *mZv* radiatsiya olish qayd qilinadi.

Stomatologik rentgen apparatidan bir marta foydalanish davomida 3 *mZv* radiatsion nurlanish olish qayd qilinadi.

Rentgen tomografiya usuli yordamida odam organizmida to'liq tekshirish davomida $\sim 15-20$ *mZv* radiatsiya olish qayd qilinadi.

²⁴⁵ Скандеры в аэропортах вызывают рак // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.zdorovieinfo.ru...> Дата обращения: 08.10.2015 г.

²⁴⁶ Скандер в аэропорту – коварный убийца? // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.missus.ru...> Дата обращения: 08.10.2015 г.

²⁴⁷ Радиация от сканеров аэропорта, какую дозу облучения мы получаем от них? // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.travelnews24.ru...> Дата обращения: 08.10.2015 г.

Test savollari.

Radiktiv bo'lmagan eng og'ir metal

Qo'rg'oshin

Qalay

Oltin

Uran

Olimning nomi bitilgan yodgorlik qaysi shaharda joylashgan

Gamburg

Nagasaki

Xirosima

Chirniyabilski

Teri kuyishini o'rganishni qaysi olim boshlab bergan

Bekkerel

Tarxanov

Per va Mariya Kyurilar

Tomson

Birinchi nurlanish tipi nima deyiladi

Alfa nurlanish

Betta nurlanish

Gamma nurlanish

Korpuskulyar nurlanish

Undark bo'yog'I qaysi elementdan olinadi

Radiy

Rodiy

Uran

Qurg'oshin

Buyrakda yig'ilgan toshni aniqlashni qaysi olim birinchilardan bo'lib boshlab berdi

Jon Makintayr

Rezerford

Tomson

Tarxanov

Beta nurlarning ionlashtirish qobiliyati havoda qancha


1-sm

10-sm

2-sm

1-16sm

Massasi elektron massasidan 236 marta og'ir bo'lgan zarracha qaysi

 mezon

Alfa

Betta

Neytron

Yer sayyorasida odam organizmiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatuvchi tabiiy radiaktiv manbaralardan biri qaysi

Radon

Quyosh nuri

Uran

Undark

Radonning inert gaz radiaktiv izotopini qaysi olim aniqlagan

Rezerford

Robert Ounes

Mariya Kyuri

Jolio Kyuri

Radiobiologiyada em (emanito) simvoli nimani anglatadi

Tugashni

Boshlashni

Dozimetrik o'lchov birligi

Bunday simvol yo'q

Bekkerel (Bk) nimani ifodalaydi

1 sek davomida 1 ta radiaktiv parchalanish yuzaga kelishini

1 yil davomida 1ta radiaktiv parchalanish yuzaga kelishini

1000 yil davomida 1ta radiaktiv parchalanish yuzaga kelishini

10 yil davomida 1ta radiaktiv parchalanish yuzaga kelishini

Atom quroli nechta zararlovchi omilga ega bo'ladi

besh
to'rtta
uchta
ikkita

Zarba to'liqini nima bilan bog'liq

Portlash zonasida xavo muhitining keskin siqilishi va tovush tezligida tarqalishi bilan

Neytronlar oqimi bilan

Gamma nurlanish oqimi bilan

Neytron va gamma oqimi bilan

Radionuklidlar nima?

barqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy element

parchalanish xossasiga ega bo'lmagan kimyoviy element

barqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan izotop

radioaktiv kimyoviy element izotoplari

Radionuklidlar nima?

tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanish xossasini namoyon qiluvchi, barqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy element.

tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanish xossasini namoyon qiluvchi, beqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy element.

tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanmaydigan, barqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy element.

antropogen–texnogen tavsifda xosil qilinuvchi radioaktiv izotoplar.

Radiobiologiya fanining tadqiqot obyekti nima

Tirik organizm

Tabiiy radioaktiv moddalar

Suniy radioaktiv moddalar

Inson

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi iontashtiruvchi nurlanishning biologik tizimlarga tasiri natijasida yuzaga keluvchi j

Radiatsion imunologiya

Radiatsion virusologiya

Radiatsion mikrobiologiya

Odam va hayvon radiobiologiyasi

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi iontashtiruvchi nurlanishning biologik tizimlarga tasiri natijasida yuzaga keluvchi j

Radiatsion genetika

Radiatsion virusologiya

Radiatsion mikrobiologiya

Odam va hayvon radiobiologiyasi

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi iontashtiruvchi nurlanishning biologik tizimlarga tasiri natijasida yuzaga keluvchi j

Radiatsion biokimyo

Radiatsion virusologiya

Radiatsion mikrobiologiya

Odam va hayvon radiobiologiyasi

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi biologik organizmlar taksonlarining radiatsion nurlanishga javob reaksiyasini o'rg

O'simliklar radiobiologiyasi

Radiatsion genetika

Radiatsion biokimyo

Tibbiyot radiobiologiyasi

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi biologik organizmlar taksonlarining radiatsion nurlanishga javob reaksiyasini o'rg

Radiatsion virusologiya

Radiatsion genetika

Radiatsion biokimyo

Tibbiyot radiobiologiyasi

Quyidagi radiobiologiyaning qaysi bo'limi biologik organizmlar taksonlarining radiatsion nurlanishga javob reaksiyasini o'rg

Radiatsion mikrobiologiya

Radiatsion genetika

Radiatsion biokimyo

Tibbiyot radiobiologiyasi

Radiatsion nurlanishning mutatsiyani keltirib chiqarishi nima deyiladi

Raduatsion mutageniz

Mutatsiya

Radiatsion genetika

Barcha javoblar to'g'ri

Pufakchali kamera kim tomonidan ishlab chiqilgan

Luis Uolter

Rentgen

Rezerford

Gleyzer

Birinchi yadro reaksiyasi qayerda o'tkazilgan

Vilson kamerasida

Rentgen trubkasida

Ochiq maydonda

Rentgen trubkasida, Ochiq maydonda

Radium elementi kim tomonidan aniqlangan?

Мария Склодовская–Кюри ва Андре Дебьерн

Рентген

Пьер Кюри ва Беккерель

Мария Склодовская–Кюри ва Пьер Кюри

Hozirgi vaqtda radio terapiyaning 80% miqdori qaysi kasallikni davolashga sarflangan

O'smalarni

O't suyuqligi yo'lini

Umurtqa pog'onasi patologiyasini

Avitaminozni

Ortopantomografiya aniqlashda ishlatiladi.

Tishlar holatini

O'smalarni

O't suyuqligi yo'lini

Umurtqa pog'onasi patologiyasini

Duodenografiyaaniqlashda ishlatiladi.

