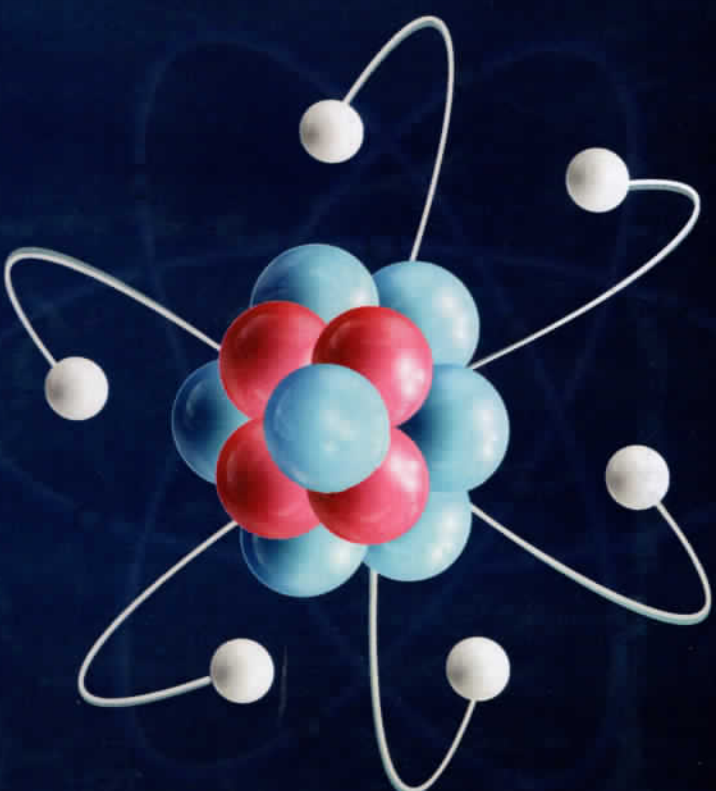


544
8-66

G'1. MUXAMMEDOV, P. MIRXAMIDOVA,
D.S. TO'YCHIEVA, D.B. BOBOXONOVA, M.A. ISABEKOVA

IONLANTIRUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI (RADIOBIOLOGIYA)



Книга должна быть
возвращена не позже
указанного здесь срока

Количество предыдущих
выдач

--	--

редов
сдача
зачет
(логично)

544
1-66

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

ANDIJON DAVLAT UNIVERSITETI
TOSHKENT DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

G'J. MUXAMMEDOV, P. MIRXAMIDOVA,
D.S. TO'YCHIEVA, D.B. BOBOXONOVA, M.A. ISABEKOVA

IONLANTIRUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI
(RADIOBIOLOGIYA)

(Oliy ta'lim muassasalari tabiiy fanlar yo'nalishlari
talabalari uchun darslik)

5140100 – Biologiya ta'lim yo'nalishi

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT VILOYATI CHIRCHIQ
DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI
AXBOROT RESURS MARKAZI

“Nodirabegim” nashriyoti
Toshkent – 2021

- 2987 -

KBK: 28.071

I 66

UO'K: 544.54:614.876(075)

ISBN 978-9943-6939-3-7

Muxammedov, G'.I. [va boshq.]

Ionlantiruvchi nurlar biologiyasi (radiobiologiya) [Matn] : darslik /

G'.I.Muxammedov, P.Mirxamidova, D.S.To'ychiyeva, D.B.Boboxonova,

M.A.Isabekova. - Toshkent: Nodirabegim, 2021. – 270 b.

Mazkur darslik tabiiy fanlar yo'nalishlari uchun o'qitiladigan ionlantiruvchi nurlar biologiyasi (radiobiologiya) fani uchun ajratilgan vaqt hajmi doirasida, o'quv reja va o'quv dasturiga muvofiq tanlab olingan mavzular mazmunining bayonini o'z ichiga olgan. Darslikda radiobiologiyaning rivojlanish tarixi, ionlantiruvchi nurlar va ularning fizikaviy xossalari, ionlantiruvchi nurlarning molekulyar, hujayraga ta'siri, hujayralarning nurlanishga javob reaksiyalari, miqdoriy radiobiologiyaning tegish, nishon, va kuchaytirilish prinsiplari, ionlantiruvchi nurlarning normal to'qima va organlarga ta'siri, ionlantiruvchi nurlarning yaxlit organizmga ta'siri, radiatsion ionlantiruvchi nurlarning yoxlit organizmga ta'siri, radiatsion zararlanshdan so'ng organizmda kechadigan tiklanish jarayonlari, xavfli o'smalarning paydo bo'lishida radiatsiyaning ta'siri haqida ma'lumotlar yoritilgan.

Darslikdan nafqat biologlar, ekologlar, balki radiobiologiyaga daxldor boshqa sohalarida tahsil olayotgan talabalar ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar:

S. Zaynobiiddinov – AndDU, Fizika kafedrası professori, akademik

A.D. Xakimov – AndDU, Fizika kafedrası dotsenti, f.f.n.

Z. Mamatova – O'zMU, Odam va hayvonlar fiziologiyasi kafedrası dotsenti, b.f.n.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2020-yil 30-iyundagi 359-sonli qaroriga asosan nashrga ruxsat etilgan.

© G'.I. Muxammedov va boshq.

© “Nodirabegim” nashriyoti, 2021.



**AKADEMIK AKMAL QOSIMOVICH QOSIMOVNING
YORQIN XOTIRASIGA BAG'ISHLANADI**

KIRISH

Radiobiologiya (lotin: *radius* – nur, biologiya – hayot haqida fan) ionlantiruvchi nurlarning organizm va uning populyatsiyasiga koʻrsatadigan taʼsirini tekshiruvchi fan sohasi boʻlib, uning maqsadi organizmda ionlovchi radiatsiya taʼsiridan sodir boʻladigan oʻzgarishlar va oʻsha oʻzgarishlar asosida yotgan mexanizmlar hamda qonuniyatlarini oʻchib, organizmni ionlovchi radiatsiyaning zarari va, hatto, halokati taʼsirdan himoya qilish yoʻllarini ishlab chiqishdan iborat. Ammo sanab oʻtilgan masalalar oʻta murakkab boʻlib, ularni hal qilish uchun birinchi navbada N. V. Timofeev-Ressovsky taʼkidlab oʻtganidek, yutilgan energiya bilan uning keltirib chiqaradigan biologik effekti oʻrtasidagi nomutanosiblikdan iborat radiobiologik paradokslarning mohiyatini oʻchirish talab etiladi.¹ Mazkur paradokslarni oʻyindashirish uchun misol keltiramiz. Maʼlumki, 1000 rad nur dozasi taʼsirdan sutemizuvchilarga mansub hech bir hayvon tirik qolmaydi. Demak, bunday doza sutemizuvchilar uchun mutlaq halokat dozasi hisoblanadi. Qizigʻi shundaki, ana shu 1000 rad nurning issiqlik ekvivalenti soddalashtirib aytganda, odam tanasining haroratini atigi 0,001°C ga koʻtarishga yetarli boʻladi, xolos. Yoki, bir kishi uchun absolyut minimal letal (oʻldiradigan) dozasi 7 Gy ni tashkil etadi. Ushbu doza 70 kg gacha boʻlgan shaxsning vazni jihatidan 490 J/kishi ga teng boʻladi, yoki 117,6 kalloriya issiqlik energiyasidan iboratdir. Inson tanasida teng ravishda tarqalgan bunday issiqlik energiyasi uni taxminan 0,002°C ga qadar “isitiadi”.²

Radiobiologiya eksperimental fan boʻlib, u tadqiqot natijalarining miqdoriy ifodalashini talab etadi.

Radiobiologiyaning ikkinchi bir oʻziga xosligi, hujayradagi har qanday molekula va strukturalar bilan sof statistik qonuniyat asosida taʼsirlashuvchi radiatsion omilning oʻziga xos maxsusligidan kelib chiqib, tadqiqotlarning biologik tashkillingining molekulyar darajasidan tortib, populyatsiyagacha boʻlgan barcha tabaqalarda oʻtkazilishini zaruriyat qilib qoʻyadi. Bu esa tadqiqot natijalarining yuqori darajalarga tadbiiq qilinishini taqozo etib, radiobiologiyaning navbatdagi oʻziga xosligini belgilaydi. Eksperimental yoʻl bilan qoʻlga kiritilgan natijalar amaliy ahamiyatga ega xulosalar shakllantirishga imkon beradi. Radiobiologiyaning navbatdagi va oxirgi oʻziga xosligi,

uning bosh masalasi -biologik obʼektlar va odamning nurlanishga koʻrsatadigan javob reaksiyasini har xil modifikatsiyalovchi vositalar yordamida boshqarishning sunʼiy usullarini ishlab chiqishga intilishdan iborat.

Radiobiologiyaning qayd etib oʻtilgan oʻziga xosliklari, uni ilmiy sohasi sifatida oʻrganish uchun zarur boʻlgan yondashishlar xususiyatini belgilaydi. U radiatsion omilning fizikaviy tabiati bilan shartlanadigan, nurlanish taʼsirining xilma-xil namoyonliklari ichidan har bir holatda koʻrilayotgan reaksiyaning oqibati uchun masʼul kritik zvenoni ajratishga intilishdan iborat boʻlishi lozim.

Radiobiologiya u yoki bu darajada biologiyaning barcha sohalar bilan aloqada boʻlib, bu uning tekshirish obʼektlari xarakteri bilan ifodalanadi. Uning tadqiqot obʼektlari - makromolekulalar, viruslar, hujarlar, sodd va koʻp hujayrali organizmlar, toʻqima va organlar kultursi, oʻsimlik, hayvon va odam organizmi hamda biosenzorlardir.

Ionlovchi radiatsiya – hayot asoslarini tekshirishda tadqiqotchi toʻlida shunday bir tengi yoʻq tadqiqot qurolidiki, qayski undan radiobiologiya muvaffaqiyati foydalanib kelmogda. Bu ionlantiruvchi radiatsiyaning qudrati shundaki, unda mujassamlangan energiya molekula tarkibidagi atomlar va molekulararo mavjud har qanday bogʻ yoki taʼsirlashish energiyalaridan bir necha barobar kattadir.

Oʻrgan yuz yildan sal ortiq davr mobaynida radiobiologiyada toʻplangan katta hajmdagi daliliy materiallar, birinchi navbatda, fenomenologik xarakterga ega materiallar va shular asosida eksperimentda tekshirilib, umumlashtirilgan tasavvurlar umidvor bashoralar yaratishga imkon berdi.

Bugungi kunda, radiobiologiya xoʻjalikning turli sohalarida insoniyat manfaatli yoʻlida xizmat qilmogda. Masalan, qishloq xoʻjaligida koʻpgina ekinlar urugʻlari, ularning unit chiqishini tezlashtirish va hosildorligini oshirish maqsadida ekishdan oldin nurlantiriladi. Bundan tashqari, radiatsion genetikada mutatsiyalar tufayli yuzaga kelgan foydali belgilarni avlodlarda mustakamlash uchun qoʻllanilmogda. Qishloq xoʻjaligi zararkundalariga qarshi kurashda ularni yoʻqotish maqsadida hasharotlarning bir jinsga mansub vakillari radiatsion yoʻl bilan tozalanadi. Sabzavot, oziq-ovqat konservalari, bir qator tabobat vositalari va anjomlarini sterilash ham radiobiologik qonuniyatlarga asoslangan.

Hozirgi zamon radiobiologiyasi kompleks fan sifatida aniq maqsadlarga yoʻnaltirilgan koʻpgina tarmoqlarni oʻz ichiga oladi. Ular - radiatsion biokimiya, radiatsion genetika, radiatsion sitologiya, radiatsion

¹ Тимофеев-Рессовский Н.В., Савич А.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию, М, 1981г., 319 с.

² Якименко С.П., Вайсон А.А. Радиобиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 2004 г., 549 с.

biofizika, radiatsion ekologiya, radiatsion immunologiya, radiatsion gigiena va zararli o'smalar radiobiologiyasi va boshqalardir.

Radiobiologiyaning kelajagi unga chegaradosh fan sohalari hamda kvant fizikasida erishiladigan muvaffahiyatlarga bog'liq bo'lib, radiobiologiyaning oldida turgan, yechilmagan masalalar va ularning mazmunini belgilaydi.

Kelajakda quyidagi muhim masalalar o'z yechimini topishi lozim: Radiobiologik reaksiyaning pog'onaviylik masalasi, ehtiyot choralarini maksimal qo'llash bilan bir qatorda har xil tabiiy radiatsiya dozalari, nurlantirish sharoiti va hokazolarni inobatga olgan holda, inson sog'lig'ini saqlash yo'llarini ishlab chiqish, organizmni somatik va genetik zararlanshlarining reparatsiyalanishini kuchaytirish va bu masalalarga doir tadqiqotlarda faqat hujayra darajasi bilangina cheklanib qolmay, balki organizm miqyosida boshqaruv tizimlarini ham o'z ichiga olishi zarur. Radiobiologiyaning immunologik aspekti ham katta istiqbolga ega. Bir qator immunobiologik masalalar, shular jumlasidan, organlar va to'qimalar transplantatsiyasiga oid to'qimaviy mos kelmaslik masalasini hal qilish ham har doim o'z dolzarbligini yo'qotmaydi.

Va nihoyat, irsiy belgilarni boshqarish, yangi hayotiy shakllar va organizmlar yaratishdan iborat genetiklarning orzu-armonlarini ro'yobga chiqarishda ham radiobiologiya beqiyos imkoniyatlarga ega.

Radiobiologiyaning rivojlanish tarixi (tarixiy sanalar asosida)

1895 yil - V.K. Rentgen - X-rentgen nurlarini kashf etilgan.

1896 yil - A. Bekkerel - Tabiiy radiaktivlik jarayoni ochilgan.

1896 yil - I.F. Tarxanov - baqalarni va o'simliklarni radiatsiya ta'siriga reaksiyasini o'rganagan.

1898 yil - M. Skladovskaya-Kyuri va P. Kyuri - Radiy (Ra) bilan poloniyni (Po) radiaktivlik xususiyatlarini kashf etdilar.

1901 yil - V.K. Rentgen - Fizika fani bo'yicha Rentgen nurlarining kashf etilishi uchun Birinchi Nobel mukofoti berilgan.

1903 yil - E.S. London - Radiyning sichqonlarga letal ta'siri dozasi aniqladi.

1906 yil - J. Bergonje, L. Tribondo - Turli hujayralarning radiatsiyaga, nurlanishga bo'lgan turli darajadagi reaksiyalari belgilangan.

1922 yil - F. Dessauer - Birinchi faraz (teoriya), radiobiologik effektning - ionlanish aktlarini aniqlashirganlar.

1924 yil - D.J. Krouzer - «Ta'sir nazariyasi»ni rivojlantirgan va fanga «mishen»-nishonatamasini kiritgan.

1925 yil - G.A. Nadson va G.S. Filippov - Mog'or zamburug'ining radiatsiya ta'siridan keyingi mutatsiyalari haqidagi farazlarini e'lon qilidilar.

1927 yil - G. Myoller - Berlindagi V Xalqaro Genetiklar kongressida drozofilla pashshasiga ionlantiruvchi nurlarning mutagen ta'siri haqida ma'ruza qilgan.

1927 yil - L. Stadler - Nurlantirilgan o'simlik hujayralarida xromosomalarining aberratsiyasini xosil bo'lishini ko'rsatdi.

1927 yil - Radiotoksiklar kashf etildi.

1928 yil - Stokgolmda rentgen nurlari va radiydan himoya qilish bo'yicha Xalqaro komissiya tashkil etildi. (MKRZ). Nurlanish dozasi Xalqaro o'lchov birligi - Rentgen atamasi kiritildi.

1932 yil - G.A. Levitskiy, A.G. Aratyan - Rentgen nurlari ta'sirida xromosomalarini fragmentlarga ajratilgan.

1935 yil - N.V. Timofeev-Ressovskiy - «Energiya migratsiyasi» atamasi kiritildi.

1935 yil - N.V. Timofeev-Ressovskiy, K.G. Tsimmer va M. Delbryuk - Radiatsion genetikaning asosiy xususiyatlarini aniqladilar.

1936 yil - Gamburda radiatsiyadan jabr ko'rgan 169 nafar jabrdiydalarga haykal o'rnatildi.

1941 yil - J.T. Anderson - Hujayrada kislorodning mavjudligi radiobiologik effektning kuchayishiga olib kelishini ko'rsatgan.

1945 yil - AQSh tomonidan birinchi atom bombasi sinab ko'rildi. Plutoniyl zararyadi atom bomba Yaponiyaning Xirosima va Nagasaki shaharlarida portlatildi.

1946 yil - D. Li - Mishen nazariyasini taklif etdi.

1947 yil - D. Li, N.V. Timofeev-Ressovskiy va K.G. Tsimmer - Mishen nazariyasi va nishonga (mishen) olish va ta'sir etish prinsiplarini to'liq tavsiflab berishgan.

1949 yil - Z. Bak - Ayrim moddalarning farmakologik himoya xususiyatlarini aniqladi (tsianiyli natry, tsisteamin).

1949 yil - G. Patt - Tsisteamin himoya xususiyatlarini isbotlab berdi.

1949 yil - A.I. Kelner, R. Dulbekko - Ilk bor hujayraning bo'linish uchun xususiyatlarini kashf etdi.

1954 yil - R. Tirkel - «Energiyani tekis yo'qotilishi» atamasini kiritdi. (Полное потеря энергии)

1955 yil - B. Rayevskiy - Hayvonlarning o'tascha hayot ko'rish nurlanishining radiatsiyaning dozasi (me'yori) bog'liqligini ko'rsatdi.

- 1955 yil - P. Aleksander, Z. Bak** – Turli sinf birkimlarini radioprotektorlik faoliyati o'rtasidagi bog'liqlik aniqlandi.
- 1956 yil - O. Xug, A. Kellerer** – Stoxastik nazariyasi yaratildi.
- 1957 yil - «Rad»** - Yutilgan energiya o'lovch birligi kiritildi.
- 1958 yil - P.D. Gorizontov** – «Radiotoksiklar» atamasini kiritdi.
- 1959 yil - V.I. Korogodin** – Radiatsiyadan keyingi haqiqiy tiklanish mavjudligini ko'rsatdi.
- 1960 yil - M. Elkind** – Hujayralarni subletal jarohatlanishdan so'ng tiklanishini ko'rsatib berdi.
- 1960 yil - F. Sobels** – Ionlantiruvchi nur ta'sirida genlar mutatsiyasining reparatsiyasi bo'lishini aniqladi.
- 1961 yil - «Radiobiologiya»** jurnalining birinchi nashri chop etildi. (1993 yil - «Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya» deb nomlandi).
- 1962 yil - B.N. Tarusov** – Nurlanishning zanjir reaksiyasi jarayonlari ochib berdi.
- 1964 yil - N.V. Luchnik, L.S. Tsarapkin** – Nurlangandan keyin xromosomalarni uzilishini tiklanishini ko'rsatdi.
- 1964 yil - A.M. Kuzin** – Strukturali-metabolik gipotezani yaratdi.
- 1965 yil - G. Planel** – Tabiiy radiatsion foni (PRF) – Biotaning normal o'sishi va rivojlanishi uchun zarurligini ochib berdi.
- 1970 yil - Yu.B. Kudryashov, Ye.G. Goncharenko** – Birlamchi radiotoksiklar kashf etildi.
- 1971 yil - A.K. Guskova, G.D. Baysogolov** – Nur kasalligining barcha asosiy formalarini tavsiflandi.
- 1971 yil - Ye.F. Romansev** – Radioprotektorlar ta'siridan keyin biokimyoviy tuzilmalarining holatini o'zgarishi aniqlandi.
- 1975 yil - «Grey»** - SI sistemasida Yutilgan doza birligi qabul qilindi.
- 1976 yil - A.M. Kuzin** – Strukturaviy-metabolik teoriyasi e'lon qilindi.
- 1979 yil - Parij** – XVI Bosh konferentsiyada o'lovch va og'irlik birligi Zivert (Zv) ekvivalent dozasi qabul qilingan.
- 1981 yil - A.A. Yartim** – Radiatsiyani immunitega ta'sirining hujayraviy mexanizmi asoslab berildi.
- 1981 yil - Radiatsion xavfsizlikning NRB-76 normasi nashr etildi.**
- 1986 yil 26 aprel** - Chernobil AES ning to'rtinchi blokida avariya yuz berdi^{3,4}.