O'smalarni

O't suyuqligi yo'lini

Umurtqa pog'onasi patologiyasini

Avitaminozni

1918-yilda qaysi davlatda dastlabki rentgenologik klinika ochilgan

Rossiya

Fransiya

AQSh

Germaniya

1940 Bernard oltin medali sohibiga aylangan olim qaysi

Joliya Kyuri

Mariya Kyuri

Fredrek Kyuri

Per Kyuri

1932-yilda Matteuche medali sohibiga aylangan olim qaysi

Joliya Kyuri

Mariya Kyuri

Fredrek Kyuri

Per Kyuri

Радиоактив $^{226}_{88}\text{Ra}$ изотопи биологик организмда қандай оқибатларни келтириб чиқаради?

антиоксидант тизим фаоллигини издан чиқаради

суяк илиги хужайраларида тўпланиши, остеопороз, қон ҳосил қилувчи хужайралар функцияси бузилиши, ўсма касалликлари

асаб тизими фаолиятини ишдан чиқаради, ген даражасида мутациялар юзага келишига сабаб бўлади

алоҳида ҳолатда зарарли таъсир кўрсатмайди.

Trek nima

Ionizatsiyalash yo'li

Ionlashtirish yo'li

Radiatsion nurlanishni moddaga singishi

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasining chiziqli tavsifda uzatilishi

Zich holatdagi ionizatsiyaga qaysi biri misol bo'la oladi

Alfa zarrachalar

Elektronlar

Rentgen nurlanish

Alfa nurlanish

Siyrak ionizatsiyaga qaysilari kiradi

Gamma nurlanish

Alfa zarrachalar

Betta zarrachalar

Neytronlar

Ionizatsiya zichligi buyicha qaysi turlarga bo'linadi

Zich, siyrak

Zich

Siyrak

Ionizatsiya zichligi bo'yicha turlarga bo'linmaydi

Ionlashtiruvchi nurlarga qaysi turlar kiradi

Barchasi

Elektromagnit

Korpuskulyar

Roentgen

Qaysi fojea o'girlangan seziy (Cs) izotopini axlatxonaga tashlab ketilishi sababli vujudga kelgan

Goyaniya

Three mile island fojeasi

Kramatorsk

Tokaymura

Тупроқ Ca_2CO_3 ва органик ўғитлар билан таъминланганда қандай ўзгариш кузатилади?

тупроқ муҳити нейтрал ҳолатга ўтади ва унумдорлик пасаяди.

унумдорлик ортиши ва тупроқда радионуклидларнинг кўпайиши кузатилади.

унумдорлик ортиши ва радионуклидларнинг ўсимликларга сўрилиши сезиларли даражада камайиши

унумдорлик пасайиши ва тупроқда радионуклидларнинг кўпайиши кузатилади.

Радионуклидлар ўсимликларнинг қайси қисмида кўпроқ сақланади?

пўстлоғида

баргида

меvasида

поясида

Sellafield fojeasi qaysi davlatda yuz bergan

Angliya

Rossiya

AQSH

Ukraina

Chelyabinsk fojeasi qaysi davlatda ro'y bergan

Rossiya

Ukraina

Yaponiya

AQSH

Suv radiolizi deb nimaga aytiladi?

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida suv molekulasining erkin radikallarga parchalanish hodisasi

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida suv molekulasining parchalanish hodisasi

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida suv molekulasining atomlarga ajralishi

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida suv molekulasining izomeriyasining o'zgarishi

Kosmik nurlar ta'sirida yadroviy reaksiyalar natijasida yerda doimiy ravishda paydo bo'ladigan radioaktiv izotoplar qaysilar?

C^{14} , H^3

C^{14} , H^3 , U^{238}

C^{14} , U^{238} ,

Rb^{87} , U^{238}

Uranning qaysi izotopi tabiiy holda keng tarqalgan?

U^{235}

U^{238}

U^{233}

U^{239}

Yadroviy qurol yasash uchun qo'llaniladigan modda?

Pu

Na

K

Mg

1 grey (g) necha rad ga teng ?

100

10

1000

10000

Radiostimulyasiya qanday jarayon?

radiatsion nurlanish ta'sirida biosintez jarayoni faollashishi

radiatsion nurlanish ta'sirida metabolizm jarayoni faollashishi

radiatsion nurlanish ta'sirida DNK jarayoni faollashishi

radiatsion nurlanish ta'sirida biosintez jarayoni sekinlashishi

Radiatsion gormezis kim tomonidan fanga kiritilgan?

T.D.Lakki

A.M.KUZIN

B.N.TARUSOV

V.K.RENTGEN

Radiatsion gormezis qanday ma'noni bildiradi?

hórmēsis – tezlikda harakatlanish, intilish degan ma'noni anglatadi

hórmēsis – tezlikda harakatlanmaslik degan ma'noni anglatadi

hórmēsis – harakatlanmasdan intilish degan ma'noni anglatadi

hórmēsis – tezlikda to'xtash degan ma'noni anglatadi

J.Bergone va L.Tribonodo tomonidan quyidagi qaysi qonuniyat aniqlangan

radiosezgirlik

biosintez

nishon

radiobiosintez

Bergone–Tribondo tamoyili bo'yicha radiatsion nurlanish ta'siriga yuqori darajada sezgirlik xossasiga ega bo'lgan hujayralar qaysilar?

Qon hosil qiluvchi suyak iligi hujayralari, urug'don hujayralari, ichak va teri epiteliy qavati hujayralari

Jigar, taloq , urug'don hujayralari, ichak va teri epiteliy qavati hujayralari

Miya , buyrak, urug'don hujayralari, ichak va teri epiteliy qavati hujayralari

muskul, jigar buyrak, suyak tog'ay va pay bog'lamlari hujayralari

Paradoks qanday ma'noni anglatadi?

grek tilida kutilmagan, g'ayritabiiy

Yunon tilida kutilmagan, g'ayritabiiy

grek tilida kutilgan g'ayritabiiy

Arabchada tilida kutilmagan, g'ayritabiiy

Radiobiologiyada asosiy paradoks kim tomonidan ishlab chiqilgan?

N.Timofeev Resovskiy

T.D.Lakki

A.M.KUZIN

B.N.TARUSOV, V.K.RENTGEN

Nuqtaviy tavsifga ega issiqlik nazariyasi kim tomonidan ishlab chiqilgan?

F.Dessauer

T.D.Lakki

N.Timofeev

V.K.RENTGEN

Kislorod «effekti» deb nimaga aytiladi?

muhit tarkibida kislorod konsentratsiyasi va bosimi mavjud sharoitda radiatsion nurlanish ta'siri kuchayishi hodisasi

muhit tarkibida kislorod va havo, azot konsentratsiyasi va bosimi mavjud sharoitda radiatsion nurlanish ta'siri kuchayishi hodisasi

muhit tarkibida kislorod mavjud sharoitda radiatsion nurlanish kuchayishi hodisasi

muhit tarkibida kislorod bosimi yo'q sharoitda radiatsion nurlanish ta'siri kuchayishi hodisasi

1 Zv necha Ber?

100

10

1000

30

Kislorod «effekti» mexanizmi to'g'ri keltirilgan javobni toping?

Kislorod elektron akseptori sifatida o'rin tutadi va radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida ionizatsiya jarayonida xosil bo'lgan juftlashmagan elektron kislorod bilan bog'lanadi va o'z navbatida, DNK reperatsiyasi mexanizmi faolligi susayadi;

Kislorod elektron donori sifatida o'rin tutadi va radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida ionizatsiya jarayonida xosil bo'lgan juftlashmagan elektron kislorod bilan bog'lanadi va o'z navbatida, DNK reperatsiyasi mexanizmi faolligi susayadi;

Kislorod elektron akseptori sifatida o'rin tutadi va radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida ionizatsiya jarayonida xosil bo'lgan juftlashmagan elektron kislorod bilan bog'lanadi

Kislorod donor akseptori sifatida o'rin tutadi va radiatsion nurlanish ta'sirida DNK makromolekulasida ionizatsiya jarayonida xosil bo'lgan juftlashmagan elektron kislorod bilan

Engil radionuklidlar tarkibiga kiruvchi qa ysi radioaktiv izotop suvga radiatsiya tarqatishda faol ishtirok etmaydi?

K

Th

3_1H

${}^{14}_6C$

Tarkibida kaliy moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat maxsulotlari organizmda qaysi radioaktiv izotop to'planishiga qarshilik ko'rsatadi?

${}^{137}_{55}Cs$

${}^{90}_{38}Sr$

3_1H

${}^{14}_6C$

Tarkibida Ca moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat maxsulotlari organizmda qaysi radioaktiv izotop to'planishiga qarshilik ko'rsatadi?

${}^{90}_{38}Sr$

${}^{137}_{55}Cs$

3_1H

${}^{14}_6C$

Korpuskular nurlanish necha xil turi bor?

Alfa, betta, proton,neytron

betta, proton,neytron

Pozitron, betta, proton,neytron

Alfa, gamma

Radiotoksinlar va suv molekulası radiolizi maxsulotlarining organizmga salbiy ta'siri nima?

radiatsion toksemiya

sitostatik effekt

Stoxastik effekt

Kompton effecti

O'zak hujayralarning bo'linish xossasi yo'qolishi nimaga olib keladi?

sitostatik effektga

radiatsion toksemiyaga

Stoxastik effektga

Kompton effectiga

1910–yilda M.I.Nemenov tomonidan radiatsion nurlanish ta'sirida organizmda qaysi tizmlar va jarayonlar jiddiy izdan chiqishi va muddatidan oldin qarish jarayoni kuchayishi aniqlangan?

immun tizimi, jinsiy tizim funksiyasi, embriogenez jarayoni

immun tizimi, embriogenez , metabolizm

metabolizm, embriogenez jarayoni

metabolizm, embriogenez jarayoni, jinsiy tizim funksiyasi

Kimyoviy element atomi markazida proton (p_1^{1+}) va neytronlardan (n_1^0) tashkil topgan, musbat (+)

zaryadlangan yadro joylashgan bo'lib, uni Italiyalik fizik olim Enriko Fermi (1901–1954) tomonidan qaysi ish ochib berilgan?

O'lchov ishi

element atomi yadrosining tuzilishi modeli

Yadro fizikasi

Proton, elektron harakati

1912–yilda Myunxen universitetida M.Laue tomonidan qaysi jarayon aniqlangan?

rentgen nurlanishining interferensiya va difraksiyalanish hodisasi

element atomi yadrosining tuzilishi

O'lchov ishi

rentgen nurlanishining ta'sir etish mexanizmi

Umumiy holatda, radiatsion nurlanishning biologik ob'ektga ta'siri qanday turlarga ajratiladi.

determinatsion va stoxastik ta'sir

Stoxastik va allosterik

Stoxastik va ekspozitsion

Determinatsion va allosterik

Nurlanishdan keyin ma'lum vaqt davomida rivojlanuvchi o'sma kasalliklari, leykoz va irsiy kasalliklar yuzaga kelishi qaysi nurlantiruvchi ta'sirga to'g'ri keladi?

Stoxastik

Determinatsion

Gamma nurlanish

Nisbiy biologik ta'sir effekti

Radiatsion nurlanish dozasi qiymatiga bog'liq holatda belgilanuvchi, shuningdek pag'ona darajasiga ega

bo'lgan tavsifda yuzaga keluvchi va nurlanish kasalligi, dermatit, katarakta, bepustlik kabi patologik holatlar yuzaga kelishi bilan ifodalanadigan nurlantiruvchi ta'sir turini toping?

Determinatsion

Stoxastik

Stoxastik va nisbiy biologik ta'sir effekti

Nisbiy biologik ta'sir effekti

Nurlanish dozasining biologik ta'sir effekti qiymatini standart nurlanish dozasi bilan solishtirish asosida olingan qiymat ?

Nisbiy biologik ta'sir effekti

Stoxastik

Determinatsion

Gamma nurlanish

Tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanish xossasini namoyon qiluvchi, beqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy elementlar nima deb ataladi?

Radionuklidlar

Radioprotlovchi moddalar

Nisbiy biologik ta'sir effekti

nuklonlar

Er biosferasi tarkibida ~80 dan ortiq tabiiy radionuklidlar mavjud bo'lib, necha guruhga ajratiladi.

2 ga birlamchi va kosmogen radionuklidlar

3 ga birlamchi, kosmogen va tabiiy radionuklidlar

4 ga birlamchi, kosmogen, og'ir va yengil radionuklidlar

2 ga birlamchi va tabiiy radionuklidlar

$^{222}_{86}\text{Rn}$ qaysi radionuklidlar guruhiga kiradi?

Og'ir

Yengil

Birlamchi

Ikkilamchi

$^{40}_{19}\text{K}$ izotopi qaysi radionuklidlar guruhiga kiradi?