³ «Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия» Гл. ред. А. П. Горкин. М.: Росмэн, 2006 г.

Radiobiologiyani mustaqil ilmiy fan sifatida tarkib topish tarixini to'rt asosiy bosqichga bo'lib ko'rsatib berish mumkin⁵.

1-bosqich – XIX asrning oxirgi o'n yilligi va XX asrning boshki ikki o'n yilligi. Rentgen nurlari va uning ta'siri, shuningdek, radiaktiv elementlarni turli biologik ob'ektlarga ta'siri haqida isbotlab ma'lumotlarni yig'ish, ularni tadqiq qilish bosqichi. Tadqiqotlar asosan tibbiyotchilar, fiziologlar, zoologlar, o'simlikshunostlar bo'lib, ular tomonidan o'zlar tadqiq qilyotgan soha doirasida olib borilgan. Olib borilayotgan tadqiqotlar natijalari fundamental xususiyatga ega bo'lishga qaramay, barchasi asosan tavsiflovchi yoki tasniflovchi xarakterga ega ishlar bo'lgan, chunki bu davrda radiatsiyani tiriklikka ta'siri mexanizmini ochib beruvchi qonun yoki faraz shakllantirilmagan edi. Bu davrda radiobiologiya degan soha yoki fan bo'lmagan edi;

2-bosqich – O'tgan asrning 20–30- yillaridan to' ikkinchi jahon urushini boshlanishigacha bo'lgan davr. Bu bosqich radiatsiyaning ta'siri mexanizmi haqidagi fundamental nazariy ishlanmalar yig'ish davri bo'lgan. Davr o'zining bir qancha kashfiyotlari bilan mashhur bo'lgan: «Klorod» effekti kashf etilishi, Nur ta'sirini rivojlanishida tiklanish (reparatsiya) jarayonini ahamiyati haqidagi farazlar, Mutagen ta'siri kashf etilishi. Ilk nazariyalar paydo bo'lishi (Dessauer nazariyasi, Radiatsiyaning tekis va notekis ta'siri nazariyasi, mishen nazariyasi va boshqalar), lekin bu davrda ham radiobiologiya fani mustaqil ajrab chiqmagan, faqat ayrim sohalarda bu atama ishlatib kelingan. Hali atom energiyasining potensial imkoniyatlari ma'lum bo'lmagan, atom energietikasi mavjud bo'lmagan, atom qurollari kashf etilmagan, shuningdek ommaviy radiatsion xavfsizlik tahdidi haqida hatto taxmin ham bo'lmagan edi;

3- bosqich – bu davr o'tgan asrning 40 – 50 yillarida boshlangan bo'lib, unda atom energietikasi kashf qilingan, atom bombasi yaratilgan va Yaponiyada Amerikaning atom bombasi (plutoniy zaryadi) sinovdan o'tkazilgan edi (1-rasm). Bir qator o'sha davrning rivojlangan mamlakatlarida yadro qurollari sinovdan o'tkazila boshlangan edi. Hozirgi radiatsion ta'siri xavfi kuchaya boshlagan. Qator olimlar tomonidan ionlantiruvchi nurlarning biologik ob'ektlarga ta'siri muammasiga bo'lgan qiziqishi kuchaygan.

⁴ О.М. Хрущевню, Основы радиобиологии. Гомель-УО «ГТУ им. Ф.Скорины», 2003 г.

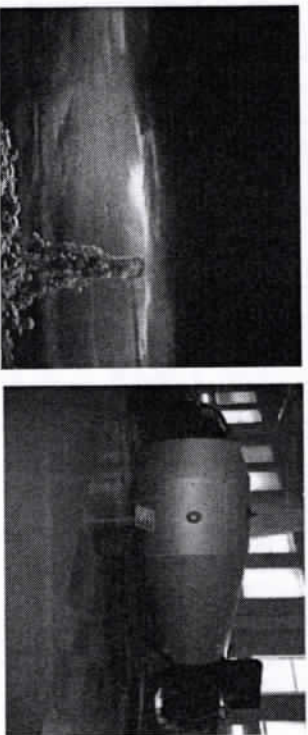
⁵ История развития радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://indopedia.ru> Дата обращения: 10.07.2018 г.

Radiobiologiya rivojlanish bosqichlari	
Bosqichlar va ularning tavsifi	Rivojlanishga hissa qo'shgan olimlar
Birinchi bosqich: 1890-1922 y.y. Tavsiylovchi bosqich, ma'lumotlar to'plash va radiatsiya ta'siriga uchun biologik ob'ektlarni uyda reaksiyatini tushinish bo'yicha birinchi urinishlar bilan bog'liq davr.	И. П. Пулюй, В. К. Рентген, А. Беккерель, М. Склодовская-Кюри, П. Кюри, И. Р. Тарханов, Г. Е. Альберс-Шонберг, Л. Хальберштадтер, П. Броун, Дж. Остоуд, Г. Хейнке, М. Корнике, Ж. Бергоне, Е. С. Лондон, Л. Трибондо.
Ikkinchi davr: 1922-1945 y.y. Miqdoriy radiobiologiya asosiy printsiplarini belgilash, ta'sirlarni yutigan dozaning kattaligiga bog'liqligi bilan tavsiflanadi; ionlashituvchi nurlanishning mutagen ta'sirini aniqlash, radiatsion genetikaning paydo bo'lishi va rivojlanishi davri	Ф. Дессаур, Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. М. Кузин, Б. Н. Тарусов, Н. М. Эмануэль, Д. Э. Ли, К. Циммер, Г. А. Надсон, Г. С. Филиппов, Г. Моллер, Л. Стадлер.
Uchinchi davr: 1945 - 1980 y.y. Miqdoriy radiobiologiya biologik tizimning barcha darajalarida rivojlanishi: • Molekulyar va hujayra radiobiologiya; • radiatsiyaga qarshi himoyaning biologik yo'llarini ishlab chiqish; • radiatsion shikastlanishlarini davolash;	Н. П. Дубинин, Н. В. Лучник, Б. Л. Астауров, К. П. Хансон, В. И. Корогодин, В. Д. Жестяников, Л. Х. Эйлу, А. И. Газиев, Э. Я. Граевский, И. И. Пелвина, А. В. Лебединский, П. Д. Горизонтов, Г. П. Груздев, П. П. Саксонов, Ю. Г. Григорьев, Н. Л. Делоне, А. В. Антипов, В. С. Пашков, С. П. Яромоненко, Р. В. Петров, А. А. Ярилин, П. Г. Жеребченко, Е. Ф. Романцев,

• Yadroviy zartalar tezlatgichlarini yaratish; • radiosensizlashtiruvchi vositalarni ishlab chiqish; • o'smalarning ionlashituvchi nurlar bilan davolashning radiobiologik tamoyillarini ishlab chiqish;	В. Г. Владимиров, А. К. Гуськова, Г. Д. Байсоголов, М. П. Домшак, С. Н. Александров, А. А. Вайнсон, А. А. Летовт, Ф. Г. Кротков, В. Я. Голиков, Л. А. Ильин, У. Я. Марулис, Д. М. Спитковский, Ю. Б. Кудряшов, Е. Б. Бурлакова.
To'rtinchi davr: 1986 yildan hozirgi davrga qadar: past dozali ta'sir effekti ionlashitmaydigan nurlanish mexanizmlari, radiobiologiyada siljish va paradigma o'zgarishi	И. И. Суков, В. А. Шевченко, Д. М. Спитковский, Е. Б. Бурлакова, И. Е. Воробцова, Н. Р. Withers, J. Ward, H. Nagasawa, J. Little, C. Mothersill, C. Seymour, O. V. Belyakov, M. Folkard, K. Prise, B. Michael, K. Baverstock, M. Joiner, B. Marples, P. Lambin, A. Brooks, T. Elsassier, M. Scholz, T. Day, G. Zeng, A. Hoeker, T. Neumatter, J. Swenson, C. Pham, A. Polyzos, A. Lo, P. Yang, J. Dyball, O. Desouky, N. Ding, G. Zhou, A. H. Kotterov, A. A. Vainson, Y. Ogawa, A. K. Qosimov.

Sbu yillarda Radiobiologiya mustaqil ilmiy soha yoki fan sifatida shakllana boshlagan⁶. Turli moddalarning radiatsiyadan ximoya kuzatuvlari kashf etilgan, eksperiment asosida hujayraning nurlanandan keyingi qayta tiklanish jarayoni isbotlangan. Radiobiologiya markazlari tashkil etilgan. Soha oldida zamonaviy ilmiy va vazifalar qo'yildi: ko'p hujayrali organizmlarga radiatsiya ta'sirini o'rganish; xavfli mutatsiyalarning hosil bo'lishida radiatsiyaning roli; immunitetning pasayib ketishi; turli xususiyatga ega bo'lgan shikastlarni hosil bo'lishi, ular ko'rish davomiyligining qisqartishi.

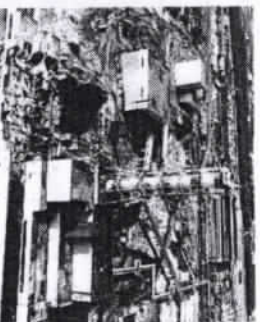
⁶ А. И. Гребенков, О. Ю. Сурелова, В. И. Лещенко, Е. Н. Степанова. Основы радиобиологии и радиационной медицины. Санкт-Петербург, ФООЛИАНТ, 2012 г., 233 с.



1-rasm. 1945 yilda Xirosima shahriga tashlangan yadro bombasini ko'rinishi.

Yer kurtasining sun'iy radionuklidlar bilan ifloslanishi kabi global muammo esa yanada yangi vazifalarni qo'yadi: radionuklidlarni biosferadagi migratsiyasini o'rganish, sun'iy radionuklidlar xisobidan nurlanishning o'ziga xos xususiyatlari; kichik dozalar va surunkali nurlanish muammolarini yechimini topish.

Ayni davrda yadroviy qurollarni sinash yoki kashf etishga bo'lgan cheklolar, statistikada radiatsion fanni kamaytirib ko'rsatish, shuningdek soha mutaxassislariuzoqni to'g'ri ko'rolmaganliklari insonlarni bir qancha tinchlantirgan va xotirjam qilib qo'ydi. Chernobildagi AESida yuz bergan fojica va uning oqibati xotirjam, bee'tibor bo'lmalik kerakligini isbotladi.



2-rasm. Chernobildagi AESida yuz bergan avariya va uning oqibati.

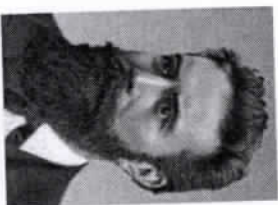
Shuni aytilish kerakki xozirda radiobiolog-mutaxassislarning kamligi, yetishmasligi, buning oqibatida esa aholining bu soha haqida to'liq tushuvga ega emasligi ma'lum bo'lmogda. Shu nuqtai nazardan qararsak Biz hozir Radiobiologiya sohasi rivojlanishining yangi 4-bosqichida turgan bo'lishimiz mumkin. Bu bosqich taxminan 26-aprel 1986-yildan boshlangan desak adashmagan bo'lamiz.



AES mavjud davlatlar:

●	- AES faoliyat ko'rsatayotgan, yangi energoblok qurilayotgan davlatlar
●	- AES faoliyat ko'rsatayotgan, yangi energoblok qurilishi rejalashtirilayotgan davlatlar
●	- AES faoliyat ko'rsatayotgan, yangi energoblok qurilishi rejalashtirilmayotgan davlatlar
●	- AES faoliyat ko'rsatayotgan, energoblok qisqartirilishi rejalashtirilayotgan davlatlar
AES mavjud bo'lmagan davlatlar:	
●	- AESlarni qurayotgan davlatlar
●	- AES qurish rejalashtirilayotgan davlatlar
●	- AES yoq va qurish rejalashtirilmayotgan davlatlar
●	- Fuqaro yodro energetikasi qonun bilan ta'qiqlanadi

3-rasm. Yer kurtasida AESlarni joylashishi va undan foydalanish holati haqida ma'lumot



V.K. Rentsgen
(1845 – 1923 yy)



A.A. Bekkerel
(1852 – 1908 yy)



I.F. Tarxanov
(1846 – 1908 yy)



M. Skladovskaya-Kyuri
(1867 – 1934 yy)



P. Kyuri
(1859 – 1906 yy)



J. Bergon'e
(1857 – 1925 yy)



L. Tribondo
(1872 – 1918 yy)



F. Dessauer
(1881 – 1963 yy)



E.S. London
(1868 – 1939 yy)



T.A. Harcon
(1867 – 1939 yy)



F.C. Фириннов
(1867 – 1939 yy)



G. J. Myoller
(1890 – 1967 yy)



L. Stadler



G.A. Levitskiy
(1878 – 1942 yy)



M. Delbryuk
(1906-1981 yy)



N.V. Timofeev-Ressovskiy
(1900 – 1981 yy)



K.G. Tsimmer
(1911 – 1988 yy)



J.T. Anderson
(1833 – 1900 yy)



Z. Bak
(1903 – 1983 yy)



A. Kyolner
(1912 – 1994 yy)



R. Dulbecko
(1914 – 2012 yy)



B.N. Rayevskiy
(1893 – 1974 yy)



L.G. Grey
(1905 – 1965 yy)



R.M. Sievert
(1898-1966 yy)



P.D. Ginzantov
(1902 – 1987 yy)



V.I. Korogodin
(1929 – 2005 yy)



E.O. Lourens
(1901 – 1958 yy)



M. Elkind
(1922 – 2000 yy)



N.V. Luchnik
(1922-1993 yy)



G. Planel
(1908 – 1994 yy)



A.M. Kuzin
(1906 – 1999 yy)



B.N. Tarusov
(1900 – 1977 yy)



Yu.B. Kudryashov
(1930 – 2015 yy)



A.K. Guskova
(1924 – 2015 yy)



G.D. Baysogolov
(1921 – 2003 yy)



B.L. Astaurov
(1904 – 1974 yy)



A.A. Yarinin
(1941 – 2013 yy)



S.P. Yarmonenko
(1920 – 2011 yy)



I.I. Suskov
(1938 – 2008 yy)



Ye.B. Burlakova
(1934 – 2016 yy)

4-rasm. Radiobiologiya fanini rivojlanishiga xissa qo'shgan olimlar

Zamonaviy radiobiologiya fani mustaqil fan sifatida shakllangan bo'lib, hozirda uning bir qancha yo'nalishlari aniq shakllantirilgan, ulardan: umumiy radiobiologiya, radiatsion biokimyo, biofizika, radiatsion tsitologiya, radiatsion genetika, radiatsion ekologiya, kosmik radiobiologiya, radiatsion immunologiya, radiatsion gigiena va oxirgi vaqtda shiddat bilan rivojlanayotgan yo'nalish-zararli o'sma radiobiologiyasidir (радиобиология опухолей)⁷.

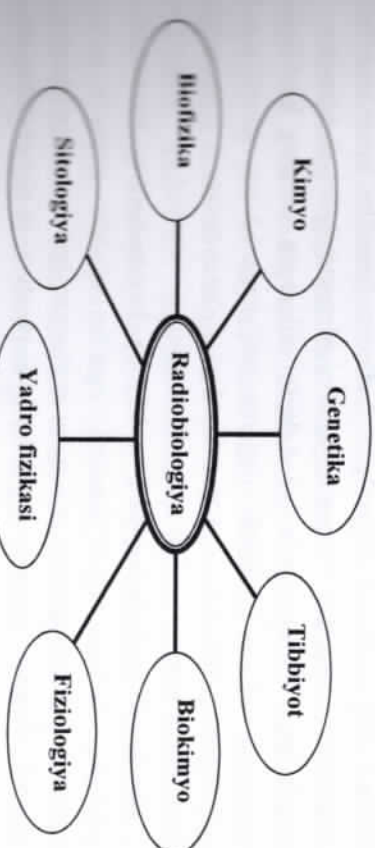
Radiobiologiya fanining yutuqlari orasida alohida e'tiborga sazovorlari quyidagilardir: Myuller (1927 y) tomonidan radiatsiyaning naslga ta'sirini o'rganish, nurning mutagen ta'sirini ochilishi (D.Li, Angliya, 1946 y), N.V. Timofeev-Ressovsky va K. Timmer (Germaniya 30-40 yillar)ning nur ta'sir mexanizmini o'rganish bo'yicha olib boran ilmiy ishlardir. 1950 yillardan boshlab, atom va termoyadro qurolining sinovlari keltirib chiqargan radiobiologik muammolar, o'kir va

⁷ М.М. Филимонов Радиобиология, курс лекций, Минск, 2008 г., 100 с.

surunkali nurlanish kasalligi, mahalliy radiatsion jarohatlar o'rganildi. So'nggi o'n yilliklarda kichik dozalarda surunkali nurlanishning ta'siri, yadro halokatlari keltirib chiqaruvchi radiobiologik muammolar – bunday nurlanishning asoratlari, ularning oldini olish, davolash, genetik asoratlar ehtimoli va radiatsion ekologiya muammolari dolzarb bo'lib kelmoqda.

Radiobiologiya bir vaqtning o'zida ham mustaqil fan, ham boshqa bir qator fanlar bilan yaqin munosabatlarga ega fandır. (1-chizma) Bu fanlar o'zaro bog'liq bo'lib, radiatsion tibbiyot, radiatsion veterinariya, radiatsion gigiena va radiatsion ekologiya kabi bo'limlardan iborat. Radiobiologiya fani biologik fanlar tarkibiga kiradi va ular bilan chambarchas bog'langan. (2-chizma)

Radiatsion biofizika - tirik organizmda nur ta'sirida ro'y beradigan birlamchi jarayonlarning fizik-kimyoviy qonuniyatlarini - nur yutilishining dastlabki soniyalarida atom va molekularlarning qo'zg'alishi va ionlanishi, radikallar xosil bo'lishi, ularning o'zaro yoki boshqa molekularlar bilan aloqalarini o'rganadi.



1-chizma. Radiobiologiyaning biologiya fanlari tizimida tutgan o'rni

Radiatsion kimyo va biokimyo - molekulyar miqyosda radiatsion zararlantiruvchi dastlabki bosqichlari, hujayra mikrostrukturasi o'zgarishi, funksiyasining buzilishi va metabolik jarayonlarning o'zgarishini o'rganadi. Radiatsion biokimyo o'zaro bog'liq

uslublari ultratsentrofuglash, xromatografiya, elektroforez, elektron paramagnit rezonans, radionuklid indikatsiyalash yordamida hujayralarning alohida qismlarida modda almashinishining ilk buzilishlarini ko'rsatib beradi. Radiatsion biofizika va biokimyoni umumlashtirib molekulyar radiobiologiya deb atash mumkin.

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

Radiatsion genetika – ionlovchi nur chiqaradigan genetik effektlar, uning natijasida ro'y beradigan radiatsion mutatsiyalar, nasliy o'zgarishlar, asoratlatni o'rganuvchi fandir. Hujayra yadro apparatining nurga ta'sirchanligining yuqoriligi sababli radiatsiyaning genetik effektlari keng va chuqur o'rganilgan. Radiatsion genetika, jinsiy hujayra nurlanishining naslga ta'sir qonuniyatlarini o'rganish bilan cheklanmay, nurlanishning naslga ta'sir qonuniyatlarini o'rganish bilan cheklanmay, somatik hujayralarida nurlanish keltirib chiqargan saraton kasalligi (радиационный рак), genetik o'zgarishlarni o'rganish va zararsiz nur (радиационный рак), genetik o'zgarishlarni (допустимые уровни облучения)ni belgilash bilan shug'ullanadi.