Yengil

Og'ir

Ikkilamchi

Birlamchi

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi qaysi o'lchov birligida o'lchanadi?

elektron-Volt (eV)

fermi

Rad

Ber

Bir tomondan ultrabinafsha, ikkinchi tomondan gamma nurlanishga ustlanadigan nurlar?

Roentgen nurlar

alfa nurlar

beta nurlar

gamma nurlar

Moddalarni elektronlar oqimi bilan bombardimon qilganda ajralib chiqadigan elektromagnit nurlar qanday

nurlar hisoblanadi?

Rentgen nurlar

Gamma nurlar

Alfa nurlar

Betta nurlar

Atom yadrolarining emirilishi paytida hosil bo'ladigan qisqa to'liqlik elektromagnit nurlaridan iborat bo'lib, energiyasi 100 keV ga teng rentgen nurlardan farq qilmaydigan nurlar qaysi nurlar?

Gamma nurlar

Rentgen nurlar

Alfa nurlar

Betta nurlar

Qaysi nurlarning ionlashtirish qobiliyati sust, lekin o'tuvchanligi juda katta. Kishi tanasidan bemalol o'tib ketadi?

Gamma nurlar

Betta nurlar

Alfa nurlar

rentgen nurlar

Harakat doirasi katta emas ,inson teri qavatigagina ta'sir qilib, terini yorib kira olmaydigan nurlar?

Alfa nurlar

Betta nurlar

Rentgen nurlar

Musbat nurlar

Har qanday elektrovakuum qurilmalarida hosil qilish mumkin. Bu nurlarning ionlanish xususiyatlari oz bo'lsada, yorib kirish xususiyati nihoyatda katta. Bu qaysi nurlar?

Rentgen nurlar

Betta nurlar

Alfa nurlar

Gamma nurlar

Gamma nurlanishlardan muhofaza qilishda qanday metallardan foydalanish kerak?

Volfram, qorg'oshin

Kaliy ,natriy

Oltin, kaliyli

Volfram , natriy, kaliy, qorg'oshin

Rentgen nurlari, γ -kvantlar..... eng ko'p yutiladi.

qo'rg'oshinda

oltinda

volframda

seziyda

Rentgen qurilmalarini ishlatganda necha xil nurlanish hosil bo'ladi.

to'g'ri tushayotgan nurlar va har xil yuzalarga tushib qaytgan nurlar

Alfa va gamma nurlar

Betta va gamma nurlar

to'g'ri tushayotgan nurlar va har xil yuzalarga tushib qaytgan nurlar hamda , gamma nurlar

Yadro bo'kadi, g'ovaklashadi, yadrocha emiriladi, yadro, mitoxodriya va sitoplazmatik membranalar

tanlab o'tkazuvchanlik xossasidan mahrum bo'ladi, yadroviy fosforlanish izdan chiqadi, nafas susayadi, yadroning dezokseribonukleoproteid kompleksi emiriladi, sitoplazmadagi proteolitik fermentlar faollashib ketadi. Bu qaysi faza?

Interfaza

Mitoz

prosentetik

replikativ

Organizm dozada nurlanganda xujayra yadrosida 900.000 ionlashish va kuzgalishlar yuzaga keladi

10 Gr

1 Gr

5 Gr

0,5 Gr

Nurga eng sezuvchan jarayonlardan biri - tez bulinuvchi xujayra yadrolarida xisoblanadi.

DNK sintezi

RNK sintezi

Yadro membranasi funksiyalarining buzilishi

Yadrochalar sintezi

Yadroda nurlanishga ancha chidamli.

RNK sintezi

Yadrocha hosil bo'lishi

DNK sintezi

Membranalar

Timusning yadro RNK-siga nishonlangan adeninning kushilishi (vklyuchenie) qancha dozada yuzaga keladi ?

0,5 Gr

1 Gr

5 Gr

0,25 Gr

Pirovinograd kislotaning oksidlanishi dengiz chuchkachalari miyasini dozada lokal nurlanganda kuzatilgan.

90 Gr

15 Gr

1 kGr

0,9 Gr

Letal doza deb nimaga aytiladi ?

O'ldiruvchi dozaga

Foydali radiatsion dozaga

Aktivlashtirish dozaga

Passivlashtirish dozaga

Yer radiatsiyasining asosiy qismi qaysi radioaktiv modda hisobiga to'g'ri keladi ?

Radon

Uran

Plutoni

Tori

“radioprotektor” lar deb nimalarga aytiladi ?

Radioaktiv nurlardan himoyalovchilarga

Radio o'lhagichlar

Radiatsion fonni kuchaytiruvchilar

Radionukleidl

AES larda asosan qaysi radioaktiv moddadan foydalaniladi ?

Uran

Plutoni

Tori

Rezevfordiy

Yadroviy qurol yasash uchun uran o'rnini bosa oluvchi modda qaysi?

Plutoni

Tori

Kali

Eynşteyniy

Ionlantiruvchi nurlarga eng chidamsiz organlar ?

Taloq, qizil suyak ko'migi, filma uchlari, limfatik follikulalar.

Teri va ko'z

Jigar, yurak, o'pka

Jinsiy organlar, endokrin bezlari

“Radiorezistentlik” nima ?

Radioaktiv nurlanishga chidamlilik

Radioaktiv muhitda o'sishga moyillik

Ionlantiruvchi nurlardan zararlanish

Nurlanish

Nisbatan oson to'siluvchi nurlar ?

α nurlar

β nurlar

γ nurlar

Rentgen nurlar

Lipidli radiotoksinlik nazariyasi nechanchi yillarda taklif qilingan ?

1950 – yillarda

1981 – yillarda

1955 – yillarda

1987 – yillarda

Lipidli radiotoksinlik nazariyasi asoschilari kimlar ?

B.N.Tarusov; Y.B. Kurdyashin; N.M.Emanuel

Mariya va Pyer Kyuri

Emilyanov va Aladatov

Albert Eynshteyn va Livshits

Lipidli radiotoksinlik nazariyasiga ko'ra dastlabki zararlanish ?

Dastlab hujayralarda membrana lipidlari zararlanadi

Dastlab hujayralarda membranalar zararlanadi

Dastlab hujayra yadrosi zararlanadi

Dastlab mitoxondriya va lizosoma zararlanadi

Radiatsiyaga eng chidamli sutemizuvchi ?

Quyonglar

Qo'ylar

Tuyalar

Otlar

Quyonglar uchun 100/30 letal dozalarining so'nggi chegarasi

14 Gr

12 Gr

11 Gr

10 Gr

Ionlantiruvchi nurlarga o'rtacha sezgir organlar ?

Teri va ko'z

Jigar va taloq

Suyak ko'migi va yurak

Buyrak va o'pka

Ekranlashtirish yo'li bilan baqaning nerv tolalari qancha miqdordagi dozada nurlantirilganda o'tkavuvchanligi butunlay to'xtaydi ?

3 kGr

3 Gr

2 Gr

5 Gr

Ekranlashtirish yo'li bilan quyoning nerv tolalari qancha miqdordagi dozada nurlantirilganda o'tkavuvchanligi butunlay to'xtaydi ?

450 Gr

100 Gr

90 Gr

1500 Gr

Ko'zning radiatsiyaga sezgirligi rentgen nurlari yaratilganidan keyin qancha vaqt o'tib ma'lum bo'ldi?

Bir yil o'tib

Ikki yil o'tib

Olti oy o'tib

Besh yil o'tib

Ko'z to'r pardasi nurlanganda dastlab qanday jarayon yuzaga keladi ?

Ko'zda joylashgan tayoqchalar nobud bo'ladi

Ko'z to'r pardasi lizisi

Ko'z nervi lizisi

Sariq dog'ning yo'qolishi

Teri retseptorlarining reaksiyasi qancha miqdordagi mahalliy nurlanishdan keyin o'zgara boshlaydi ?

0,02 Gr

4 Gr

0,5 Gr

1 Gr

Qaysi teri hujayralari ionlantiruvchi nurlarga nisbatan sezgirroq ?

Bazal qavat hujayralari

Ustki qavat hujayraladi

Tikansimon qavat hujayralari

Terining muguz qavati

Teri hujayralari radiatsiyadan zararlangandan keyin teri hujayralarida trofik buzilish sababli xususiyatini yo'qotadi

Fiziologik regeneratsiya

Moddalar almashinuvi

Apoptoz jarayoni

Sintez

Gipofiz bezi nurlantirilganda dastlab qanday jarayon kuzatiladi ?

Adrenokortikotropik funksiyaning faollashuvi

Gonodotrop funksiyaning faollashuvi

Tiredotrop funksiyaning faollashuvi

Adrenokortikotropik funksiyaning faollashuvi kuzatilmaydi

Buyrakusti bezlari nurlantirilganda qanday jarayonlar kuzatiladi?

Tashqi va markaziy qismda birvarakayiga o'zgarishlar, massa va hajmining o'zgarishi, nordon fosfatazaning ortishi

Bezlarning burishib qolishi, massa va hajmining o'zgarishi, nordon fosfatazaning ortishi

Asta – sekinlik bilan parchalanishi, nordon fosfatazaning ortishi

Asta – sekinlik bilan parchalanishi, massa va hajmining o'zgarishi, nordon fosfatazaning ortishi

Suv qaysi moddalar orqali nurlanadi ?

Uran, toriy, radiy

Plutoni, kaliy, eynshteyniy

Natriy, uglerod, rezerfordiy

Seziy, radon, plutoni

Quyionlarni 10 Gr (LD 50/30) dozada nurlanishdan 10 min. utgach suyak iligida RNK-azaning aktivligi necha marta oshadi ?

deyarli 5

deyarli 3

deyarli 2

deyarli 4

Quyionlarni 10 Gr (LD 50/30) dozada nurlanishda 4 soatdan keyin DNK-aza aktivligi necha marta ortadi ?

deyarli 2

deyarli 3

deyarli 7

deyarli 5

Nur ta'sirida organizmda birinchi navbatda va eng chukur uzgarish qaysi ?

Temir moddasining almashinuvi

Qonning zararlanishi

Terining kuyishi

Oshqozon – ichakning funksional holatining buzilishi

Temirning eritrotsitlar bilan boglanishining kamayishi qonda olib keladi

Giperferrimiyaga

Gemolizga

Kuyishga

Anemiyaga

Nurlanishdan so'ng sut emizuvchilarning yurak mushaklarida qanday jarayon kuzatiladi ?

Kaliyning kamayishi kuzatiladi

Natriyning kamayib ketishi

Hech qanday

Kalsiyning ko'payib ketishi

Hujayrada kumulyativ reaksiyasining universal turi qanday ?

Hujayra bulinishning tuxtashi, mitozlarning radiatsion blokidir.

DNK sintezining kuchayishi

RNK sintezi

Hujayrada kumulyativ reaksiyasining universal turi mavjud emas

Xozirgi paytda aniklanishicha, xujayralar bulinishi tuxtashining davomiyligi nimaga bog'liq ?

Dozaga

Ta'sir qilish vaqtiga

Nur turiga

Kislorodga

Letal effekt kachon ruy berishiga kura xujayra ulimining nechta turi tafovut kilinadi ?

- 5 turi
- 3 turi
- 7 turi
- 2 turi

Izotop nima?

Elementning yadrodagi zaryad soni bir xil, ammo, massasi bilan farqlanadigan atomlari izotoplar deb ataladi.

D.I.Mendelev davriy sistemasidagi barcha elementlar izotoplar

Elementning yadrodagi zaryad soni har xil ammo, massasi bir xil atomlari izotoplar deb ataladi.

a va b - zarrachalar izotoplar deyiladi.

Olimlarning hisoblashicha, xatto radioaktiv fon xisobiga odam organizmida bir yilda o'rta xisobda nechta mutant hujayra xos

- 50 ta
- 23 ta
- 12 ta
- 31 ta

Limfoid tukima (tolok, ayrisimon bez, limfatugunlar) xujayralari nurga sezuvchan tukimalarga kiradi unda dastlabki uzgarish

- 0,5 Gr
- 1 Gr
- 5 Gr
- 2 Gr

Nurlanishdan keyin birinchi kunlarda kuzatiluvchi postradiatsion limfopeniya asosan nima tufayli ruy beradi.

- Interfaza o'limi
- Profaza bo'limi
- Anafaza bo'limi
- Metafaza bo'limi

Xujayralarning nurga eng yukori ta'sirchanligi qachon kuzatiladi ?

- Mitoz fazasining boshlanishida
- Meyoz fazasining boshlanishida
- Mitozning so'nggida
- Meyozning so'nggida

Radiobiologiyada kislorod effekti qanday xodis hisoblanadi ?

- Universal xodisa
- Kamyob xodisa
- Anomal xodisa
- Paranormal xodisa

Ionlovchi nurlar biologik ta'sirining struktura metabolik gepotezasi qachon va kim tomonidan taklif qilingan?