Fiziologik radiobiologiya – odam va hayvonlarning murakkab organizmida hujayralar, to'qimalar, organlar va ular tizimida ro'y beruvchi integratsiyalangan radiatsion nurlangan keyingi o'zgarishlarni o'rganadi. Masalan: umumiy nurlanishda markaziy asab tizimi tashqi va ichki retseptorlardan kelayotgan impulslarning katta oqimidan ta'sirlanadi. Natijada unda funksional o'zgarishlar ro'y beradi, bu esa o'z navbatida boshqa organlar faoliyatining boshqarilishining o'zgarishiga olib keladi; yoki nurga ta'sirchanligi yuqori bo'lgan qon ishlab chikarish tizimi, oshqozon-ichak yo'li, immunitetning radiatsiya ta'sirida zararlanishi butun organizmida ko'p tarmoqli o'zgarishlar chiqaradi. Umumiy radiobiologiya, shular kabi organlar tizimi yoki butun

organizmida nur ta'sirida ro'y beradigan o'zgarishlarni o'rganish bilan shug'ullanadi.

Radiatsion ekologiya – insoniyatni o'rab turuvchi muhitning radiativligi, uning o'zgarishlari, radiativ moddalar migratsiyasi va turli darajadagi radiativligining tabiiy biologik xamjamiyatlar – biogeotsenozlarga ta'sirini o'rganadi. Tabiiy radiatsion muhit, geologik va geografik muhitlarga bog'liq va u turli regionlarda turlicha. Bu muhit insoniyatning faoliyati tufayli tinimsiz o'zgarib turadi. Yadro sinovlari olib borilgan yillarda portlashlardan hosil bo'lgan radiativ moddalar butun planetaga tarqalib, o'simliklar, hayvon va odamlar organizmiga tushgan. Shunga o'xshash boshqa yadro halokatlarda (M.Chernobil AES avaryasi) ro'y bergan radiativ ifloslanishlar odam va hayvonlar organizmning uzoq yillar davomida nurlanishiga sabab bo'ladi. Radiokologiya radiativ izotoplarning muhitda tarqalishi, ularning bioferaning turli qismlariga ko'chishi (masalan: tuproq-o'simliklar-hayvonot-odamzot; yoki dengiz suvi – dengiz mahluqlari – odamzot sistemasi bo'ylab ko'chishi) tabiatning radiativ muhitdan tozalanish imkoniyatlarini o'rganadi.

Radiatsion gigiena—odam organizmini radiatsiya ta'siridan muvofiq qilish tadbirlari, nurlanishning me'yori ko'rsatkichlarini belgilash va nazorat qilish bilan shug'ullanuvchi fandir. Radiatsion gigienaning ikki turi - kommunal va professional radiatsion gigienaga bo'linadi. Radiatsion gigiena, ionlovchi nur manbalari o'tatilgan binolar, ishchi xodimlar, bemorlar va atrofda joylashgan xonalarining sanitariya-gigiena me'yori ko'rsatkichlari, muhofaza vositalarining nazorati, radiativ fon, qurilish materiallari, mineral o'g'itlar kabi radiativligi yuqori moddalarning texnogen radiativ foni, suv, oziq-mahsulotlar radiativligi, professional nurlanishning individual normativlari, radiativ chiqindilarni to'plash, saqlash, (kumish), energetik yadro qurilmalari - atomoxodlar, AESlar chiqindilarini utilitatsiyasi bilan shug'ullanadi. Radiatsion gigienaning asosiy me'yoriy sug'arti «Sanitarne pravila i normi pri rabote s radiativnimi izotopami», «Plenul radiatsionnoy bezopasnosti - NRB-96» hisoblanadi.

Radiatsion immunologiya – Radiatsiyaning immunitetga ta'siri va shu orqali immunologik faktorlar, ularning mexanizmlarini o'rganish bilan shug'ullanuvchi fandir.

Radiatsion mikrobiologiya – ionlovchi nurlarning mikrobiologik ob'ektlarga ta'siri, mikroblarda radiatsion mutatsiya, sterilizatsiya, mikroob o'zgarishlari vositasida turli radiobiologik jarayonlarni o'rganish bilan shug'ullanuvchi fandir. Yer shari bir necha 10 km qalindikka ega atmosferaga qatlarni bilan o'ralgan. Bu qatlam fazodan kelayotgan kuchli nur oqimini yutadi. Yerga kosmik nurlarning kichik bir ulushigina yetib keladi. Er yuzasidan yuqoriga ko'tarilgan sari bu nurlarning miqdori ortib boradi, uzoq vaqt davomida 80-100 km va undan balandlikda bo'lish hayot uchun xavfli. Yer atrofidagi radiatsiya, yerning magnit belbog'lar sohasida, ayniqsa, kuchli.

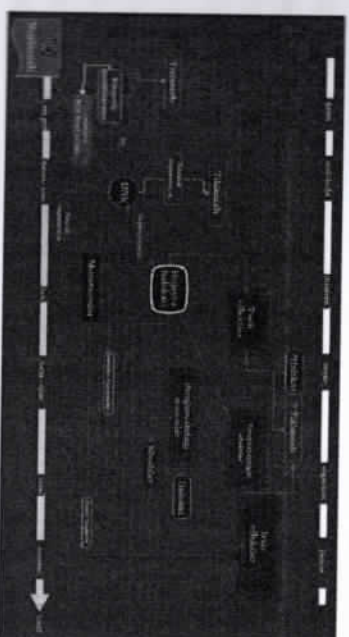
Fan va texnikaning rivoji tufayli XX asrning ikkinchi yarmida kosmik parvozlar va sayohatlar erasi boshlandi. Bu yangi muammolarni tug'dirdi. Parvozlar jarayonida radiatsiyaning turli jonzodlar, birinchi navbatda odam organizmiga ta'sirini o'rganish va kosmonavtlarni fazo radiatsiyasidan saqlash bilan shug'ullanuvchi radiobiologiyani yangi bir sohasi - kosmik radiobiologiya yuzaga keldi. Bu fan sayyoralararo sayohatlarda kosmonavtlar organizmiga nur ta'siri va undan muxofazalash muammolari bilan shug'ullanadi. Hozirgi paytda kosmik sayohatlarni ta'minlovchi yadro energetik qurilmalari yaratilgan.

Umumiy radiobiologiya

	Radiatsion genetika
	Radiatsion biokimya
	Radiatsion ekologiya
	Radiatsion gigiyena
	Radiatsion immunologiya
	Radiatsion mikrobiologiya
	Fiziologik radiobiologiya

2-chizma. Radiobiologiya faning bo'limlari

Bu kosmonavtlarni fazo radiatsiyasidan saqlashdan tashqari, kosmik kemaning atom dvigateli nurlardan saqlash muammosini ham yuzaga keltiradi. Umuman, radiobiologiya fani xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida, tobora keng qo'llanib borayotgan ionlovchi nurlarning jonli tabiatga ta'sirini o'rganuvchi, to'xtovsiz rivojlanib borayotgan fandir.



5-tasnm. Ma'lum vaqt oralig'ida tiriklikning turli darajalarida radiobiologik effektning shakllanishi⁸

Nazorat savollari:

1. Radiobiologiyani ta'rixi va shug'ullanadigan masalalarini yoritib bering.
2. Radiobiologiyani shakllanishida boshqa fanlarning rolini ko'rsating.
3. Radiobiologiyani biologik fanlar orasida tutgan o'rni va ahamiyatini yoritib bering.
4. Radiobiologiyani ilmiy va amaliy ahamiyatini tavsiflab bering.
5. Radiobiologiyani kelajagi haqida fikringizni asoslang.
6. Radiobiologiyani rivojlanishida hissa qo'shgan olimlarni ishlarni ko'rsating?
7. Radiobiologiyani fan sifatida kelib chiqish sabablarini ko'rsatib bering.
8. Radiobiologiyani asosiy rivojlanish bosqichlarini ko'rsatib bering.
9. Radiobiologiyani turdosh fan sohalari bilan bo'liqligini tushuntirib bering.
10. Fan mesochlaridan kimlarni va ular haqida nimalar bilasiz?

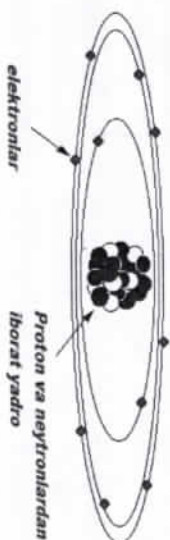
⁸ Hall EJ, Giaccia AJ. Radiobiology for the Radiologist, 8th edn. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott, 2018.

I bob. IONLANTIRUVCHI NURLARNING FIZIKAVIY XOSSALARI

Radiologiya – radiobiologiyaning bo'limi bo'lib, u ionlantiruvchi nurlarning xossalari va ularni o'lish yo'llarini o'rganadi.

Radiativlik - ayrim kimyoviy elementlarning (uran, toriy, radiy, kaliforniy va boshqalar) o'z holicha parchalanib, ko'rinnas radiatsiya tarqalishiga qobiliyatidir. Bunday elementlar radiativ elementlar deb ataladi.

Radiativ moddalar (PB) yarim parchalanish davrida qat'iy belgilangan tezlik bilan parchalanadi, ya'ni, barcha atomlarning yarimi parchalanadigan vaqtda o'lganadi. Misol uchun: kaliy uchun yarim parchalanish davri – 40 - 1 milliard yil; radiy - 226-1590 yil; uran - 235 - 713 mln. yil; natriy - 23-15 soat; yod - 8,1 - 131 kun; strontsiy - 28 dan 90 yilgacha; tseziy - 33 - 137 yilni tashkil etadi. Radiativ parchalanish to'xtatilishi yoki hech qanday tarzda tezlashtirilishi mumkin emas⁹.



6-rasm. Molekula tuzilishi.

Atom yoki molekulaning ion holatiga keltirishga qodir nurlar **ionlantiruvchi nurlar** deb ataladi. Ma'lum bo'lgan elektromagnit nurlardan bunday xossaga, faqat rentgen va gamma nurlari ega. Korpuskulyar nurlar: α va β - zarrachalar, neytronlar, protonlar hamda ko'ndatib etib keladigan ko'ndatib 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 qismini ta'sirlashgan atom yoki molekulaga beradi. Qo'shimcha energiya olgan atom yoki molekulaning valent elektroni, o'z orbitalidan energiya darajasi yuqori bo'lgan⁹ 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 molekulaga esa **qo'zg'algan atom yoki molekulaga** 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 molekulaga yutilgan energiyani **ko'rinishi, ultrabinafsina yoki rentgen nurlari** tarzida sochib, o'zining dastlabki asosiy holatiga qaytadi.

Agar gaz holatidagi modda molekulari yutgan energiya, umuman 10 eV dan oshib ketse, yutilgan energiya ma'lum bir elektronlarda majmuaqlanib, o'sha elektron atom yoki molekulaning tark etadi, natijada atom yoki molekulaga ionlangan aylanadi. Bunday hodisa ionlanish deb ataladi. Atomi tark etgan elektron kinetik energiyasiga bog'liq⁹ holda neytral atom (molekula) tomonidan tutib olinmaguncha o'z yo'lida bir nechta ionlanishga sabab bo'lishi mumkin. Elektronni tutib olgan neytral molekulaga (atom) manfiy ionga, elektron yo'qotgan molekulaga (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 bo'lishi ham mumkin, yutilgan energiya molekulaga zaminida juftlashmagan elektronning paydo bo'lishiga, ya'ni, erkin radikal paydo bo'lishiga olib keladi.

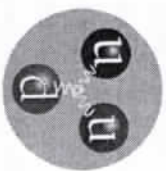
Rentgen va gamma nurlari energiyasi (**E**) ularning to'liqin uzamlariga bog'liq bo'lib, Eynshteyn formulasi bilan tasvirlanadi:

$$E=h\nu$$

bu erda h - Plank doimiyi, ν - nur chastotasi.

To'liq uzunligi $10^{-3} - 10$ nm, bo'lgan elektromagnit nurlar rentgen nurlari deb atalib, fotonlarining energiyasi o'rtacha $E = 12,4$ keV (0,12 dan 1237 keV)ni tashkil etadi.

Korpuskulyar nurlar ham moddadan o'tganda ikkilamchi elektronlar singari ionlanish hodisasiga sabab bo'ladi. Neytronlar atom yadrosi bilan to'qnashib protonlarni urib chiqaradi, bu hodisa proton berish deyiladi.



7-rasm. Proton tuzilishi.

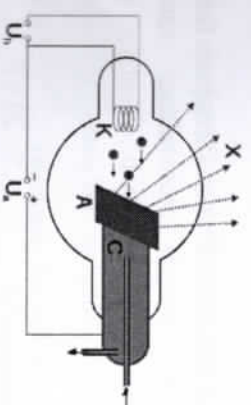
Shunday qilib, ionlantiruvchi nurlar tabiati jihatidan o'zaro keskin farqlanishiga qaramay, ulardagi energiyaning asosiy qismi ionlanishga sarflanadi va ionlanishga sabab bo'ladi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, tirik materiyada uchraydigan moddalar atomida, bir juft ion hosil qilinishi uchun o'rtacha hisobda 34 eV energiya talab etiladi. Shu asosda, agar moddaning hajm birligida yutgan energiyasi (E) ma'lum bo'lsa, hosil bo'lgan ionlar soni (N):

$$N \approx \frac{E(3B)}{34(3B)}$$

Zarracha bosib o'tgan 1mk masofada hosil bo'ladigan ion juftlarining soni **ionlanish zichligi** deb atalib, ionlanish zichligi zaryad kvadratiga to'g'ri, zarracha tezligiga esa teskari proporsionaldir.

1.1. Elektromagnit nurlar

Rentgen nur, aniqroq qilib aytganda, to'liq uzunligi 0,0001 - 80 nm doirasidagi elektromagnit nurlar - rentgen nurlari deb ataladi. Rentgen nuri bir tomondan ultrabinafsa, ikkinchi tomondan gamma nurlanishga ustlanadi. Rentgen nurining sun'iy manbai sifatida rentgen trubkasi ishlatiladi (8-rasm).



8-rasm. Rentgen trubkasining tuzilish sxemasi: X - rentgen nurlari, K - katod, A - anod yoki antikatod, C - issiqlik batareyasi, U_h - Katod issiqlik kuchlanishi, U_a - kuchlanishni kuchaytirgich.

Rentgen trubkasidagi anod va katodlarga katta potentsiallar farqi qo'yilishi natijasida, katodda hosil bo'lgan elektronlar katta tezlik bilan anod tomon harakatlanadi va anodni (ya'ni antikatodni) tashkil etgan metall atomlarining elektr maydonida birdaniga tormozlanadi. Shu munosabat bilan elektron kinetik energiyasining asosiy qismi (99,8%) issiqlikka va juda oz qismi (0,2%) rentgen nurga aylanadi. Anodni bombardimon qiluvchi elektronlarining bir qismi anodni tashkil etgan atomlarning ichki qavaidan elektronlarni urib chiqaradi. Atomdagi elektron sathlar har xil (demak, turlicha energiyaga ega) bo'lgani uchun hosil bo'ladigan rentgen nurlari fotonlarining energiyasi ham har xil bo'ladi. Shu munosabat bilan nur spektriga elektronlarning tormozlanishi natijasida hosil bo'ladigan uzluksiz rentgen nurlaridan tashqari, atomdan urib chiqarilgan elektronlar orbitalariga xarakterli (to'liq uzunliklari har xil) xarakteristik rentgen nurlari ustunlanadi (9-rasm).



9-rasm. Kruks trubkasi

Hunda, fotonning maksimal energiyasi anodni bombardimon qiluvchi elektronlarning maksimal energiyasidan oshmaydi va eng kam energiyasi esa har qanday kichik kattaliklar bilan xarakterlanishi mumkin.

Rentgen nuri kvantining maksimal energiyasi (tormozlanuvchi tez elektronlar energiyasi) rentgen trubkasidagi katod va anodaro potensiallar farqidan katta bo'lmaydi. Rentgen nurlari, kvantlar maksimal energiyasining kattaligi bo'yicha, bir necha kategoriyaga ajratiladi:

O'ta yumshoq nurlar	5 - 20 kV
Yumshoq nurlar	20 - 60 kV
O'rta nurlar	60 - 120 kV
Qattiq nurlar	120 - 250 kV
O'ta qattiq nurlar	250 - kV va undan katta

Gamma nurlari. Gamma nurlari qo'zg'algan atom yadrolarining yemirilishi paytida hosil bo'ladigan qisqa to'liqini elektromagnit nurlardan iborat bo'lib, energiyasi 100 keV ga teng yumshoq gamma nurlar kelib chiqishidan bo'lak hamma tomonlari bilan rentgen nurlaridan farqlanmaydi.

Gamma nuri fotonining asosiy xarakterli belgisi, bu nuri ergiyasidir

$$E_\gamma = h\nu_\gamma$$

Yadro reaksiyalarida hosil bo'ladigan gamma nurlarining energiyasi 20 MeV gacha yetib boradi. Odatdagi radiaktiv atomlarning yemirilishida hosil bo'ladigan gamma nurlari fotonlarining energiyasi 10 keV dan to 5 MeV gacha bo'lgan kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Yadro ham atom singari energiyaning diskret sistemasiga ega kvant-mexanikaviy sistemadir. Shuning uchun, yadro qo'zg'algan holatidan asosiy holatga o'tganda hosil bo'ladigan gamma fotonlarining energiyasi o'tishlar amalga oshgan sathlararo (i va p aro) energiyalar farqiga teng bo'lishi kerak, ya'ni, $E_\gamma = E_i - E_p$. Shuning uchun ham gamma nurlanish chiziqli spektrga ega. Qo'zg'algan holatdagi engil yadro hosil qiladigan gamma nuri spektri bir qator monoxromatik nurlardan iborat bo'lib, ular bir-biridan ajralib turadi.

Radiobiologik tadqiqotlarda (γ - nuri manbai sifatida asosan radiaktiv izotop ^{60}Co (yarim yemirilish davri 5,3 yil) dan foydalaniladi. Yemirilish natijasida qo'zg'algan ^{60}Co yadrosidan ketma-ket ikkinta γ - fotonlar (1,33 MeV, 1,17 MeV) ajralib chiqadi va ^{60}Ni hosil bo'ladi.

Ma'zan γ - nurlanish manbai sifatida ^{137}Cs (yarim yemirilish davri 30 yil) ham ishlatiladi.



10-rasm. Atom yadrosini gamma nurlarini chiqarishi

Og'ir yadrolarda esa elektron sathlar zichligi katta va shuning uchun radiaktiv yemirilish amalga oshganda, og'ir yadrolar hosil qiladigan gamma nurlar murakkab spektrga ega bo'ladi.

Sathlararo o'tishlar hamma vaqt ham gamma nurlanish bilan bo'lmaydi. $E_i - E_p$ o'tish energiyasi $> 2 mc^2$ bo'lsa, elektron - pozitron jufti hosil bo'ladi. Bu erdagi mc^2 (511 keV) elektron tinchlik energiyasiga teng bo'lib, gamma nuri energiyasining kattaligini ifodalaydi.

Nazorat savollari:

1. Radiaktiv element nima va qanday hosil bo'ladi?
2. Qaysi nurlar murakkab spektrga ega bo'lgan nurlar?
3. Rentgen nurlar kategoriyalarini aytib bering?
4. Ionlanish zichligi nima?
5. Proton berish hodisasini tushuntiring?
6. Gamma nurlariga tavsif bering?
7. Rentgen trubkasini ishlash prinsipi tushuntirib bering.
8. Qo'zg'algan holat hodisasini tushuntiring?

1.2. Korpuskulyar nurlar.

Korpuskulyar nurlarning asosiy manbali—bu radiaktiv 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 **radiaktiv** (radionuklidlar) deb nomlanuvchi ikki guruhga bo'linadi. Stabil izotoplarning yadrolari, odatdagi sharoitda

turg'un bo'lib o'zgarmaydi. Radiaktiv izotoplar esa beqaror yadrolardan tashkil topgan bo'lib, yadro yemirilganda uning o'rnida boshqa element yadrosi paydo bo'ladi.

Radiaktiv yemirilishlarda α va β zarrachalar hosil bo'lishi mumkin.

Alfa zarrachalar. α zarracha – bu massasi 4,003ga teng bo'lgan geliy atomning yadrosidir. Ba'zi bir (${}^m\text{A}_Z$) radionuklidlarning α - yemirishi natijasida, zaryadi Z , massasi m ga teng yadrodan, zaryadi $Z - 2$, massasi $m - 4$ ga teng yangi yadro hosil bo'ladi (chapga siljish qoidasi), ya'ni, masalan:



Mazkur jarayonga radiy elementi yadrosining yemirilishini misol qilish mumkin: ${}^{226}\text{Ra}_{88} \rightarrow {}^{222}\text{Rn}_{86} + {}^4\text{A}_2$.