- 1955 yilda akademik A.M.Kuzin
- 1943 yilda A. Eynfteyn
- 1979 yilda Lyutinskiy
- 1896 yilda Tarxanov

Nurlash dozasi 12 - 13 Grga etkazilganda 3-5 kunlarda hayvonlarda qanday o'zgarishlar kuzatila boshlaydi?

- Birdan ich ketishi va o'lim
- Markaziy asab sistemasida tormozlanish
- Yurak huruji
- Buyrak va o'pkaning ishdan chiqishi

O'ta katta dozalarda nurlanganda kritik sistema qaysi sistema bo'ladi ?

- Markaziy nerv sistemasi
- Oshqozon – ichak
- Yurak
- Jinsiy a'zolar

Qaysi qonunga binoan to'qimalarning nurga sezuvchanligi xujayralarining proliferatsiyasiga tugri proporsional, differentsiat

- Bergon'e-Tribando qonuniga
- Eynshteyn qonuniga
- Kyurilar qonuniga
- Rentgen qonuniga

Rentgen nurlarini bir marta, qisqa vaqt ichida berilganda teri ko'tara oladigan maksimal doza qancha ?

- 10 Gr atrofida
- 21 Gr atrofida
- 15 Gr atrofida
- 5 Gr atrofida

Quyon va dengiz chuchkchasini nurlab sterilizatsiya – pushtning krishiga erishish mumkinligi kim tomonidan qachon isbot k

- Al'bers-Shonberg 1903 yil
- Tarxanov 1896 yil

A.Eynsfteyn 1943 yil

London 1904 yil

$^{137}_{55}\text{Cs}$ izotopini sўрилишига таркибида қайси элементга бой бўлган озиқ-овқатлар қаршилиқ кўрсатади?

K

Na

C

Ca

$^{90}_{38}\text{Sr}$ изотопини сўрилишига таркибида қайси элементга бой бўлган озиқ-овқатлар қаршилиқ кўрсатади?

K

Ca

C

Na

Quyidagilarning qaysi biri elektromagnit nurlardan nurlarga kiradi?

rentgen va gamma nurlari

a va b - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda elektromagnit nurlar

a va b - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda koinotdan etib keladigan koinot nurlari

protonlar, rentgen hamda koinotdan etib keladigan koinot nurlari

Quyidagilarning qaysi biri korpuskulyar nurlarga kiradi?

a va b - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda koinotdan etib keladigan koinot nurlari

a va b - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda elektromagnit nurlar

rentgen va gamma nurlari

protonlar, rentgen hamda koinotdan etib keladigan koinot nurlari

Yadroviy qurol yasash uchun qo'llaniladigan modda?

Pu

Na

K

Mg

Zaryadlangan zarrachalarning modda bilan ta'sirlashishda o'z energiyasini yo'qotishi, bu energiyaning modda atomi tomonidan

ionizatsiya

nurlanish

yutilish

zaryadlanish

Gaz holatidagi radioaktiv moddalardan qaysi biri N va H atomlarining neytronlaridan ta'sirlanishi sababli paydo bo'ladi?

Rn

Th

H3

C

Genetik bog'liq bo'lmagan radioaktiv elementlar?

K^{40} , Ca^{48} , Rb^{87}

K^{40} , Ca^{48} , U^{238}

K^{40} , Rb^{87} , Th^{232}

K^{40} , Th^{232} , U^{238}

Kosmik nurlar ta'sirida yadroviy reaksiyalar natijasida yerda doimiy ravishda paydo bo'ladigan radioaktiv izotoplar qaysilar

C^{14} , H^3 , U^{238}

C^{14} , U^{238}

Rb^{87} , U^{238}

C^{14} , H^3

Tuproq gorizontida Pb^{210} Ra^{226} ga nisbatan ko'p. Pb^{210} to'planishining asosiy sababi nimada?

Atmosfera birikmasida

Tog' jinslarida

Kolloid fraksiyalarda

Kosmik nurlanishda

Atomning yadro modeli qachon kim tomonidan ishlab chiqilgan?

1911-yilda Ernest Rezerford (Angliya)

1896-yilda A.Bekkerel

1897-yilda J.Tompson (Angliya)

1897-yilda G.Xoltsknext (Germaniya)

Yer osti suvining radioaktivligi asosan qaysi elementlardan kelib chiqadi?

Pb^{210} , Rb^{87}

K^{40} , U^{238}
 Rn^{222} , C^{14}
 K^{40} , Rn^{222} , Ra^{226}]

Radioaktiv zarralar organizmning ayniqsa sistemasida to'planadi?

Suyak
 Muskel
 Qon
 Teri

Radiobiologiyaning radiatsion terapiya yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab chiqarish
 atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan sohasini o'rganish
 ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutagenez usulidan amaliy foydalanish
 ionlashtiruvchi nurlanishning odam organizmiga ta'siri shart-sharoitlari, turlari va oqibatlarini o'rganuvchi, radiatsion nurlanishning saqlanishini o'rganish
 tadbirlarni ishlab chiquvchi fan sohasi hisoblanadi

Rentgen va gamma nurlarining muhitdan o'tuvchanlik qobilyati bir nechasm ?

10 sm
 5sm
 12sm
 7sm

β zarrlarining muhitdan o'tuvchanlik qobilyati necha eng ?

2 mm
 2,5mm
 4 mm
 5 mm

Quyoshradiatsiyasi bu...

Quyoshning elektr magnit va korpuskulyar nurlari
 Quyoshning elektr va magnit nurlari
 Quyoshning magnit nurlari
 Quyoshning elektronlar oqimidan iborat

Kim tomonidan tibbiyot muassasida dunyoda birinchi rentgenalogik bo'lim tashkil qilingan ?

Jon Makintayr
 Kyur Peri
 A.Bekkerel
 Juzepe Alvaro

Kimyoviy element atom yadrosining tuzilishini o'rganishda qaysi olimlar katta hissa qo'shganlar?

N.Bor, G.Mozli, R.Milliken
 J.Chedvik, A.Bekkerel, G.Mozli
 N.Bor, G.mozli, J.Alvaro
 Geyger, J.Alvaro, N.Mozli

Nuklonlar nimalardan iborat?

Proton + neytron
 Neytron + electron
 Elektron + proton
 Elektron + proton+ neytron

Radiaktiv indikatsiya nima ?

Organizmga yuborilgan radiaktiv moddalarni kuzatib borishdir
 Radiaktiv moddalarni qidirish
 Radiaktiv moddalarni o'zaro ta'sirini o'rganish
 Radiaktiv moddalarni zararsizlantirish

Rentgen kompyuter tomografiya usulini 1979-yilda kimlar ishlab chiqqan?