Radiaktiv α -yemirilishlar natijasida hosil bo'ladigan α -zarrachalar 4-9 MeVgacha energiya bilan harakatlanadi. α -zarrachalar 20 000 km/s tezlik bilan xarakatlanadi, bu zamonaviy aviatlaynerlar uchish tezligidan 35 000 marta tezdir. α -zarrachalar kuchli ionlanish xususiyatiga ega bo'lib, yuqori zichlikni hosil qiladi, yani havoda 1 smda 40 000 tagacha ion juftini hosil qiladi. Havoda chopish uzqligi 5-11 sm tashkil qilib, biologik to'qimalarda 0,1 mm gacha kirib boradi, oddiy qog'oz bilan tutiadi. α -zarrachalar Yer sayyorasi atrofidagi kosmik nurlar tarkibiga kirib, unda 6%ni tashkil etadi⁸.



11-rasm. Alfa zarracha

Radiobiologik tadqiqotlar uchun α -zarrachalar yaroqsiz, chunki ular nisbatan katta massa va zaryadga ega bo'lganligi uchun, to'qimalarga chuqur kirib bora olmaydi. Ammo, ichki manbalardan hosil bo'ladigan α -zarrachalar organizm uchun o'ta havfidir. (1-jadval).

1-jadval
 α - zarrachalarining (energiyaga bog'liq holda) turli muhitdagi chopish uzqligi

Energiya, MeV	Havoda, sm	To'qimada, mkm	Aluminiy, mkm
4,0	2,5	31	16
4,5	3,0	37	20
5,0	3,5	43	23
5,5	4,0	49	26
6,0	4,6	56	30
6,5	5,2	64	34
7,0	5,9	72	39
7,5	6,6	81	43
8,0	7,4	91	48
8,5	8,1	100	53
9,0	8,9	110	58
9,5	9,8	120	64
10,0	10,6	130	69

Beta zarrachalar. β - zarrachalar yadro ichki o'zgarishlarida paydo bo'lib, ular negatronlar (β^-) va pozitronlar (β^+) deb nomlanuvchi ikki guruhga bo'linadi. Beta zarrachalar massasi vodorod atomi massasining 1/1840 ni tashkil etib, negatron orbital elektronlardan farqlanmaydi. Pozitron esa, orbital elektronidan faqat musbat zaryadga egaligi bilan ajralib turadi.

Atom yadrosining negatron hosil qilib amalga oshadigan β^- - yemirilish jarayoni antineytrino ($\bar{\nu}$) hosil qilishi bilan boradi.



12-rasm. Beta zarracha. β^- - parchalanish jarayoni.

β^- parchalanish natijasida, atom yadrosining zaryadi musbat birga oshadi. Demak, parchalanish yadro o'rnida yangi yadro hosil bo'ladi.

Yemirilgan atom o'z navbatida, davriy sistemada egallagan katagidan bir katak o'ngga surilib, navbatdagi katakdan joy oladi (o'ngga siljish qoidasi)



Mazkur hodisa neytronning protonga aylanishi bilan izohlanadi, ya'ni $n \rightarrow p + \beta^- + \nu^-$. Bunga, radiaktiv fosfor-32 ning olingugurtga aylanish reaksiyasini misol qilish mumkin: $^{32}\text{P}_{15} \rightarrow ^{32}\text{S}_{16} + \beta^- + \nu^-$

Beta yemirilish pozitron hosil qilish bilan amalga oshsa, yadro o'zgarishi protonning neytronga aylanishi bilan borib, yemirilish natijasida atom yadrosining zaryadi musbat birga kamayadi. Demak, yemirilgan yadro o'rinda hosil bo'lgan yangi yadro davriy sistemadagi avvalgi joyidan bir katak oldinga suriladi (chapga siljish qoidasi), ya'ni:



Mazkur hodisa yadrodagi bitta protonning neytronga aylanishi bilan izohlanadi, ya'ni $p + e^- \rightarrow n + \beta^+ + \nu$. Bunga uglerod 11 ning bor - 11 ga aylanish reaksiyasi misol bo'ladi: $^{11}\text{C}_6 \rightarrow ^{11}\text{B}_5 + \beta^+ + \nu$

Yadrodagi protonning neytronga aylanishi uchun elektron talab etiladi. Odatda bu elektron K - qobiqdan qamraladi (K - tutish). K - qobiqdagi bo'shagan joyga yuksakroq orbitalarning biridan elektron tushadi va jarayon xarakterli nurlanish bilan boradi.

Beta yemirilish amalga oshganda qo'zg'alish energiyasi beta zarracha va *neytrino* (*antineytrino*)lararo taqsimlanadi. Negatronlarning sof manbalari sifatida ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S , ^{90}Sr izotoplari ishlatiladi.

Bir xil energiyaga ega har xil nurlar ichida alfa zarrachalar eng katta ionlanish zichligini, beta zarrachalar esa, eng tuban ionlanish zichligini hosil qiladi. Rentgen va gamma nurlari kam ionlantiruvchi nurlar jumlasiga kiradi. Protonlar va neytronlar esa, bu jihatdan, oraliq holatni egallaydi. Zaryadli zarrachalar katta o'tuvchanlik xossasiga ega emas, lekin ular hujayraga kirib qolguday bo'lsa, ionlanish ro'y beradi. Neytronlar ham elektromagnit to'liqlarini singari, yuqori o'tuvchanlikka ega ekanligi bilan xarakterlanib, ikkilamchi elektronlar hosil qiladi va yadrodan protonlar urib chiqaradi.

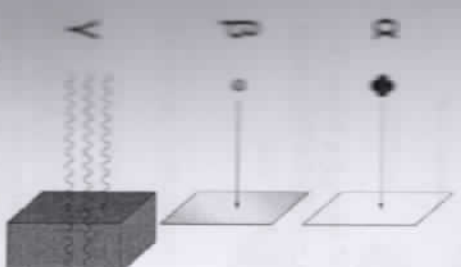
Korpuskulyar nurlarning asosiy turlari

2-jadval

Zarrachalarning nomlanishi	Belgisi	Atom vazn birligidagi massasi	Zaryad
Negatronlar	β^-	$5,49 \cdot 10^{-4}$	e^-
Pozitronlar	β^+	$5,49 \cdot 10^{-4}$	e^+
Protonlar	p	1,008	e^+
α - zarrachalar	α	4,003	$+2e$
Deyutronlar	D	2,014	e^+
Neytronlar	N	1,009	yo'q

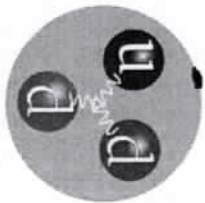
Alfa-nurlanish - gely-4 yadrosining α -zarrachalari oqimidan iborat. α - zarrachalar radiaktiv parchalanish natijasida hosil bo'lib, oddiy qog'oz parchasi bilan osongina to'xtatish mumkin.

Beta nurlanishi - bu beta parchalanish natijasida hosil bo'lgan elektronlar oqimi. Energiyasi 1 MeV gacha bo'lgan beta zarralaridan himoya qilish uchun qalinligi bir necha millimetr bo'lgan alyuminiy plastinka kifoya qiladi.



Gamma-nurlanish, ionlashtiruvchi nurlarni barcha turlarining o'tish kuchini energiyaga bog'liqligi.

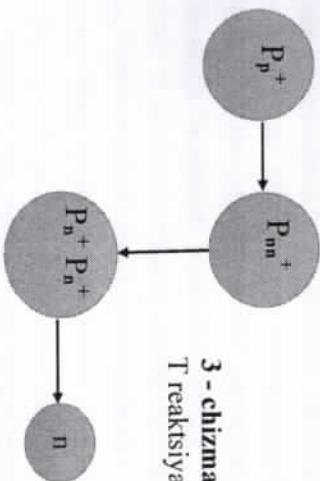
Neytronlar. Zaryadlangan zarrachalardan farqli ravishda neytronlar elektr zaryadiga ega emas. Bu esa ularga hech qanday to'siqsiz atomlar tarkibiga kirish xususiyatini beradi: yadroga etib borgach, neytronlar ular tomonidan yutiladi yoki itariladi.



14-rasm. Neytronni tuzilishi.

To'qima tarkibiga kiruvchi uglerod, azot, kislorod va boshqa elementlar o'rtasida tarqalgan neytron o'z energiyasining faqat 10 – 15 % ni yo'qotadi. Biroq, yadro massasi bo'yicha teng bo'lgan vodород – protonlar bilan to'qnashganda neytronlar o'z energiyasini "uzatuvchi" protonga berishi hisobiga ikki barobar kam energiyaga ega bo'ladi (13-rasm).

Shuning uchun tarkibida ko'p miqdorda vodород atomini tutuvchi moddalar – garfil, suv, parafin ko'p hollarda neytronli nurlanishdan himoyalashda qo'llaniladi. Zero, neytronlar ular bilan to'qnashganda tezlik bilan o'z energiyasini yo'qotadi va sekinlashadi.



3 - chizma. 14 MeV energiya bilan D – T reaksiya asosida neytronlarning hosil bo'lishi

Bunday tez tarqalish natijasida yuqori energiyali ionlantirish xususiyatiga ega protonlar hosil bo'ladi. Neytronlarni yutish natijasida atom yadrolari noturg'un bo'lib qoladi va parchalanishi hisobiga protonlar, α -zarrachalar, γ -nurlanish fotonlari hosil bo'lishiga va ionlanish jarayonining kuchayishiga olib keladi. Bunday yadro reaksiyallari natijasida elementlarning radiaktiv izotoplarining hosil bo'lishi kuzatiladi.

Shunday qilib, neytronli nurlanish ta'sirida yuzaga keladigan so'nggi biologik foton effektlar yoki yuzaga kelgan ikkilamchi zarrachalar ionizatsiyasi natijasidir.

Energiya miqdoriga qarab neytronlarni 4 turi farqlanadi:

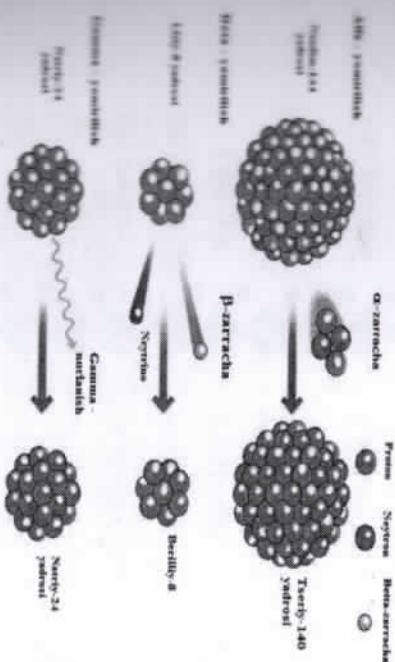
1. Tez neytronlar – 100 keVdan yuqori energiyaga ega.
2. Oraliq neytronlar – 100 keVdan 1 keVgacha oraliqdagi energiyaga ega.

3. Sekin neytronlar – 1keVdan kam energiyaga ega.

4. "Issiq" (harorati) neytronlar – issiqlik energiyasiga ega bo'lib, u suva haroratida taxminan 0,025eV ga teng.

Radiobiologik tadqiqotlarda tez neytronlar katta ahamiyatga ega.

π -Neytronlar – molekulyar massasi bo'yicha elektronlardan 273 marta katta bo'lgan, manfiy zaryadga ega elementar zarrachalardir. Ular muayyan sinxrotsinklotronlarda fokusirovka uslubida yordamida olinadi.

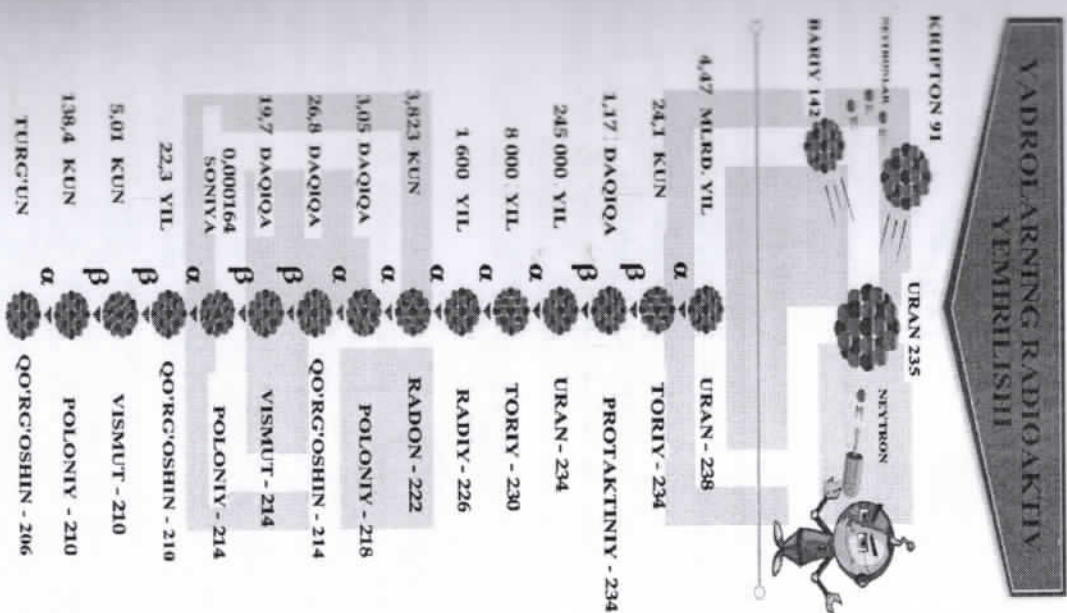


15-rasm. Ionlantiruvchi nurlarning yemirilish (parchalanishi) yo'llari

π -Mezonlar atom yadrolari bilan ta'sirlanish xususiyatiga ega. Bu zarrachalar 25-100 MeV energiyaga ega bo'lib, to'qima bo'yab harakatlanayotguncha to'qnashuvlarsiz harakatlanadi. Chopish so'ngida ular kuch qanday yo'qotishlarsiz to'qima atomlari yadrolari tomonidan yutib olinadi. Bunda yadroga tinch holdagi π -Mezon massasiga teng katta energiya kiritib boradi. π -Mezonning har bir yutilish jarayoni yadroning parchalanishi va undan neytronlar, protonlar va kuchli ionlanishga ega zarrachalar, α -zarrachalar, Li, Be, B va ionlarning hosil bo'lishi bilan kuzatiladi. π -Mezonlarning bu xususiyati ulardan tabobatda o'zina kasalliklarni davolashda foydalanish imkonini beradi.

Nazorat savollari:

1. Izotop nima, uning xususiyatlarini tushuntiring?
2. α -yemirilish va β -yemirilish xodisalarini tushuntiring?
3. Korpuskulyar nurlar qanday nurlar, ularga taʼrif bering?
4. π -mezomning har bir yutilish jarayoni qanday kuzatiladi?
5. Molekulyar massasi bo'yicha elektronlardan 273 marta katta bo'lgan, elementar zarrachalarni ayting?
6. Izotoplar necha guruhga bo'linadi va ularning farqlarini ayting?
7. Neytronlar qanday xususiyatiga ko'ra farqlanadi?
8. Neytronning protonga aylanish jarayonini formula asosida tushuntiring?



16 - rasim. Kimyoviy moddalar atomlarining radiaktiv yemirilishi

1.3. Rentgen va gamma nurlarining yutilishi.

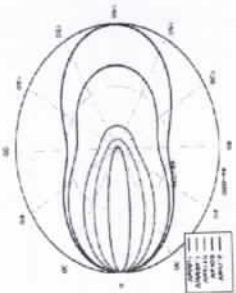
Rentgen va gamma nurlari ham boshqa elektromagnit tabiatli nurlar singari modda tomonidan qo'yidagi qonuniyat asosida yutiladi.

$$I = I_0 e^{-kx}$$

Bu erda I va I_0 — nurning dastlabki va moddadan o'tgandan keyingi intensivliklar, k — yutuvchi modda tabiatiga bog'liq nurning yutilish koeffitsienti,

x — yutilish qalinligi. Ko'rinish turibdiki, nur intensivligi yutuvchi modda qalinligiga mutanosib ravishda o'zgaradi.

Bevosita ionlashtiruvchi nurlanishga neytronlar va R va γ nurlari (fotonlar) ni o'z ichiga oladi, bu moddalar bilan o'zaro ta'sir qilish natijasida bevosita ionlashtiruvchi zarralarni hosil qiladi. Foton energiyasining 20 – 10 keB diapozoni oralig'ida fotonlarning modda bilan o'ndan ko'proq turli ta'sirini kuzatish mumkin.



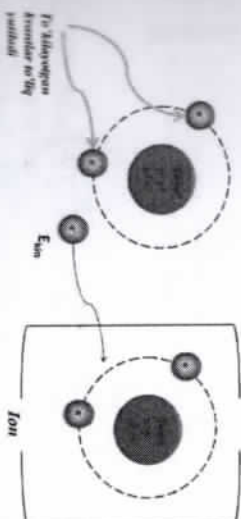
17-rasm. Foton energiyasining turli qiymatlari uchun differensial sochilish kesmasining sochilish burchagiga bog'liqligi¹⁰.

Ulardan eng muhimlari fotoelektrik ta'sir, kompton effekt va elektron-pozitron juftlarning shakllanishi ta'sirlari hisoblanadi.

Rentgen va gamma nurlari kvantlari modda tomonidan yutilganda, yutilgan kvant energiyasiga bog'liq holda, foto-, kompton-yoki juft hosil qilish effektlari sodir bo'ladi (19-rasm, A,B,V.).

Fotoeffekt, (18-rasm) ko'pincha K-qavat elektronlari tomonidan yutilgan kvantlar evaziga sodir bo'lib, energiyaning bir qismi elektronning yadro bilan tortishish energiyasini yengishga sarflansa, qolgan qismi o'sha elektronning kinetik energiyasiga aylanadi va elektron atomni tark etadi:

$$E_{\text{kin}} = h\nu - E_{\text{bog'lanish}}$$



18-rasm. Fotoeffekt jarayonini ko'rinishi. Nurlanish energiyasi $E \leq 1 \text{ MeB/V.M. Беканов, В.В. Выхов. 2009 г.}$ ¹¹

Fotoeffekt ehtimolligi ta'sir etayotgan kvant energiyasi va yutilayotgan muhitning atom raqamiga bog'liq bo'ladi va jarayonning kechishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

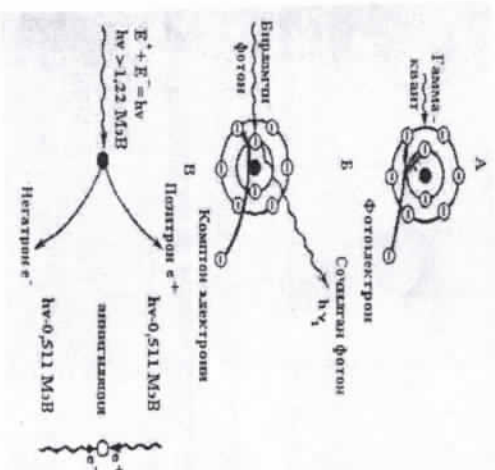
$$S_{\phi} = (2,04 \times 10^{-30}) \frac{Z^3}{E^3} (1 + 0,008Z)$$

bu erda Z - atom yadrosi zaryadi, E - kvant energiyasi (MeV larda). Tenglamadan ko'rinish turibdiki, atom raqamining oshishi bilan fotoeffekt ehtimolligi ham ortadi, aynan bir muhida jarayon ehtimolligi kvant energiyasi kattaligiga proporsional bo'ladi ($S \sim 1/E^3$). Aynan mana shu elektron fotoelektron nomi bilan yuritiladi. Atomni tark etgan elektron o'rniga yuqoridagi qavat elektronlaridan biri tushib, jarayon elektron energiyasining rentgen nuri tarzida tarqalishi bilan kechadi (19-rasm, A).