A.Kormak va G.Xaunsfild
 Jon Makintayr
 G.Alvaro va G.Xaunsfild
 A.Kormak va G.Alvaro

Duodenografiya qaysi a'zolarga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

Oshqozon va 12 barnoqli ichak
 O't pufagi
 Yo'g'on ichak
 Umurtqa pog'onasi

Xolisistografiya qaysi azoga tashxis qo'ishda qo'llaniladi?

O't pufagi
 Ingichka ichak

Yo'g'on ichak

Jigar

Xolegrafiya qaysi a'zoga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

O't suyuqligi yo'li

O't pufagi

Jigar

Oshqozon

Irrigoskopiya qaysi a'zoga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

Yo'g'on ichak

Ingichka ichak

12 barmoqli ichak

To'g'ri ichak

Flyurografiya qaysi a'zoga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

Ko'krak qafasi sohasi

Oshqozon sohasi

Qorin sohasi

Kalla sohasi

Ortopantomografiya qaysi a'zoga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

Tish

Nerv

Qon tomir

Suyak

Mammografiya qaysi a'zolarga tashxis qo'yishda qo'llaniladi?

Sut bezlari

Umurtqa pog'onasi

Ter bezlari

Teri yuzasi

Kim tomonida dastlabki tomograf apparati ishlab chiqilgan?

G.Xaunsfild

A.Reymond

M.Mixail

N.Damadyan

Tabiiy radioktivlik kim tomonidan aniqlangan?

A.Bekkerel

Iren Kyuri

R.damadyan

F.Kyuri

Tabiiy radioktivlik bu...

Tabiatda uchrovi kimyoviy elementlarning o'z-o'zidan radioktiv parchalanish natijasida yuzaga keladi

Tabiatda uchrovi kimyoviy elementlarning o'z-o'zidan radioktiv parchalanish natijasida yuzaga kelmaydi

Tegishli yadro reaksiyalarini tabiiy amalga oshishi

Tabiatda uchramaydigan kimyoviy elementlarning o'z-o'zidan radioktiv parchalanish natijasida yuzaga kelmaydi

Birinchi marta 1934-yilda kimlar tomonidan suniy usulda radioktiv izotoplar hosil qilingan?

I.Kyuri va Fredrik Jolio-Kyuri

A.Bekkerel va J.Chedvik

J.Chedvik

N.Bor va G.Mozli

Radiobiologiyaning tibbiyot radiologiyasi yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

aholi istiqomat qiluvchi punktlar hududida atrof-muhitning radioaktiv ifloslanish darajasini nazorat qilish bilan shug'ullanadi.

ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutageniz usulidan amaliy

atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan s

ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab c

Tabiiy radionukleidlarda necha guruhga bo'linadi va ular qaysilar?

2 ga og'ir va yengil

3ga og'ir,yengil va o'rta

2ga qattiq va yumshoq

bo'linmaydi

Odam organizmini radiatsion nurlanish ta'siridan himoya qilishda kim tomonidan na'matak damlamasi,qarag'ay novdalari da

J.Shishko

J.Chedvik

J.Makarenko

J.Mozli

Radiobiologiyaning geofizik radiologiya yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan s
ionlashtiruvchi nurlanishning odam organizmiga ta'siri shart-sharoitlari, turlari va oqibatlarini o'rganuvchi, radiatsion nurlanishning sa
tadbirlarni ishlab chiquvchi fan sohasi hisoblanadi

ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutagenез usulidan amaliy
ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab c

Qaysi kasallik uzoq vaqt davomida 1 Gr atrofida radiatsion nurlanish ta'sirida kelib chiqadi?

Surunkali nurlanish kasalligi

O'tkir nurlanish kasalligi

Boshlang'ich nurlanish kasalligi

Nomalum simptomli kasallik

Radiy ($^{226}_{88}Rd$) va poloniy ($^{209}_{84}Po$) radioaktiv elementlari kim tomonidan kashf qilgan?

Mariya Sklodovskaya Kyuri, Per Kyuri

Iren Kyuri va Frederik Jolio-Kyuri

A.Bekkerel

J.Makintayr

Italiyalik fizik olim Enriko Fermi (1901–1954) sharafiga fermi o'lchov birligi qabul qilingan bo'lib nimani o'lchash uchun qabul

Kimyoviy element atomi markazida joylashgan musbat (Q) zaryadlangan yadro uchun.

Radon uchun.

Kimyoviy element atomi markazida proton (p_1^{1+}) uchun

Kimyoviy element atomi markazida neytron uchun

Radiobiologiya fanining tadqiqot ob'ekti hisoblanadi²⁴⁸.

hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar

to'qimalar, organ va hujayralar, oy, quyosh

mikro va makromolekulalar, tuproq, suv

tirik va o'lik tabiat

Radiobiologiya fanining vazifalari.

barcha javoblar to'g'ri

ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmlarini o'rganish

ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida birlamchi o'zgarishlarning fizik-kimyoviy darajadagi mexanizmlarini tavsiflash

ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida birlamchi o'zgarishlarning molekulyar darajadagi mexanizmlarini tavsiflash

Radiobiologiyaning radiatsion biokimyoy yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

ionlashtiruvchi nurlanishning molekulyar biokimyoviy ta'sir mexanizmlarini, jumladan makromolekulalarga ta'sirini tadqiq qiladi.

aholi istiqomat qiluvchi punktlar hududida atrof-muhitning radioaktiv ifloslanish darajasini nazorat qilish bilan shug'ullanadi.

ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab c

atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan s

Radiobiologiyaning radiatsion genetik yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutagenез usulidan amaliy

ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab c

atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan s

aholi istiqomat qiluvchi punktlar hududida atrof-muhitning radioaktiv ifloslanish darajasini nazorat qilish bilan shug'ullanadi.