Kompton effekti (19-rasm, B) — yutuvchi modda atomlari massasi katta, yutilgan nur energiya esa 50 keV dan katta bo'lgan sharoitda qayd etiladi. Bunda urib chiqariladigan elektron tashqi elektron qavlatiga ega bo'lib, molekulyaga ta'sir etgan energiyaning bir qismi elektronni urib chiqarishga sarflansa, qolgan (kamaygan) qismi yo'nalishini o'zgartirib o'z yo'lida davom etadi va bir nechta to'qashuvlardan so'ng, oxirida fotoelektrik yo'l bilan yutilib tamom bo'ladi.

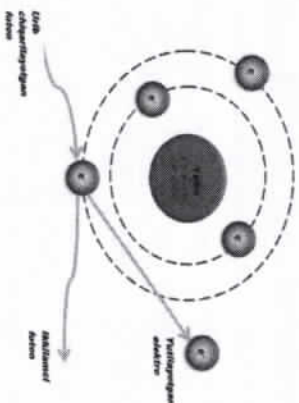
¹⁰ Кузьминцев В. Е. Законы и формулы физики. — Киев: НАУК. ДУМКА, 1989. — 864 с.

¹¹ В. В. Беканов, В. В. Выхов. Основы радиационной биофизики. Ростов-на-Дону, 2009 г. 188 с.



19-rasm. Rentgen va gamma nur fotonlari energiyasining yutilish jarayonlari.
A-foto – effekt.
B-kompton effekti.
V-elektron-pozitron jufti hosil bo'lish effekti.

Biologik ob'ektlarda energiyasi 300 keV dan katta rentgen yoki gamma nurlar asosan kompton effekti yo'li bilan yutiladi (20-rasm). Fotoelektrondan farqli ravishda komton – elektron birlamchi kvanning barcha energiyasini o'zlashtirmaydi.



20-rasm. Kompton effekti jarayonini ko'rinishi. Nurlanish energiyasi $E \geq 1 \text{ MeV}$ (Y.M.Вечканов, В.В.Брыков. 2009 г.)¹⁰

Elektron tomonidan kompton yutilishi Kleyin-Nishin formulasi¹⁹ (Oskar Kleyin va Nisina Yosio, 1929 yil) orqali aniqlanadi:

$$\frac{eG_a}{m^2 c^4} \left[\frac{2(1+2a)^2}{a^2(1+2a)} - \frac{1+3a}{(1+2a)^2} + \frac{(1+a)(1+2a-2a^2)}{a^2(1+2a)^2} \right] \times$$

$$\times \frac{4h^3}{3(1+2a)^3} - \left(\frac{1+a}{a^3} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{2a^3} \right) \lg(1+2a)$$

bu erda $a = 4,802 \times 10^{-10}$ –elektron zaryadi, $a = h\nu/mc^2$, v – tarqalayotgan kvant chastotasi, $m = 9,107 \times 10^{-28}$ elektron massasi, $e = 1,99790 \text{ kmve}$ yorug'lik tezligi, $h = 6,62 \times 10^{-27} \text{ erg} \times \text{c}$ –Plank doimiyi.

Energiyasi ma'lum kvant uchun eGa kattaligi aniqlanib, uni 1 g to'qimadagi elektronlar soniga ko'paytirib 1 g to'qimadagi kompton yutilish kattaligini aniqlash mumkin. 3 – jadvaldan ko'rinish turibdiki, kompton yutilishning elektron koeffitsienti kvant nurlanish energiyasining ortishi bilan o'tib boradi. Kvantlar energiyasining ortishi bilan kompton elektronlarining soni o'tib, fotoelektronlar soni kamayadi.¹²

Kompton yutilishning elektron koeffitsientlari

3 – jadval

Kvantlar energiyasi, $h\nu, \text{KeV}$	$a = h\nu/mc^2$	$eG_a \times 10^{25}$	Kvantlar energiyasi, $h\nu, \text{KeV}$	$a = h\nu/mc^2$	$eG_a \times 10^{25}$
5,108	0,01	0,0638	137,9	0,27	0,7812
25,54	0,05	0,2731	199,2	0,39	0,8793
48,98	0,09	0,4276	306,5	0,6	0,9562
76,62	0,15	0,5914	715,2	1,4	0,9711

Ma'qulba kompton ta'sirlashishlar natijasida, kvant energiyasi shu darajada kamayadiki, endi uning yutilishi fotoeffekt ko'rinishga ega bo'ladi.

¹¹ Wernberg, Steven, The Quantum Theory of Fields. 1995, 1. pp. 362–369.

Compton scattering

The Compton effect describes the scattering of quasi-free atomic electrons :



↑
cross section per atom = $Z \times$ cross section per electron

Under the same assumption, the unpolarized differential cross section per atom is given by the Klein-Nishina formula [Klein29] :

$$\frac{d\sigma}{dE'} = \frac{\pi^2 r_e^2}{m_e^2 c^2} \frac{Z}{k} \left[\left(1 + \frac{1}{\epsilon} - \frac{2}{\epsilon} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) + \frac{1}{\epsilon^2} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right)^2 \right) \right] \quad (1)$$

where

E' energy of the scattered photon ; $\epsilon = h\nu/hk$

r_e classical electron radius
 $k = h/\lambda$

when $h \leq 100$ keV the binding energy of the atomic electrons must be taken into account by a correction factor to the Klein-Nishina cross section:

$$\frac{d\sigma}{dE'} = \left[\frac{d\sigma}{dE'} \right]_{KN} \times S(h, k')$$

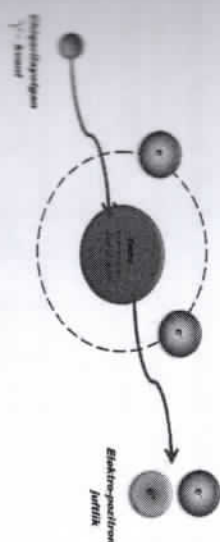
Compt 4

Juft hosil qilish effekti (19-rasm,V) esa energiyasi 1,022 MeV dan

kam bo'lmagan gamma kvant atom yadrosining maydoni bilan ta'sirlashganda sodir bo'lib, gamma kvant o'rinda **pozitron** va **negatron** (elektron) jufti hosil bo'ladi: $h\nu \rightarrow e^+ + e^-$. Hosil bo'lgan yuqori energiyaga ega zarrachalar o'z yo'lida duch kelgan molekullarni (atomlarni) ionlantiradi. Bordi-yu, bu zarrachalar bir-biri bilan to'qnashib qolguday bo'lsa, u holda negatron-pozitron juftining annigilyatsiyasi (yo'qolish hodisasi) yuz beradi va ular o'rinda gamma kvantlari paydo bo'lib (21-rasm), ular o'z energiyasini moddaga foto yoki kompton asosida beradi.

Pozitron – negatron juftining hosil bo'lishi kvant energiyasi ortib borishi bilan ortib boradi va Z^2 ga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Biologik to'qimalarda kvant energiyasi 10 – 100 keV bo'lgan nurlar fotoeffekt, energiya diapozoni 0,3 – 10 MeV bo'lgan nurlar ta'sirlanishning asosiy tipi – Kompton effekti asosida yutiladi. Kvantlar energiyasi 10 MeVdan katta bo'lgan nurlar ta'sirlashganda pozitron-negatron jufti yuzaga keladi. Juftlar annigilyatsiyasi natijasida energiyasi 0,511 MeV ga teng bo'lgan va bu energiyani Kompton hamda fotoeffekt ta'sirlashish natijasida yo'qotadigan γ – kvant yuzaga keladi.



21-rasm. Juft hosil qilish effekti jarayonini ko'rinishi.

Manlanish energiyasi $E \geq 1$ MeB. (Y. M. Вечканов, В. В. Брыков. 2009 г.)¹⁰

Yuqori energiyaga ega elektromagnit nurlar kvantlarining yutilishi natijasida bir qancha o'z elektronlarini yo'qotgan atomlarning hosil bo'lishiga olib keladi. Ayrilib chiqqan elektron katta miqdordagi zahira kinetik energiyaga ega bo'ladi va boshqa atom hamda molekullar bilan ta'sirlanib, ularga o'z energiyasining ma'lum bir qismini beradi. Natijada bu energiyani olgan atom yoki molekula energiya miqdoriga qarab yoki ionlangan, yoki qo'zg'alagan holatga o'tadi. Bu jarayon erkin elektron energiyasi minimal ko'rsatkichga tushguncha va biror bir neytral atom ionidan tutilib olinib, manfiy ion zaryadi hosil bo'lguncha davom etadi. Har bir birlamchi elektron paydo bo'lgan vaqtdan boshlab, neytral atom ionidan tutilib qolinguncha, o'z yo'li davomida bir qancha atom va molekullarga to'qnashishi natijasida bir qancha ikkilamchi elektronlarning paydo bo'lishiga olib keladi. O'rta hisobda birlamchi elektronlar energiyasining 70% ikkilamchi elektronlarga uzatiladi, qolgan 30% molekullarni qo'zg'alagan holatiga o'tkazish va kinetik energiyasi "0" teng bo'lgan elektronlarni ajratishga sarfalanadi.

Foto- va kompton elektronlar katta energiyaga ega bo'lganligi uchun, atrofida neytral atomlar (molekullar) bilan ta'sirlashib, ularni ionlantiradi. Ionlanish natijasida hosil bo'lgan ikkilamchi δ -elektronlar katta katta energiyaga ega bo'lganligi uchun katta ionlanishga qodir bo'ladi.

4 - jadval

Ionlashtiruvchi nurlanishning asosiy turlariga tavsif

Nurlanish	Nurlanish turi	massa (a.e.m.)	zaryad	Himoya materiallari
Alfa - α (geliy yadrosining atomi)	korpuskulyar	4	+2	Qog'oz, teri, kiyim
Beta - β (electron va pozitronlar)	korpuskulyar	1/1836	-1, +1	Plastmassa, shisha, engil metallar
Gamma - γ , Roentgen	elektromagnit	0	0	Og'ir metal, beton, grunt
Neytron	korpuskulyar	1	0	Tez neytronlarni sekinlashtirish uchun: suv, paraffin, beton, plastmassa; Issiqlik neytronlarini yutilishi uchun: bor, borli po'lat, borli grafit, qo'rg'oshin bilan kadmiy qotishmasi

Nazorat savollari:

1. Elektronlarning energiyasining 30% miqdori nima uchun sarflanadi?
2. Juft hosil qilish effekti tushuntiring?
3. Kompton effekti hodisasini tushuntiring?
4. Kleyv-Nishin formulasi mohiyati nima?
5. Foto va kompton elektronlar qanday energiyaga ega?
6. Ikkilamchi elektronlar qanday paydo bo'ladi?
7. Fotoeffekt jarayonini tushuntiring?
8. Rentgen va gamma nurlari kvantlari modda tomonidan yutilganda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?

1.4. Ionlantiruvchi nur dozalari va doza birliklari

Ob'ektni ionlantiruvchi nur ta'sir ettirish uchun u ma'lum bir faza bilan ionlantiruvchi nur ta'siridagi nurlanish maydoni deb ataladigan faza hisoblanadi. Nur maydoni muhitning har bir nuqtasiga qancha zarracha (yoki foton), foton qanday energiya va qaysi yo'nalishda kelib tushishi bilan xarakterlanadi. Odatda, nur maydonining havo yoki boshqa bir muhitda yuzaga kelishi munosabati bilan zarrachalar yoki ionlarning atom yoki molekular bilan ta'sirlashishi natijasida, ularning energiyasi va yo'nalishi o'zgaradi. Demak, nurni tavsiflash qiyin masala.

Ekspozitsion doza. (D_{exp}). Nur maydonining integral xarakteristikasi bo'lib, u nur maydonining berilgan nuqtasida nurning ob'ektni ta'sir ettirib, muayyan bir radiatsion effekt hosil qilish qobiliyatini aks ettiradi. Boshqacha qilib aytganda, ekspozitsion doza nurlanishning integral xarakteristikasi bo'lib, ob'ekt tabiatiga bog'liq emas. Ekspozitsion doza nurlanishning ionlash ta'siri o'lchov birligi sifatida, kilyugr/gamm ($Kl/kg \cdot s^{-1}$) larda o'lchanadi. $1 Kl/kg \cdot s^{-1}$ - bu rentgen yoki gamma nurlanishining shunday bir miqdoriki, uning ta'sirida $1 kg$ quruq atmosfera havosida $1 Kl$ ga teng musbat va manfiy ishoralari elektr zaryadlari hosil bo'ladi. Ekspozitsion doza o'lchov birligi sifatida o'lchov birliklari sistemasiga kiritilmagan rentgen (R) keng qo'llaniladi.

$$1 R = 2,58 \times 10^{-4} Kl/kg \cdot s^{-1}.$$

Ekspozitsion dozaning nur maydonidagi o'sish tezligi экспозицион доза гуыи ($\dot{D}$) nomi bilan yuritilib, quyidagicha ifodalanadi.

$$\dot{D}_{exp} = \frac{dD_{exp}}{dt} \quad Kl \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$$

Yutilgan nur dozasi (D_{yuti}). Nur maydoni emas, balki nur maydoniga kiritilgan ob'ektni daxldor bo'lgani uchun u ob'ekt massa hisobiga ta'sir keltiradigan energiya tarzida ifodalanadi, ya'ni u har kg massaga ta'sir keltiradigan DJ (joulda)da ifodalanib, greyalarda (Gr) o'lchanadi.

$$D_{yuti} = \frac{dE}{dm}$$

Radiatsion biologiyada qo'llaniladigan asosiy fizik kattaliklar va ularning birliklari

Fizik kattalik	Birlik, nomlanishi va belgilanishi		Birliklar o'rtasidagi bog'liqlik	
	Tizimdan tashqari	SI	Tizimdan tashqari va SI	SI va tizimdan tashqari
Radiativ doza (biologik)	$K_{yuri} (Ci, Ki)$	Bekkerel (Bq, Bk)	$1 Ki = 3,7 \times 10^{10} Bk$	$1 Bk = 2,7 \times 10^{-11} Ki$
Ekspozitsion doza	Rentgen (R, R)	Kulon/kg ($C/kg, K/kg$)	$1 R = 2,58 \times 10^{-4} C/kg$	$1 K/kg = 3876 R/s$
Ekspozitsion doza	Rentgen/sekunda ($R/s, R/s$)	Amper/kg ($A/kg, A/kg$)	$1 R/s = 2,58 \times 10^{-4} A/kg$	$1 A/kg = 3876 R/s$
Yutilgan nur dozası	Rad (rad, rad)	Grey (Gy, Gr)	$1 rad = 0,01 Gr$	$1 Gr = 100 rad$
Yutilgan nur dozası	Rad/sekunda ($rad/s, rad/s$)	Grey/sekunda ($Gy/s, Gr/s$)	$1 rad/s = 0,01 G/s$	$1 Gr/s = 100 rad/s$
Integral nur dozası	Rad-gramm ($rad \cdot g, rad \cdot g$)	Joul (J, J)	$1 rad \cdot g = 10^{-5} J$	$1 J = 10^5 rad \cdot g$
Ekvivalent doza	Her (rem, ber)	Zivert (Sv, Zv)	$1 ber = 0,01 Zv$	$1 Zv = 100 ber$
Ekvivalent doza	Her/sekunda ($rem/s, ber/s$)	Zivert/sekunda ($Sv/s, Zv/s$)	$1 ber/s = 0,01 Zv/s$	$1 Zv/s = 100 ber/s$

Fizik ekvivalent doza. Ushbu doza turli to'qimalarning o'zaro ta'sirida bo'lgan ta'siri ifodalovchi koeffitsient bilan ekvivalent doza o'rtasidagi ko'paytmaga teng bo'lib, bu biologik xavf koeffitsienti hisoblanadi.

qat'iyatlik $0,12$ o'pkalar $-0,12$

mayak ko'ngil $-0,03$ tuxumdon yoki urug'donlar $-0,25$

qabul qilish ber $-0,03$ boshqa to'qimalar $-0,3$

bir butun organizm $-1,00$

bu erda dE -hajmga uzatilgan o'rtacha energiya, dm - o'sha hajmdagi modda massasi. Shu asosda yutish tezligi, ya'ni yutilgan dozaning vaqtga nisbatan olingan o'tirmani yutilgan doza quvvati (D'_{yuti}) deb ataladi.

$$D'_{yuti} = \frac{dD_{yuti}}{dt} (Gr \cdot s^{-1})$$

Ilgariqi vaqtlarda radiatsiyaning yutilgan dozasi sifatida moddaning har gramm massasi yutgan, 100 erg ga teng doza - rad. qo'llanilgan. O'sha rad dan yutilgan energiya o'ichov birligi Gr ga o'tish quyidagi tarzda amalga oshiriladi.

$$1 rad = 10^{-2} Gr$$

Nurning biologik ta'siri faqat yutilgan energiya miqdori (doza)gagina emas, nurning ta'sirchanligiga ham bog'liq. Bu omilni inobatga olish maqsadida radiobiologiyaga nurning **ekvivalent dozasi** degan tushuncha kiritilgan. Mazkur tushuncha shunday bir nur energiyasi miqdorini ifodalaydiki, uning ta'sirida biologik ob'ektda kelib chiqadigan o'zgarishlar, 1 rentgen ga teng nur dozasi yutilganda kelib chiqadigan effektga ekvivalent bo'lib, u rentgenning biologik ekvivalenti (**RBE** yoki **BER**) deb ataladi.

Hozirgi vaqtda ekvivalent doza Zivertlarda (Zv) o'ichanadi.

$$D_{ekv} = QD$$

Q - o'tish koeffitsienti, D - yutish koeffitsienti.

1 Zv - nurning shunday bir dozasi diki, uning ta'sirida ob'ektda kelib chiqadigan effekt 1 Gr ga teng rentgen yoki gamma nuri yutilganda yuzaga keladigan effektga ekvivalent bo'lib, u 1 Zv = 1 Dj.kg⁻¹ dir. Ekvivalent doza tushunchasi sharti xarakteriga ega bo'lib, u nur sifati haqidagi murakkab tushunchani soddalashtirish maqsadida kiritilgan.

Effektiv ekvivalent doza ham Zivertlarda o'lanadi.

6-jadval

Doza birliklari kattaliklari

Ko'paytma	Qo'shimcha			Ko'paytma	Qo'shimcha		
	Nomlanishi	Belgilanishi	ruscha		Nomlanishi	Belgilanishi	ruscha
		xalqaro				xalqaro	
10^{18}	eksa	E	Э	10^{-1}	Deisi	d	Д
10^{15}	peta	P	П	10^{-2}	Santi	c	С
10^{12}	tera	T	Т	10^{-3}	Milli	m	М
10^9	giga	G	Г	10^{-6}	Mikro	М	Мк
10^6	mega	M	М	10^{-9}	Nano	n	Н
10^3	kilo	k	К	10^{-12}	Piko	p	П
10^2	gecto	h	Г	10^{-15}	Fekto	f	Ф
10^1	deka	da	Д	10^{-18}	Atto	a	А

Yuqorida keltirilgan birliklar SI tizimida keltirilgan bo'lib, bungacha radiobiologiyada boshqa birliklar - rentgen, rad, kyuri va hokazolar qo'llanib kelingan. Quyidagi jadval (4-5-jadval)larda hozirda SI tizimida mavjud bo'lgan va ilgari birliklar orasidagi bog'lanish hamda asosiy radiativ kattaliklarni hisoblash usullari keltirilgan.

Nazorat savollari:

1. Zivert qanday birlik?
2. Effektiv ekvivalent dozani tushuntiring?
3. Nurning biologik ta'siri nimalarga bog'liq?
4. $1rad = 10^{-2} Gr$ ushbu formula nimani ifodalaydi?
5. Fotonlar energiyasi yo'nalishi qanday o'zgaradi?
6. Radiatsion biologiyada qo'llaniladigan fizik kattaliklar va ularning birliklarini sanab bering?
7. Insonning turli to'qima va organlari uchun effektiv ekvivalent doza ko'rsatkichini aytib bering.
8. Doza birliklari kattaliklarini sanab bering.

1.8. Energiyaning chiziqli uzatilishi va nisbiy biologik effektivlik

Yuqorida ta'kidlanganidek, ionlanitiruvchi nurlarning ion hosil qilish qobiliyati yutilgan nur dozasiqa bog'liq. Ammo, tadqiqot natijalariga ko'ra bir xil dozaga ega har xil tabiiy nurlar moddaga ta'sir etirilganda, katta echiqaradigan effekt har xil bo'lib chiqadi. Masalan, hujayralar populyatsiyasi energiyasi 4 – 6 Gr α -zarrachalar bilan nurlantirilganda ularning 99,9% qirilib ketgan. Hujayralar populyatsiyasi shu xil dozadagi nurning yoki β -nurlar bilan nurlantirilganda, ularning faqat 20-30% jonli bo'lgan. Demak, nur effektivligini baholashda yutilgan nur dozasi effekti ko'rsatkichi bo'la olmaydi. Ionlanitiruvchi nurlar effektivligi jihatidan o'zaro farqlanadi.

Ionlanitiruvchi nurlarni effektivlik ko'rsatkichi bo'yicha farqlantirish imkonida effektivlikning sifatii o'lovch birligi qilib, ionlanitiruvchi nur energiyasining masofa birligidagi differentsial yo'qotilishi – energiyaning echiqli uzatilishi – EChU (yoki LPE) kattaligi (L) qabul qilingan.

$$L = \frac{\text{zarrachaning yutuvchi moddaga uzatgan energiyasi, keV}}{\text{zarrachaning bosib o'tgan masofasi, mkm}}$$

EChUning modda zichligi (ρ) ga bo'lgan nisbati (L/ρ) moddaning nur ionlashtirish xossasini ifodalab, u ham EChU birliklarida ($keV \cdot Sm^{-2} \cdot g^{-1}$)da o'lanadi ($1eV/mm$)

EChU kattaligi, o'z navbatida, zarrachalar tezligi va zarrachalardagi energiya oqimiga bog'liq. Bir xil tezlikka ega bir zaryadli ionlarning bir xil kattaligi shu xil tezlikka ega ko'p zaryadli ionlarning EChU kattaligidan kichik. Chunki dE/dx dir. Ikkinchi tomondan, EChU zarrachalar tezligining kvadratiga tekari proporsional. Zarrachaning modda ichidagi tezligi kamaygani sari hosil bo'ladigan ionlar soni orta kichik. Zarrachaning EChU kattaligidan foydalanib, uning o'rtacha kichik echiqligi ($O'IZ$) topish mumkin. Ya'ni:

$$O'IZ = \frac{EChU}{34}$$

Bu erda 34 – harvoda bir juft ion hosil qilish uchun talab etiladigan energiya.

Quyidagi jadvalda zaryadli zarrachalar energiyasi EChU va O'IZ kattaliklararo aloqasi ko'rsatilgan (7-jadval).

7-jadval

Ba'zi bir korpuskulyar nurlarning EChU va O'IZ kattaliklari

Zarracha nomi	Energiyasi, MeV	EChU, keV. mkm ⁻¹	O'IZ, ion. mkm ⁻¹
Elektron	0,5	0,2	6
Deytron	1,0	54,0	1600
Deytron	4,0	19,4	570
α - zarracha	4,0	130,0	3800

Demak, yutilgan nur dozasi sistemaga uzatilgan nur energiyasining o'rtacha kattaligini ifodalasa, EChU nurning ionlash qobiliyatini aks ettiradi.

Radiobiologiyada ionlaniruvchi nurlarning biologik effektivligini baholash katta ahamiyatga ega va shuning uchun radiobiologiya amaliyotida *nisbiy biologik effektivlik* tushunchasi keng qo'llaniladi. Shu maqsadda, ishlatilayotgan nur effekting standart nur effekti bo'lgan nisbatdan iborat (NBE) koeffitsient kiritilgan.

$$NBE = \frac{D^x}{D^x}$$

Odatda, standart nur sifatida energiyasi 180-250 keV rentgen nuri ishlatiladi. Bunday nur suv muhitida 1 mkm masofada 100 juft ion hosil qilib, uning nisbiy biologik effektivligi 1 ga teng deb qabul qilingan.

Ionlaniruvchi nurlardan himoyalaniish sanitariya normalarini hisoblashda, tadqiqotlar asosida hisoblab topilgan NBE kattaliklaridan foydalaniladi.

8-jadval

Ba'zi bir korpuskulyar nurlarning NBE kattaliklari

Ionlovchi radiatsiya turi	Energiyasi (3MeV)	NBE
Rentgen yoki gamma nuri	(3MeV)	1
β- zarrachalar		3
sekin neytronlar		10
tez neytronlar		10
proton va neytronlar	(0,5-10 MeV)	10

α - zarrachalar	20
tezlashtirilgan og'ir ionlar	20

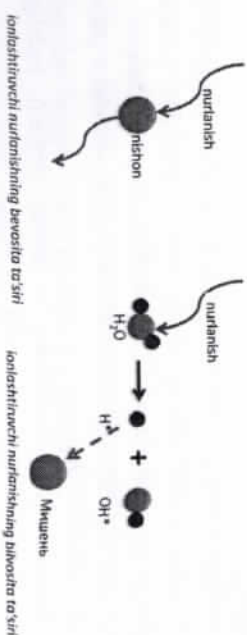
Shunday qilib, radiobiologik tadqiqotlarda EChU va NBE kattaliklari turlicha bo'lgan nurlanishlardan foydalanish mumkin. Bunday tadqiqotlarda qo'lga kiritiladigan ma'lumotlar radioterapiya va radiologiyada, ob'ektlarni nurlantirishning optimal rejimlarini aniqlashda ham katta ahamiyatga ega.

Nazorat savollari:

1. Ionlash qobiliyatiga ega elektromagnit va korpuskulyar tabiatli nurlar, ularning farq va umumiyliklarini tushuntiring.
2. O'ziga va so'liga siljish qoidalarini ta'rifini tushuntiring.
3. Nur energiyasining uzatilishi va biologik ta'sirchanligini tushuntiring.
4. Radiatsiyaning yutilishi va moddaga ta'siri tushuntirib bering.
5. Ionlovchi nurlarning ekspozitsion, yutilgan (absorption) va ekvivalent dozalari va doza o'lchov birliklarini tavsiflang.
6. Korpuskulyar nurlarning energiyaning chiziqli uzatilishi (EChU) kattaliklari sanab bering.
7. Korpuskulyar nurlarning o'rtacha ionlash zichligini (O'IZ) kattaliklari sanab bering.
8. Korpuskulyar nurlarning nisbiy biologik effektivlik kattaliklarini sanab bering.

II bob. IONLANTIRUVCHI NURLARNING MOLEKULAGA TA'SIRI

Ionlantiruvchi nurlarning organizmga ta'siri, ularning molekulaga ko'rsatadigan ta'siridan boshlanadi. Nur ta'sirida *qo'zg'algan atomlar*, *ionlangan molekular* va *erkin radikal*lar yuzaga keladi. Ular o'z navbatida boshqa atom yoki molekular bilan ta'sirlashib, yangi ionlar, radikalalar va kimyoviy birlikmalarni hosil qiladi, makromolekulalarda esa *radiatsion zararlanishlar* deb ataladigan o'zgaragan sohalar paydo bo'ladi. Molekulalarning radiatsiyadan zararlanishi yoki biomolekulyarlarga energiya uzatish mexanizmiga ko'ra, ionlashtiruvchi nurlanishning bevosita va bilvosita (vositachilik) ta'sirlari farqlanadi (22-rasm).



22-rasm. Ionlantiruvchi nurlarning bevosita va vositali ta'siri.
(Y.M. Вечканов, В.В. Внукков, 2009 г.)¹⁰

Molekuladagi zararlanish nur fotonlarining bevosita yutilishi tufayli kelib chiqsa, radiatsiyaning bunday ta'siri bevosita ta'sir deb nomlanadi. To'g'ridan-to'g'ri ta'sirda radiatsion nurlar harakati (aniqrog'i, ikkinchi darajali elektronlar va radiatsiya jarayonida hosil bo'lgan boshqa zararli zarralar) to'g'ridan-to'g'ri biomolekulyarlarga kinetik energiyani uzatish bilan ta'sir etadi. Ushbu kinetik energiyaning ta'siri ostida mahalliy (nuqta) isitish, ionlash, qo'zg'alish va molekulalarning ortiqcha qo'zg'alishi yuz beradi. Molekulalar metastatik holatga o'tadi. Interkomolekulyar va molekulyar energiya uzatish va elektronlarni qayta tuzishning keyingi jarayonlari natijasida ular turg'un bo'ladi, lekin ular turli xil konformatsiyalar bilan, va shunga qarab, turli xil xususiyatlarga ega bo'ladi. Bu molekulalarning birlamchi zararlanishi sifatida

tavsiflanadi. Yuqori molekulyar birlikmalar (oqsillar, lipidlar, fermentlar, nuklein kislotalari, murakkab protein molekulari - nukleoprotein komplekslari, lipoproteinlar) asosiy yoki birlamchi nishon bo'lishi mumkin. Agar, nishon DNK molekulasi bo'lsa, genetik kod buzilgan bo'lishi ham mumkin. Boshlang'ich reaksiyalar jarayonida hosil bo'lgan ultrabinafshta nurlari atrofdagi biomolekulyarga fotokimyoviy ta'sir etadi.

Molekulaning zararlanishi bevosita ta'sir mahsulotlarining normal molekulaga ta'sir etishi natijasida sodir bo'lsa, bunday ta'sir vositali ta'sir deb ataladi. Bunda erkin radikalalar shakllanishi orqali, shuningdek, periks birlamchilari (gidroksidradikal)ni biomolekulyarlarga radiatsion ta'siri kuzatiladi. Mazkur kimyoviy moddalar kuchli oksidlovchi va tiklovchi hisoblanib, ular ta'sir etayotgan molekulalarning depolimerizatsiyasiga sababchi bo'ladi. Ionlashtiruvchi nurlanishning biomolekulyarlarga ko'rsatadigan vositali ta'sirida superoksiddi anionradikalalar - O_2^- ; OH^- radikalari va NO_2 va H_2O_2 peroksidi birlamchilari (oksidlanish qobiliyatiga ega), shuningdek N^* va gidratlangan elektronlar - e_{aq}^- (tiklash qobiliyatiga ega bo'lgan) asosiy rolni bajaradi. Superoksid anyon-radikalarni lipidlarni peroksisli oksidlanishida alohida rol o'ynashi mumkin.

Kimyoviy faol radikalalar va periksli birlamchilari oqsil va to'yinmagan yog'li kislotalari molekulariga juda kuchli ta'sir ko'rsatadi. DNK molekulari oqsil bilan o'ralgani sababli kimyoviy faol radikalalar va periksli birlamchilarning ta'siri kamroq, kuchsizroq ta'siri namoyon bo'ladi. DNK molekulari radiatsiya nurlarining bevosita ta'sirida zararlanadi⁸.

Molekulalar radiatsion zararlanishining vositasiz ta'siri murakkab kerma - kelikka ega bo'lib, u o'z ichiga ionlantiruvchi nur energiyasining makromolekulaga berilgan vaqtidan boshlab, struktura va funksional jihatdan turg'un o'zgarishlar sodir bo'lguncha bo'lgan oralig'ini oladi. Ionlantiruvchi nurlarning molekulaga bevosita ta'sirini 3 bosqichga bo'lish mumkin:

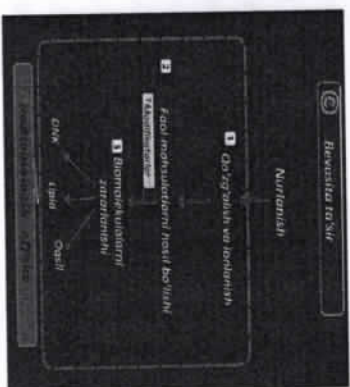
1. Fizikaviy bosqich - ionlantiruvchi nurlanish energiyasining moddaga berilishi, fazoviy bo'shliqda qo'zg'algan va ionlangan

molekulalarning hosil bo'lishi va notekis tarqalishi dastlabki 10^{-16} – 10^{-13} s oralig'ida sodir bo'ladi.

2. Fizik – kimyoviy bosqich – bu bosqich qo'zg'algan molekulalar orqali ortiqcha energiyaning taqsimlanishi va turli ionlar, radikalarni hosil qiluvchi har xil reaksiya tiplaridan iborat bo'lib, 10^{-13} – 10^{-10} s vaqt oralig'ida sodir bo'ladi.

3. Kimyoviy bosqich – ionlantiruvchi nurlar ta'sirida hosil bo'lgan ionlar va radikalalar natijasida struktura zararlanshlarining turli ko'rinishlari yuzaga kelib, jarayon nurlantirish boshlanganidan keyin 10^{-6} – 10^3 s oralig'idagi vaqt ichida sodir bo'ladi¹³.

Ma'lumki, organizm, jumladan hujayra ichki muhitining asosiy qismini suv tashkil etadi. Shuning uchun ham radiatsiyaning tirik sistemalariga ta'siri tekshirilganda uning nishon molekulalar, ya'ni hujayra moddalariga bevosita tegishi bilan bir qatorda, suv molekulalarga ko'rsatadigan ta'sirini ham inobatga olish o'ta zarurdir.



23-rasm. Ionlantiruvchi nurlarning molekulaga bevosita ta'sirining 3 bosqichi.

Nazorat savollari:

1. Ionlantiruvchi nurlarning organizmga ta'sirida qanday holat yuzaga keladi?
2. Radiatsion zararlansh deb nimaaga aytiladi?
3. Ionlantiruvchi nurlanishning biomolekulyarlarga ta'siri necha xil bo'ladi?
4. Molekulalar radiatsion zararlanshining bevosita ta'siri deb nimaaga aytiladi?

¹³ Кудряшов Ю. Е. Радиационная Биофизика. — Москва: Физматлит, 2004. — с. 136.

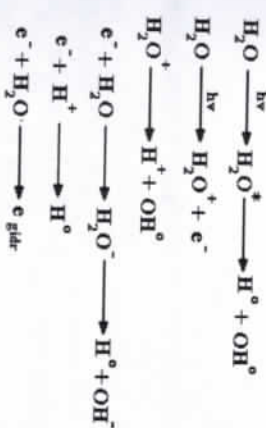
5. Molekulalar radiatsion zararlanshining vositali ta'siri deb nimaaga aytiladi?

6. Ionlantiruvchi nurlarning molekulaga bevosita ta'siri necha bosqichda boradi?

2.1. Radiatsiyaning suv molekulasiga bevosita ta'siri. Suv radiolizi.

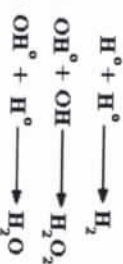
Ionlantiruvchi nurlar ta'sirida suvda suv molekulasiyining parchalanishi yuz beradi. Jarayon suv molekulalarining oddiy, yuksak qo'zg'algan va ionlangan holatlari hosil bo'lishi bilan boshlanadi. Bunday hodisalar umuman kvant energiyasi 4 – 30 eV kattaliklari oralig'ida sodir bo'ladi. Yuksak qo'zg'alish va ionlanish hodisalari energiyaning 12 eV darajasidan boshlanib, energiyaning 30 eV gacha bo'lgan zonasini qamrab oladi.

Jarayonni, umumiy tarzda, quyidagicha tasvirlash mumkin:



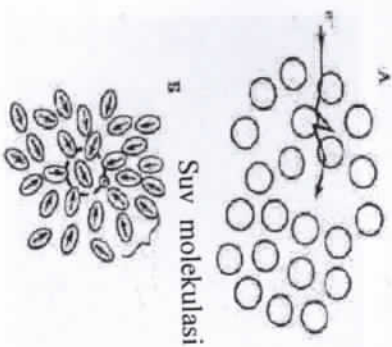
Tuban qo'zg'alish energiyasiga ega bo'lgan suv molekulalardan hosil bo'lgan birlamchi mahsulotlar- $\text{H}^\bullet$, $\text{OH}^\bullet$ fazoda o'zaro yaqin joylashganliklari uchun qayta birikib (rekombinatsiyalanib), dastlabki suv molekulasi hosil qiladi. Yuksak qo'zg'algan holatdagi suv molekulasi (H_2O^*) parchalanganda hosil bo'lgan radikalalar fazoviy ajralgan bo'lib, darrov rekombinatsiyalana olmay, biron-bir radikal yoki molekula bilan to'qnashmaguncha erkin holatda mavjud bo'lib tura oladi.

Rekombinatsiyaning quyidagi turlari ham yuz berishi mumkin:



Suv molekulasining ionlanishi natijasida sxemada ko'rsatilganidek, suvning musbat zaryadli ioni va urib chiqarilgan elektron hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan elektron katta energiyaga ega bo'lsa, duch kelgan molekulanı ionlantirishi mumkin. Shu xil bir nechta to'qnashishlardan so'ng, elektron energiyasi kamayib, ionlantirish qobiliyatidan mahrum bo'ladi. Bunday elektron suv molekulasining radial qublanish doirasiga kirib qolgudek bo'lsa, u bilan o'ziga xos, noyob birlikma - **gidratlangan elektron** e_{gdr}^- ni hosil qiladi. Mazkur kompleks yuksak kimyoviy faollikka ega bo'lib, duch kelgan molekula bilan ta'sirlashib, reaksiyaga kirishadi. Toza suvda gidratlangan elektronning yashash davri 1 ms gacha etib boradi.

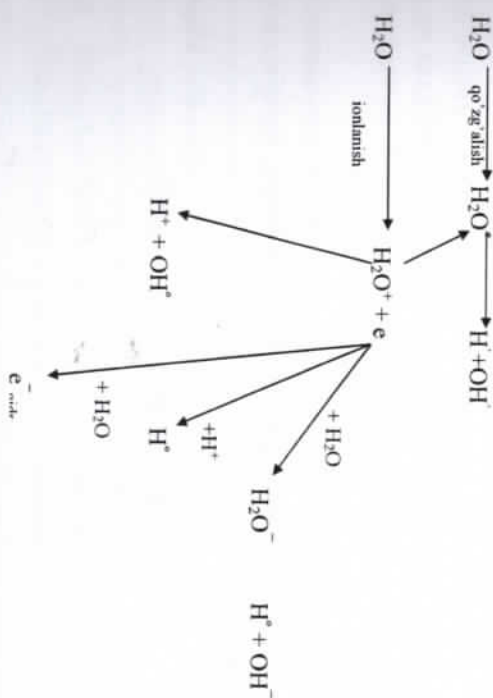
Suv radiolizining mahsulotlari - $H^\bullet$, $OH^\bullet$ radikallari va e_{gdr}^- fazoda bir-biriga nisbatan juda yaqin joylashgan bo'ladi va natijada to'dalanib, radiusi 15 nmcha keladigan sharri hosil qiladi.



24-rasm. Gidratlangan elektron (Bougu, 1967).
A - "erkin elektron"ning suyuqlik bo'ylab harakatlanishining sxematik ko'rinishi;
B - qubblangan suv molekularining gidratlangan elektron atrofidagi jonlashishi.

O'rta hisobda bu sharga taxminan 6 tagacha radikal to'g'ri keladi. Aynan ana shu sharda radikalarning rekombinatsiyasi yuz beradi va N_2 hamda N_2O_2 hosil bo'ladi.

Suv molekulasining qo'zg'alishi va ionlanishidagi dastlabki jarayonni quyidagicha (4-chizma) ifodalash mumkin.



4 - chizma. Suv molekulasining qo'zg'alishi va ionlanishi.

9 - jadvalda suv radiolizi mahsulotlarining radiatsion - kimyoviy chiqish ko'rsatkichlari keltirilgan. Aniqlanishicha, pH ning neytral ko'rsatkichida har bir yutilgan 100 eV energiyadan gidratlangan elektronlar va $OH^\bullet$ radikali yuzaga keladi.

9-jadval
Suv radiolizi dastlabki mahsulotlarining radiatsion kimyoviy chiqish ko'rsatkichi

Suv radiolizi mahsulotlari	G ko'rsatkichi
e_{gdr}^-	2,6
$H^\bullet$	0,6
$OH^\bullet$	2,6
H_2O_2	0,75
H_2	0,45

Suv radiolizi mahsulotlari va erigan makromolekulalar ta'sirlashishi mexanizmini aniqlashdan avval, suv radiolizi mahsulotlarini

identifikatsiyalovchi (aniqlab beruvchi) va ularning miqdorini aniqlash imkonini beruvchi uslublar haqida tushunchaga ega bo'lishi kerak.