Radiobiologiyaning radiatsion gigiena yo'nalishidagi tadqiqot vazifasi?

ionlashtiruvchi nurlanishning odam organizmiga ta'siri shart-sharoitlari, turlari va oqibatlarini o'rganuvchi, radiatsion nurlanishning sa
tadbirlarni ishlab chiquvchi fan sohasi hisoblanadi

ionlashtiruvchi nurlanishning genetik darajadagi ta'sir mexanizmlarini o'rganish va shuningdek, radiatsion mutagenез usulidan amaliy

ionlashtiruvchi nurlanishning terapevtik ta'sir mexanizmini o'rganish va nurlanish yordamida kasalliklarni davolash usullarini ishlab c

atmosfera, gidrosfera va litosfera tarkibining radioaktiv manbalar ta'sirida ifloslanishi va kosmik nurlanish darajasini o'rganuvchi fan s

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.B.Rubin Biofizika (biofizika kletочно'x protsessov) // Moskva. – Izd-vo «Kn. dom universitet», 2000.
2. A.V.Averyanova i dr. Chto nujno znat o radiatsii // Minsk, 1992.
3. A.V.Boreyko. Vvedenie v radiatsionnuyu biofiziku // Uchebnoe posobie. – Dubna. – Izd-vo Universitet «Dubna», 2006. – 79 s.
4. A.D.Donika. Osnovo' radiobiologii. Uchebno–metodicheskoe posobie// (Ministerstvo zdravooxraneniya i sotsialnogo razvitiya. Volgogradskiy gosudarstvenno'y meditsinskiy universitet. Kafedra Mobilizatsionnoy podgotovki zdravooxraneniya i meditsino' katastrof). – Volgograd, 2010. – 177 s.
5. A.M.Kuzin, D.A.Kaushanskiy. Prikladnaya radiobiologiya G'G' Moskva. – Izd-vo «Energoizdat», 1981. – 222 s.
6. V.A.Baraboy. Populyarnaya radiobiologiya G'G' Kiev, 1988.
7. V.A.Budarkov i dr. Radiobiologicheskiy spravochnik // Minsk. – Izd-vo «Uradjay», 1992.
8. D.E.Grodzenskiy. Radiobiologiya (biologicheskoe deystvie ioniziruyuhego izlucheniya) // Moskva. – Izd-vo «Znanie», 1958. – 32 s.
9. E.F.Konoplya i dr. Radiobiologiya. Entsiklopedicheskiy slovar // Gomel, 2005. – 252 s.
10. Z.Bak, P.Aleksander. Osnovo' radiobiologii (Per. s angl.) // Moskva. – Izd-vo «Inostr. lit.», 1963.
11. L.A.Zelenskaya, A.P.Radul. Metodicheskie ukazaniya k vo'polneniyu kontrolno'x rabot dlya studentov zaочноy formo' obucheniya po distsipline «Radiobiologiya» // Krasnodar. – Izd-vo KubGAU, 2012. – 115 s.
12. L.G.Kulmeneva, N.N.Kotov. Radiobiologiya // Moskva. – Izd-vo «Narodnaya asveta», 1993.
13. N.V.Timofeev–Resovskiy i dr. Vvedenie v molekulyarnuyu radiobiologiyu // Moskva. – Izd-vo «Meditsina», 1980.
14. N.V.Timofeev–Resovskiy, V.I.Ivanov, V.I.Korogodin. Osnovo' radiatsionnoy biologii // Moskva, 1964.
15. N.V.Timofeev–Resovskiy. Vvedenie v molekulyarnuyu radiobiologiyu // Moskva. – Izd-vo «Vo'sshaya shkola», 1981.
16. O.M.Xramchenkova. Osnovo' radiobiologii: Uchebnoe posobie dlya studentov biologicheskix spetsialnostey vo'sshix uchebno'x zavedeniy // Gomel: UO «GGU im. F.Skorino'», 2003. – S.238.
17. S.P.Yarmonenko, A.A.Vaynson. Radiobiologiya cheloveka iivotno'x // Moskva. – Izd-vo «Vo'ssh. shk.», 2004. – 549 s.: il.
18. S.P.Yarmonenko. Radiobiologiya cheloveka iivotno'x // Moskva. – Izd-vo «Vo'ssh. shk.», 1977. – 368 s.
19. S.P.Yarmonenko. Radiobiologiya cheloveka iivotno'x: Uchebnik dlya biol. Spets. vuzov // – 3–e izd., pererab. i dop. – Moskva. – Izd-vo «Vo'ssh. shk.», 1988. – 424 s.
20. S.P.Yarmonenko. Radiobiologiya cheloveka iivotno'x // Moskva. – Izd-vo «Vo'sshaya shkola». – 1997.

21. E.A.Galitskiy. Radiobiologiya // Kurs lektsiy. – Grodno. – Izd-vo GrGU, 2001. – 204 s.
22. E.Dj.Xoll. Radiatsiya i jizn // Moskva, 1989. – 256 s.
23. Yu.A.Vladimirov, E.V.Proskurnina. Lektsii po meditsinskoy biofizike // Uchebnoe posobie. – Moskva. – Izd-vo MGU. IKTs «Akademkniga», 2007. – 432 s.: il.
24. Yu.B.Kudryashov, B.S.Berenfeld. Osnovo' radiatsionnoy biofiziki // Moskva. – Izd-vo MGU, 1982. – 304 s.
25. Yu.B.Kudryashov, B.S.Berenfeld. Radiatsionnaya biofizika // Moskva. – Izd-vo MGU, 1979.
26. Yu.B.Kudryashov, Yu.F.Perov, A.B.Rubin. Radiatsionnaya biofizika: radiochastotno'e i mikrovolnovno'e elektromagnitno'e izlucheniya // Uchebnik. – Moskva. – Izd-vo «Fizmatlit», 2008. – 184 s.
27. Yu.B.Kudryashov. Radiatsionnaya biofizika (ioniziruyuhie izlucheniya) // Moskva. – Izd-vo «IZMATLIT», 2003. – 442 s.
28. Yadernaya entsiklopediya (Pod redaktsiey A.A.Yaroshinskoy) // Moskva. – Izd-vo «Blagotvor. fond Yaroshinskoy», 1996. – 656 s.

Internet saytlari ro'yxati:

- [/http://matriisi.ee.tut.fi/G'~onykane/2012/Biophysics.pdf](http://matriisi.ee.tut.fi/G'~onykane/2012/Biophysics.pdf)
- http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-42_web.pdf
- <http://www.osti.gov/scitech/biblio/4019185>
- [/https://www.case.edu/ehs/Training/RadSafety/fluoro.htm](https://www.case.edu/ehs/Training/RadSafety/fluoro.htm)
- <http://studopedia.org/12-62675.html>
- Lektsii po radiobiologii // [Elektron resurs]. Rejim dostupa: www.studfiles.ru/preview/4120673/
- Prezentatsiya na temu Radiatsionnaya biofizika. T.A.Zotina. k.b.n., s.n.s. laboratorii radioekologii Instituta biofiziki SO RAN G'G' <http://www.ibp.ru/person/zotina.php>
- <http://www.books.ru/books/radiobiologiya-uchebnik-dlya-vuzov-63590/>
- <http://www.ozon.ru/person/3976242/>
- <http://www.ozon.ru/context/detail/id/19677524/>
- <http://www.epa.gov/radiation>
- <http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/rem-roentgen-equivalent-man.html>