Molekulyar mahsulotlar – H_2 ba H_2O_2 larning kimyoviy tahlili standart metall orgali aniqlanadi. Gidratlangan elektronlarning miqdorini optik yutilish spektri (9 - jadvall)ga qarab aniqlash mumkin. $OH^\bullet$ radikalining yutilish spektri 300 nm dan kichik ko'rsatkichlarda qayd etiladi.

Yuqorida keltirib o'tilgan uslublar suv radiolizi mahsulotlari bilan organik molekular orasida kechadigan reaksiyal tiplarini aniqlash imkonini beradi.

Gidratlangan elektron tavsifi

10-jadval

λ maks.	720 nm
ϵ_{720} nm	15800 mol ⁻¹ , sm ⁻¹
ϵ_{573} nm	10600 mol ⁻¹ , sm ⁻¹
$\tau_{1/2}(e^-_{gidr} + H_2O)$	780 mks
Ion zaryadi	-1
Zaryadning tarqalish radiusi	0,25-0,3nm
Gidratatsiya energiyasi	1,82 eV
Diffuziya koeffitsienti.	4,7*10 ⁻⁵ sm ² *c ⁻¹
$E^0(e^-_{gidr} + H_3O^+ \rightarrow \frac{1}{2} H_2 + H_2O)$	2,58 3B
$pK(e^-_{gidr} + H_2O \rightarrow H + OH^-)$	9,7
$k e^-_{gidr} + H_2O$	16

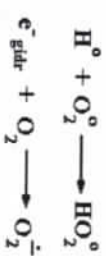
Shunday qilib, suv radiolizi natijasida, quyidagi mahsulotlar hosil bo'ladi:



Bu yerda H_3O^+ - gidroksioni ioni deb atalib, gidratlangan elektronning manfiy zaryadini kompensatsiyalovchi H^+ ionini ifodalashning o'ziga xos shaklidir.

Suv radiolizi natijasida hosil bo'lgan mahsulotlarni, mavjud fizikaviy hamda kimyoviy usullar yordamida aniqlash mumkin.

Suv radiolizi mahsulotlari o'z navbatida quyidagi ikkilamchi mahsulotlarni hosil qiladi: kislород mavjud sharoitda -



Mazkur jarayonlarda hosil bo'lgan $O_2^{\bullet -}$ ba $HO_2^\bullet$ - radikalalar ham yuksak kimyoviy faollikka ega bo'lib, biologik muhim molekularlarga katta zarar yetkazadi.

Tirik organizm hujayrasida jarayon suv radioliziga nisbatan birmuncha murakkabroq kechadi. Bu, ayniqsa, nurli yutuvchi modda sifatida yirik va ko'p komponentli-biologik molekular kelganda yaqqol ko'zga tashlanadi. Sharti ravishda kompleksli biologik molekularni CD deb belgilaylik va bu molekula zaryadlangan zarracha ta'sirida ionlansin:



Musbat zaryadlangan CD^+ ioni erkin $D^\bullet$ radikalining hosil bo'lishi natijasida parchalanadi:



Suv radiolizida hosil bo'lgan radikalalar singari $D^\bullet$ radikali ham o'zida juftlashmagan elektroni tutadi va reaksiyaga kirishish qobiliyati kuchli bo'ladi. Yuqori energiyaga ega bo'lganligi sababli, bu radikal kimyoviy bog'larni oson uzadi. Bu jarayon ion juftlari hosil bo'lishi oraliq'ida va oxirgi kimyoviy mahsulotlar hosil bo'lishida kuzatiladi.

Bundan tashqari, nurlanishning ta'siri kislород hisobiga yanada ortadi. Erkin radikalning muhitdagi kislород bilan ta'sirlashishdan reaksiyaga kirishish qobiliyati yanada kuchli bo'lgan mag'sulotning hosil bo'lishiga olib keladi:



Yuqorida makromolekularning fizik - kimyoviy o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan biologik effekting sxematik ko'rinishi keltirilgan (5 - chizma).

2.2. Erganigan organik molekullarning suv radiolizi mahsulotlari bilan ta'sirlashuvi

Ko'pgina ilmiy izlanishlar quyi konsentratsiyali suvli eritmalar nurlantirilganda organik moddalarda yuzaga keladigan o'zgarishlarni o'rganishga qaratilgan.

Radiatsiya ta'sirida hosil bo'lgan oxirgi mahsulotlarning spektri kimyoviy tahlilning an'anaviy metodi yordamida aniqlanadi. Bu borada qiyinchilik, suv radiolizi mahsulotlarining qaysi birining ta'siri natijasida organik molekullarda o'zgarishlarning qanday turi yuzaga kelishini aniqlashda kelib chiqadi. Ushbu masalaning yechimini topish uchun bir qancha maxsus metodlar ishlab chiqilgan.

Suv radiolizi natijasida yuzaga keladigan vodorod peroksidning ta'sir effektini baholash qiyin emas. Buning uchun nurlantirilmagan eritmaga H_2O_2 ning shunday konsentratsiyasi qo'shiladiki, bu konsentratsiya miqdor jihatdan nurlantirilmagan eritmada hosil bo'lgan H_2O_2 ga teng bo'ladi. $OH^\bullet$ radikal ta'siri ostida yuzaga keladigan reaksiyalar effektini ham nurlantirilmagan eritmalarida aniqlash mumkin. Reaksiyal davomida vodorod peroksid va ikki valentli temir o'rtasida $OH^\bullet$ radikali yuzaga kelishini hisobga olsak, ushbu reagentlardan kerakli miqdorda olib, eritmada $OH^\bullet$ radikali kerakli konsentratsiyada bo'lishiga erishish mumkin.

Bir qator moddalar erkin radikalarni tutib qolish xossasiga ega. Ular yordamida erigan molekullarning suv radiolizi mahsulotlari – radikalalar bilan selektiv zararlanshini keltirib chiqarish mumkin. Masalan, N_2O neytral muhida e^-_{aq} ni tutsa, kislorod e^-_{aq} va $H^\bullet$ ni tutuv qoluvchi hisoblanadi, etil spirti esa neytral muhida $OH^\bullet$ radikali bilan tanlab ta'sirlashadi. O'zida raqobatlanuvchi agentlarni tutgan eritmalarini nurlantirish orqali suv radiolizi mahsulotlarining reaksiyon qobiliyati aniqlanadi.

Quyida suv radiolizi mahsulotlarining organik molekullar bilan ta'sirlanishining asosiy reaksiyal tiplari keltirilgan.

1) Vodorod atomining ajralishi:

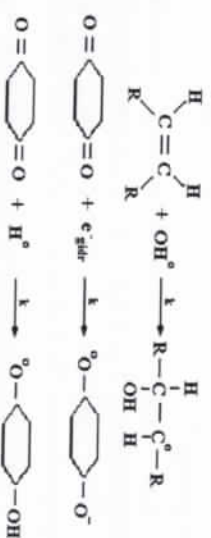
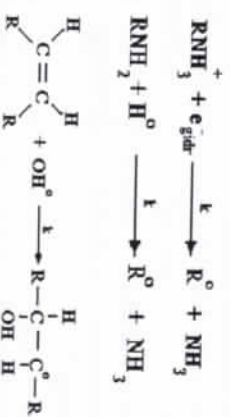


bu erda RH – organik molekula, N – yuqori reaksiyon qobiliyatiga ega vodorod atomi, R – molekulaning qolgan qismi.

e^-_{aq} radikali vodorod atomini organik molekullardan tortib olinmaydi. Yuqoridagi ikki reaksiyal natijasida eritmada organik radikal $R^\bullet$ paydo bo'ladi. Vodorod atomlarini deyeriy bilan almashtirish orqali, ushbu reaksiya tipida vodorod atomlarining qaysi biri organik molekullardan ajralishi aniqlangan. Vodorod atomining ajralishi uchlarni uglerod atomidan boshlanadi va sulfiditil guruhlardagi olingugurt atomlarida hamda uglerod atomlarida amalga oshadi. Vodorod atomining ajralishi funksional guruhlarda $-CONH_2$, $-CONH$, $-NH_2$, $-OH$, $-COOH$ larda yuzaga chiqmaydi.

2) Dissotsiatsiya reaksiyalari:

3) Birlashish reaksiyalari:



Yuqoridagi ikki tip reaksiyalarning kechishi natijasida ham erigan organik radikal $R^\bullet$ hosil bo'ladi.

Sanab o'tilgan reaksiyalar kinetikasini o'rganish uchun absolyut tezliklar konstantasi(k)ni bilish kerak. Ularning ko'rsatkichini impulsli radioliz metodi orqali aniqlash mumkin. Metodning asosida quyidagi jarayon yotadi: suvli eritma juda qisqa vaqt oralig'ida nurlantiriladi, erkin radikal miqdori o'zlanadi va organik molekullar, jumladan, oqsillar va nuklein kislotalarning e^-_{aq} , $H^\bullet$ va $OH^\bullet$ radikalari bilan reaksiyal tezliklari konstantalari hisoblanadi.

Suv radiolizi mahsulotlari aminokislotalar, oqsillar, nuklein kislotalar va DNK ga nisbatan yuqori reaksiya faollig'iga ega bo'lib, ularga to'g'ri keladigan reaksiyalarning tezliklarining konstantalari $10^{-7} - 10^{-11} M^{-1}s^{-1}$ oralig'ida yotadi.

Organik molekullarning erkin radikallari ichki molekulyar o'zgarishlarga uchraydi, o'zaro va erigan modda molekulari bilan reaksiyaga kirishadi. Natijada struktura jihatdan turg'un zararlansh yuzaga kelib, makromolekulaning biologik xususiyatlarining o'zgarishiga olib keladi.

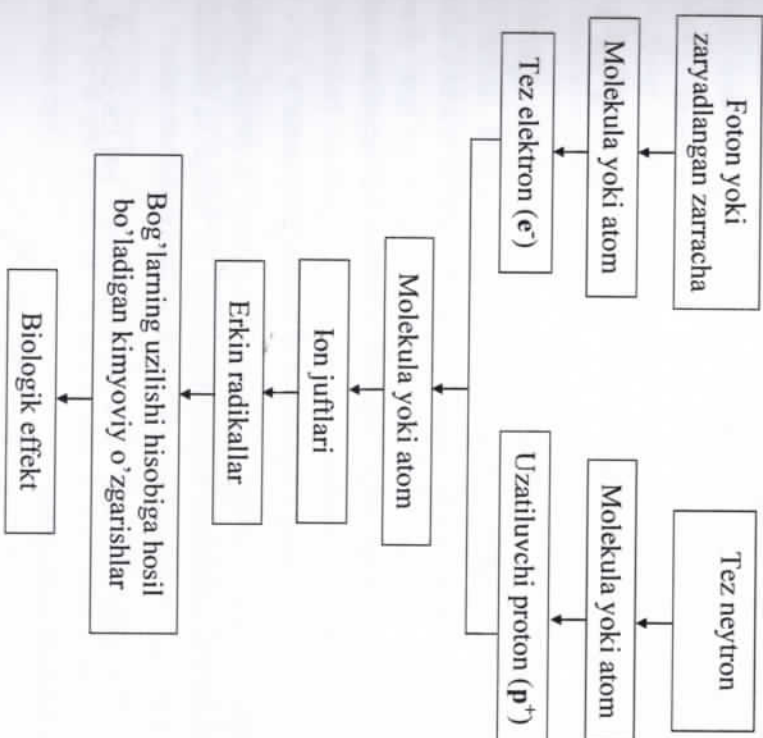
Nazorat savollari:

1. Ionlantiruvchi nur ta'sirida suvda suv molekulasining parchalanish jarayonini tushuntirib bering.
2. Suv molekulasini parchalangandagi rekombinatsiya turlarini ko'rsatib bering.
3. Gidratlangan elektron e_{aq}^- ni qanday hosil bo'ladi?
4. Suv molekulasining qo'zg'alishi va ionlanishdagi dastlabki jarayonni ifodalab bering.
5. Suv radiolizi jarayonida ikkilamchi mahsulotlar qanday hosil bo'ladi?
6. Suv radiolizi mahsulotlarining organik molekullar bilan ta'sirlanishining vodorod atomining ajralishi reaksiyal tipini tushuntirib?
7. Suv radiolizi mahsulotlarining organik molekullar bilan ta'sirlanishining dissotsiatsiya reaksiyalari tipini tushuntirib?
8. Suv radiolizi mahsulotlarining organik molekullar bilan ta'sirlanishining birlashtirish reaksiyalari tipini tushuntirib?

2.3. Organik modda radikalining turg'un moddalar (mahsulotlar) hosil bo'lishiga olib keluvchi reaksiya tiplari

Quyida organik moddalar erkin radikallarining kirisha oladigan asosiy reaksiya tiplari keltirilgan.

1) Dimerlanish va birlashtirish:



5 - c hissa. Makromolekularning fizik - kimyoviy o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan biologik effekt

Misalan, sisteyinning suvli eritmasini nurlantirish natijasida hosil bo'lsa,



Asparagin kislotasi glitsinining 2 ta radikalidan hosil bo'ladi.



2) Disproporsiyalanish reaksiyalari: $\text{R}^\bullet + \text{R}^\bullet \longrightarrow \text{RH} + \text{P}$

Reaksiyal natijasida vodород atomi radikalalar o'rtasida taqsimlanadi.

Radikalardan biri dastlabki strukturagacha qaytarilishi, ikkinchisi esa yangi birikmaga aylanishi mumkin. Masalan, glitsin eritmasi muhida $\text{OH}^\bullet$ radikali va $e_{\text{gidr}}^\bullet$ ni tutib qoluvchi moddalar bo'lgan sharoitda nurlantirilganda, aminokislota bilan $\text{H}^\bullet$ radikali ta'sirlashadi va vodород atomining ajralishi ta'minlaydi:



Ikki ta glitsin radikali ishtirokida ketuvchi disproporsiyalanish reaksiyasi esa iminosirka kislotasining hosil bo'lishiga va radikalardan birini dastlabki strukturasing tiklanishiga olib keladi.



3) Gidroliz reaksiyasi:



Bunday reaksiyaga misol qilib, oqsil molekulasini nurlantirilganda peptid bog'ining uzulishini keltirish mumkin:



4) Kislorodning birkishi:

Nurlantirilayotgan erimalarda molekulyar kislorod bo'lgan muhida oksidlovchi radikalalar $-\text{HO}_2^\bullet$ va $\text{O}_2^\bullet$ hosil bo'ladi:



Shuni ta'kidlab o'tish joizki, kislorod bo'lgan sharoitda yuqori faollikka ega oksidlovchi radikalalar qaytaruvchi radikalalar $-\text{H}^\bullet$ va $e_{\text{gidr}}^\bullet$ hisobiga hosil bo'ladi. Natijada, nurlantirilgan suvli muhida oksidlanish uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Erkin radikalalar $\text{O}_2^\bullet$ va $\text{HO}_2^\bullet$ energetik jihatdan organik moddalarni har qanday bog' hisobiga oksidlay olish xususiyatiga ega.

Organik radikalarning $\text{HO}_2^\bullet$ radikali bilan ta'sirlashish reaksiyalariga birinchi navbada gidroperoksidlarni hosil bo'lishini keltirib o'tish mumkin.



Nurlantirilgan erimalarda aminokislotalar, timin va sitozinning gidroperiksleri aniqlangan. Agar aminokislotalar uzun uglerod zanjiriga ega bo'lsa, u holda hosil bo'lgan gidroperiksler juda turg'un hisoblanadi, masalan, leytsin va izoleytsin gidroperiksleri. Jarayon so'ngida gidroperiksler turg'un mahsulotlar hosil bo'lishi bilan parchalanib ketadi.

5) Vodородni ko'chirish reaksiyasi.

Nurlantirilgan suvli erimalarda organik radikalalar reparatsiyasi ikkinchi bir erigan modda R - N evaziga ketib, u o'zidagi atomini berish xususiyatiga ega.



Bunda ayniqsa, o'zida erkin sulfidril guruhini tutuvchi birikmalar faol hisoblanadi. Bunga misol qilib, metanolni keltirish mumkin:



2.4. Suvli erimadagi molekullarning nurdan zararlanish modifikatsiyalari

Suyultirilgan suvli erimalarda suv radiolizi mahsulotlariga moslangan nurlanishning vositali ta'siri molekullar inaktivatsiyasida muhim ahamiyatga ega bo'lib, ular quyidagi ketma-ketlikda amalga oshadi:

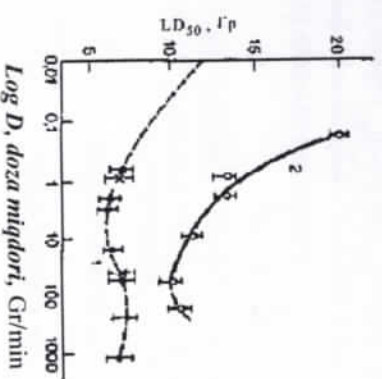
1. Ionlantiruvchi zarracha suv molekulasini orqali o'tgan vaqt (dastlabki 10^{-18} - 10^{-16}) da uning qo'zg'alangan, yuqori qo'zg'alangan va ionlangan molekulasini hosil bo'lib, ular keyinchalik e^-_{gid} , $H^\bullet$, $OH^\bullet$ radikallarining paydo bo'lishiga olib keladi.

2. Erkin radikallarining bir qismi rekombinatsiyalanib, H_2O_2 , H_2O va H_2 ni hosil qiladi, qolgan qismi esa erigan organik molekular bilan ta'sirlashadi.

3. Har bir erkin suv radikali erigan makromolekular bilan o'ziga xos reaksiyaga kirishadi va natijada erkin organik radikallar hosil bo'ladi.

4. Hosil bo'lgan organik molekula radikallari atrofidagi molekular va o'zaro bir-biri bilan ta'sirlashib, reparatsiyalangan yoki zararlangan turg'un strukturalar hosil bo'ladi.

Himoya effekti. Agar eritmada suv radiolizining faol mahsulotlari uchun makromolekular bilan raqobatlasha oladigan molekular — aralashmalar mavjud bo'lsa, bu holda makromolekulalarning suv radiolizi erkin radikallari bilan zararlash darajasi pasayadi (25-rasm).



25-rasm. Turli doza miqdorlarida (LD_{50}) bir marta umumiy nurlantirilganda sichqonlarning halokat ko'rsatkichi.

1.-Terebral sindrom- $LD_{50/30}$.
2.-Ichak sindromi — $LD_{50/3.5}$.

Energiyaning chiziqli uzatilishi (EChU)ning nurlantirishga ta'siri

Ionlantiruvchi nurlarning nurlantirish xususiyati EChU bilan pasayib boradi, ya'ni rentgen va γ — nurlari ta'sir etish xususiyatiga ko'ra α — zarrachalar yoki elementlarning tezlashgan yadrolariga qaraganda ancha samarali hisoblanadi. Bu hodisa suv radiolizi mahsulotlari — erkin radikallarining fazoda tarqalishini ta'minlab beruvchi ionizatsiyaning bir

misoli bo'lmagan chiziqli zichligiga bog'liq. Tig'iz — zich ionlantiruvchi nurlanishda radioliz mahsulotlari fazoda bir — biridan unchalik uzoq joylashmagan bo'ladi va ularning rekombinatsiyalanish ehtimoli ham yuqori bo'lib, yangi molekulyar mahsulotlar — N_2O_2 , N_2O va N_2 hosil bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Organik moddalar erkin radikallarining kirisha oladigan asosiy reaksiyalari sanab bering.
2. Dimerlanish va birikish reaksiyalari tipini misol asosida tushuntiring.
3. Disproporsitsiyalanish reaksiyalari tipini misol asosida tushuntiring.
4. Gidroliz reaksiyalari tipini misol asosida tushuntiring.
5. Kislorodning birikishi reaksiyasini tushuntiring.
6. Vodorodni ko'chirish reaksiyasini tushuntiring.
7. Suyultirilgan suvli eritmada suv radiolizi mahsulotlariga asoslangan nurlanishning vositali ta'siri molekular inaktivatsiyasi ketma-ketligini tushuntiring.
8. Himoya effekti tushuntiring.

2.5. Suvli eritmada makromolekular inaktivatsiyasi va strukturali zararlash o'rtasidagi bog'lanish

Makromolekulalarning nur ta'siridan zararlashini o'rganishda ular suv radiolizi mahsulotlarining qaysi birining ta'siriga ko'proq ta'sirlanishini aniqlash katta ahamiyatga ega. Tajribalarda buni aniqlashda radikallarni tutib qoluvchi moddalardan keng foydalaniladi. Natijada, eritmada suv radiolizi mahsulotlaridan biri o'z reaksiya faolligini saqlab qoladi, boshqa radikallar esa tutib qolinadi.

2.5.1. Ionlantiruvchi nurlarning fermentlarga ta'siri

Lizosim fermenti radikallarni tutib qoluvchi turli moddalar bo'lgan sharoitda nurlantirilganda fermentlar inaktivatsiyasi og'sil molekulasiga o'xshash radikal — $H^\bullet$, $OH^\bullet$ va e^-_{gid} larning hujumi ta'siri natijasida kelib chiqqanini aniqlangan. Boshqa bir ferment — tripsin $OH^\bullet$ radikali ta'siri

hisobiga inaktivatsiyaga uchragan, barcha tuib qoluvchi moddalardan faqat etanol tripsini suvli eritmalarda inaktivatsiyadan saqlab qolgan.

Ribonukleaza fermentining suvli eritmasi (1mg ferment – 1ml H₂O da) nurlantirilganda, unda quyidagi o'zgarishlar kuzatilgan: makromolekula agregatlarining hosil bo'lishi, erkin SH – guruhlarining hosil bo'lishi; aminokislotalar – metionin, sistin, lizin, tirozin, fenilalanin, gistidinning yoppasiga parchalanishi; konformatsion o'zgarishlar. Ferment inaktivatsiyasiga gidrofof yoki S=S bog'larni hosil qiluvchi, oqsil konformatsiyasini saqlovchi aminokislotalarning parchalanishi hisobiga molekulaning yoyilib ketishini sabab deysish haqidir. 11-jadvalda bir qator fermentlar inaktivatsiyasiga olib keluvchi tajriba natijalari keltirilgan.

11-jadval
Nurlantirilgan suvli eritmadagi fermentlar inaktivatsiyasiga
sababchi omillar

Tekshirilayotgan ferment	Ferment inaktivatsiyasiga olib keluvchi sabab
Ribonukleaza	Mitotonin qoldig'ining parchalanishi
Dezoksiribonukleaza	Bitra triptofan molekulasiining parchalanishi
Fostoglyukomutaza	Bitra gistidin molekulasiining parchalanishi
Katalaza	Gematoporfirin guruhining parchalanishi
Laktoperoksidaza	Bitra gematoporfirin guruhining qisman parchalanishi
Fosfoglitseraldegid-degidrogenaza	SH-guruh (tsistein)ning destruktiviyasi yoki SH – guruhning oksidlanishi
Adenozintrifosfotaza	SH – guruhning oksidlanishi
Suksinatoksidaza	SH – guruhning oksidlanishi
Ureaza	SH – guruhning oksidlanishi
Glutamatdegidrogenaza	SH – guruhning oksidlanishi
Laktatdegidrogenaza	SH – guruhning oksidlanishi
Alkogoldegidrogenaza	SH – guruhning oksidlanishi
	SH – guruhning oksidlanishi va destruktiviyasi

2.5.2. Radiatsiyaning nuklein kislotalarga ta'siri

Ionlantiruvchi nurlar ta'sirida nuklein kislotalar tarkibidagi azot asoslari va uglevod qoldiqlarida buzilishlar kelib chiqadi. Purin, pirimidin yoki imidazol halqalari ochiladi. Sitozin, adenin va

guaninlarning dezaminlanishi, dezoksiriboza spirt guruhlarining oksidlanishi, uglevod bog'larining uzilishi sodir bo'ladi. Polinukleotid zanjirlarida uzilishlar kelib chiqadi. Asosiy zanjirdan nukleotidlar, nukleozidlar hamda fosfat kislota qoldiqlari uzilib ketadi. DNK zanjirini shakllantiruvchi, qo'shaloq polinukleotid zanjirlarini bog'lab turuvchi vodorod bog'lar uziladi, ya'ni molekulaning qisman denaturatsiyalanishi sodir bo'ladi. Qo'shaloq spirallar orasida ko'ndalang, azot asoslari o'rtasida bo'yiga kovalent tiklilishlar (kimyoviy bog'lar) hosil bo'lishi ham mumkin. Mazkur hodisalar ko'p jihatdan nuklein kislotalarning holati va muhitda kislород mavjudligiga bog'liq bo'ladi.

Nuklein kislotalarda sodir bo'ladigan zararlanishlarni umumiy tarzda quyidagicha guruhlash mumkin: nukleotidlar zararlanishi, bir ipcha (zanjir) va ikkala ipcha (zanjir)dagi uzilishlar. Shu tarzda, radiatsiya ta'siridan nuklein kislotalar o'z biologik faolligidan mahrum bo'ladi.

12-jadval
Buzoq timusi DNKsining nurdan zararlanish mezonlari

DNKning radiatsion zararlanish tiplari	Muhit	DNK miqdori %	Radiatsion–kimyoviy chiqish
Bir zanjirning uzilishi	0,01M NaCl	0,02	0,24
Ikki zanjirning uzilishi	-/-/-/-/-	0,02	aniqlanmadi
Ko'ndalang tiklanishlar	-/-/-/-/-	0,02	aniqlanmadi
Denaturatsiya (vodorod bog'larining uzilishi)	-/-/-/-/-	0,14	38
Asoslarning parchalanishi		0,5	0,45
Timin	0,01 M	0,025	0,28
Tsitozin	PO ₄	0,2	0,17
Guanin			0,12
Adenin			0,30
Timin va sitozin perekislarning hosil bo'lishi		0,5	0,4
Dezaminlanish (NH ₂ ning hosil bo'lishi)	Suv		
Asoslarning ajralishi	Suv		0,5

Timin			0,07
Adenin	0,01 M	1,0	0,08
Tsitozin	PO ₄		0,04
Guanin			0,09
Noorganik RO ₄ ning ajralishi	Suv		

2.5.3. Ionlantiruvchi nurlarning oqsillarga ta'siri

Ionlantiruvchi nurlar ta'siridan oqsil molekulasida tarkibidagi aminokislotalar qoldiqlarida katta o'zgarishlar yuzaga keladi. Aminokislotalar qoldiqlaridagi karboksil va amin guruhlar ajralib ketadi. Bu xil o'zgarishlar, asosan, OH^- va e^- tufayli ro'yobga chiqadi. Natijada, ikkilamchi erkin radikal paydo bo'ladi. Oqsil molekulasida tarkibidagi ayrim oson qo'zg'aladigan qoldiqlarda yuzaga kelgan qo'zg'alagan elektronlar oqsil zanjiri bo'yab ko'chib, uning muayyan bir sohalarida, radikallik holatining kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Bunday hol oqsil molekulasining fragmentlarga bo'linib ketishga olib kelishi mumkin. Shu bilan bir vaqtda, fragmentlarning erkin radikal ishtirokida, polimerlanishi yoki bo'lmasa, vodorod bog'larining uzilishi natijasida, oqsilning denaturatsiyalanishi yuz beradi. Bu xil o'zgarishlar tufayli oqsil molekulasida o'z funksional faolligini yo'qotadi.

2.5.4. Ionlantiruvchi nurlarning lipidlarga ta'siri

Radiobiologik jarayonlarning boshlanishida yog' kislotalar va lipidlarning radiatsion – kimyoviy o'zgarishlari muhim rol o'ynaydi. Ionlantiruvchi radiatsiya ta'sirida, lipid molekulasining karboksil va uglevodorod qismida erkin radikal holatlar paydo bo'ladi. Ular zararlanmagan molekular bilan ta'sirlashib, gidroperksidlar hosil qilinadi.



Bu erda RN – lipid molekulasida. Ko'rinib turibdiki, ionlantiruvchi nurlar ta'sirida, dastlab erkin radikal paydo bo'ladi. Paydo bo'lgan erkin radikal

yangi radikalning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Jarayon kislorod mavjud sharoitda yana ham kuchayadi. Oxirgi mahsulot sifatida karbonilli birikmalar, aldegidlar, spirtlar va karbonat angidridi hosil bo'ladi. Agar muhida erkin radikal bilan raqobatlasha oladigan moddalar (antioksidantlar) mavjud bo'lsa yoki erkin radikal o'zaro rekombinatsiyalana olsa zanjir uziladi. Lipid molekulasida tarkibida uchraydigan qo'sh bog'lar evaziga hamda yangi kovalent bog'lanishlar (tikilishlar) hisobiga molekulyar massasi avvalgisidan katta yangi modda hosil bo'lishi ham mumkin.

Hujayraning suv fazasida, umuman hujayra tarkibida, har xil moddalar – monomer va polimer uglevodlar, erkin nukleotidlar va aminokislotalar, porfirin va fenol tabiiatli moddalar mavjud bo'lib, ular ham nurlar ta'siridan radiatsion – kimyoviy o'zgarishlarga yo'liqadi. Ularning zararlanish mahsulotlari ham hujayraning zararlanishiga o'z ulushini qo'shadi. Chunki, ulardan har xil zaharli moddalar hosil bo'lishi mumkin.

2.6. Radiobiologik effektning miqdoriy baholash

Radiobiologik effektning miqdoriy baholash u yoki bu reaksiyaning namoyon bo'lish darajasini aniqlashga asoslangan bo'lib, ulardan qay birining tanlab olinishi tadqiqot vazifalari, nurlantiriladigan ob'ektning o'ziga xosligi hamda tadqiqot imkoniyatlari bilan belgilanadi.

Tizimning nurlanishiga ko'rsatadigan reaksiyasi ko'p hollarda sodir bo'ladigan effektning ta'sir ettirilgan nurlar dozasi bo'lgan bog'liqligini aks ettiruvchi test-effekt yoki test-reaksiyadan iborat biologik effektlar tarzida tasvirlanadi va effekt o'lchovi sifatida qabul qilinadi. Odatda, makromolekulalarning zararlanish effekti sifatida nurdan zararlangan molekular ulushi aniqlanadi. Masalan, hujayradagi DNKga radiatsiya ko'rsatadigan ta'sirning o'lchovi sifatida DNK zanjirlarida paydo bo'ladigan yakka yoki qo'shaloq uzulishlar soni hisobga olinadi.

Sun'iy muhida o'stirilgan bakteriyalar, zamburug'lar, o'simlik yoki hayvon hujayralarining radiobiologik reaksiyallari tekshirilganda, test-reaksiyal sifatida, ko'p hollarda ularning nurlantirilgandan keyingi davrda koloniya hosil qila olish qobiliyati inobatga olinadi. Mazkur

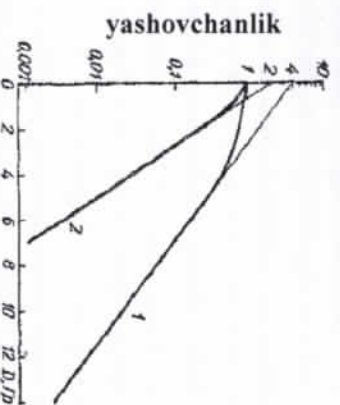
qobiliyatining namoyon bo'lmastligi hujayraning proliferativ o'limidan darak beradi.

Radiatsiyaning u yoki bu xil fiziologik yoki metabolitik jarayonlarga ko'rsatilgan ta'siri baholaganda esa, test-effekt sifatida ularga muvofiq, jarayon intensivligining faollanish yoki sekinlashish darajasi aniqlanadi.

Ko'p hujayrali organizmlar bilan ish ko'rganda esa, test-effekt sifatida organizmlarning tirik qolish ehtimolligi olinadi.

Radiobiologik effektning dozaga bog'liqlik grafigi shaklan har xil bo'lishi mumkin. Masalan, gen mutatsiyasining chiqishi, odatda to'g'ri mutanosiblikni aks ettirsa, xromosoma aberatsiyasining chiqishi kvadrati munosabatlarni aks ettiradi. Tuban dozalar sohasida tirik qolish (yashovchanlik) – chiziqli munosabatlar bilan interpolatsiyalanadi. Odatdagi dozalarda esa hujayraning yashovchanlik effekti grafikda eksponentsial yoki sigmasimon chiziqlar shaklida namoyon bo'ladi. Umuman, test-effekt yarim logarifmik koordinalar sistemasida tasvirlanadi, ya'ni abstsissa o'qiga doza kattaliklari, ordinata o'qiga esa yashovchanlik miqdorining logarifmi tushiriladi.

Ko'rinib turganidek, yashovchanlik egri chiziqlari yarim logarifmik koordinatalar sistemasida to'g'ri chiziqli sohalarning mavjudligi bilan namoyon bo'lgan.



26-rasm. Olmaxon U-79 limiyasi (1) va odam kartsinomasi Hela (2) Hujayralarining yashovchanlik egri chiziqlari. D-radiatsiya dozasi.

Radiobiologiyaga oid ilmiy ishlarda ushbu turdagi grafiklar tez-tez uchray turadi. Shuning uchun biz quyida, ular haqida to'xtalib o'tamiz (26-rasm). Agar egri chiziqli eksponentsial qismga ega bo'lsa, u holda uni

ifodalovchi analitik ifoda eksponenta bo'ladi, albatta. Agarda biz nurlantirilgan hujayralar sonini N_0 orgali, nurlantirish uchun ishlatiladigan nur dozasi esa D bilan belgilasak, "nurlantirilgandan keyin" tirik qolgan hujayralar sonini N desak, u holda:

$$N = N_0 \cdot e^{-kD} \text{ yoki } N/N_0 = e^{-kD},$$

bu erda k - hujayralarning nurga bo'lgan sezgirligini ifodalovchi koeffitsient.

Mazkur kattalik, tajribaga olingan hujayralar sonining e - ga kamayish uchun zarur doza D_0 ning $kD_0 = 1$ tengligidan foydalanib ($k=1/D_0$ orgali) hisoblab topiladi.

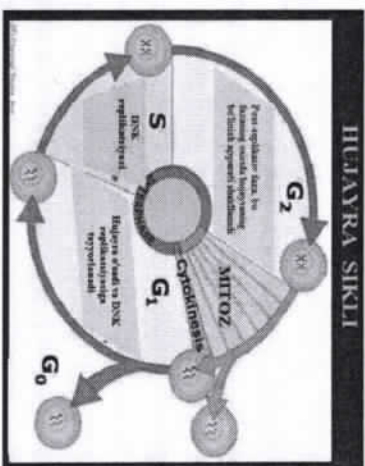
Agar doza egri chizig'i, ya'ni tirik qolish egri chizig'i richagning tayanch nuqtasiga ega bo'lmasa, u holda D_0 shunday bir kattalik bo'lib chiqadiki, uning ta'siridan nurlantirilgan hujayralarning 63,3% qirilib ketib, 36,7% tirik qoladi va bunday doza 37% tirik qolish dozasi yoki D_{37} deb ataladi. Agarda doza egri chizig'i richagning tayanch nuqtasiga ega bo'lsa, u holda egri chiziqning faqat chiziqli qismigina D_0 ga teng bo'ladi.

Doza egri chizig'ining chiziqli qismini ordinata o'qiga ekstrapolyatsiyalab, quyidagi parametrlarga ega bo'lish mumkin. Ekstrapolyatsiyalangan chiziqli sohaning ordinata o'qi bilan kesishgan nuqtasi - ekstrapolyatsiya sonini beradi. Ekstrapolyatsiya sonining kattaligi, demak, elka kengligi doza egri chizig'i chiziqli qismning doza mikdoriga hosil qilgan burchak kattaligiga bog'liq bo'ladi. Elka kengligi kvazipog'ona doza D_q deb atalib, u ekstrapolyatsiya chizig'i bilan hujayralarning 100% tirik qolishiga mos bo'lib, abstsissaga parallel chiziqning kesishgan nuqtasiga to'g'ri keladi.

Doza egri chizig'ida elkaning paydo bo'lishi hujayrada ionlantiruvchi nurning tuban dozalarida yuzaga kelgan effektlarni reparatsiyalash qobiliyatining tiklanganligidan darak beradi, deb hisoblash-mantiqqa muvofiqdir. Demak, D_q va n kattaliklari hujayralarning reparatsiyalanish qobiliyatini xarakterlaydi.

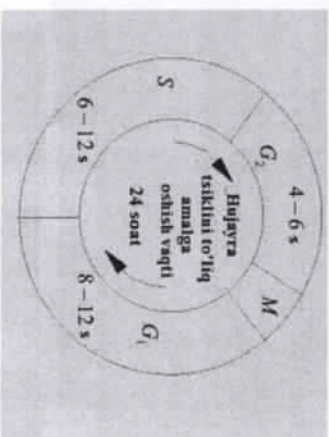
Yashovchanlik egri chizig'ining eksponenta xarakteridan, shunday xulosaga kelish mumkinki, nurning eng kichik dozalarida halok bo'lgan va eng katta dozalarida esa tirik qolgan hujayralar mavjud bo'lib,

Eukariot hujayra presintetik fazada diploidli, postsintetik fazada esa tetraploidli bo'ladi. Sintetik fazada DNK molekulasi yangi to'plami hosil bo'ladi. Postreplikativ fazaning oxiriga kelib, hujayrada bo'linish apparati shakllanadi. Hujayraning bo'linishi fazalarning birida to'xtab qolishi ham mumkin. Ko'pincha bunday hol G_1 fazada ro'y beradi va hujayraning sikldan chiqishiga mos keladi. Mana shunday hujayralar G_0 hujayra nomi bilan yuritiladi.



29 - rasm. Hujayra sikli.

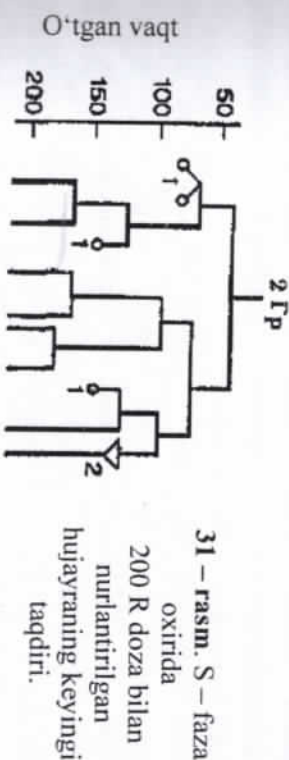
Hujayralar populyatsiyasini hujayra siklining har xil fazalarida nurlantirib, sikl fazalariga xarakterli bo'lgan radiorezistentlikni aniqlash mumkin. G_1 fazaning oxiri va S - fazaning boshida hujayraning nur sezgirligi yuqori bo'ladi. Bunday vaqtda etkazilgan zarar reparatsiyalanib ulgurmaydi va replikasiya davomida yangi hosil bo'lgan DNKda bo'sh joylar paydo bo'ladi.



30 - rasm. Hujayra siklini amalga oshirish vaqtining fazalar bo'yicha taqsimoti

3.2. Tez bo'linuvchi hujayralar

Agar nur dozasi katta bo'lmasa nurlantirilgan tez bo'linuvchi hujayralarda ko'zga tashlanadigan dastlabki reaksiyal - mitoz fazasiga kirishishning kechikishidan iborat bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, interfaza vaqtida nurlantirilgan hujayra bo'linishni kechikib boshlaydi. Kechikishning namoyon bo'lish darajasi nurlantirilgan paytda hujayraning qaysi fazada turganligiga bog'liq bo'lib, effekti 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 mitoz fazasini o'tab bo'lgach 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'payib boradi. Bunday halokat reproduktiv halokat deb ataladi. Nurlantirilgan hujayralarning ba'zilar mitozga kiradi-yu, ammo bo'linma olmaydi natijada yana yangidan bo'linishga tayyorlanadi va yana bo'linma olmaydi, shu tarzda hujayra kattalashib, gigant hujayraga aylanadi. Buning oqibatida, hujayra membranasining mustahkamligi kamayadi, modda almashinuvini ta'minlovchi yuza maydoni bilan hujayra hajmi o'rtasidagi optimal nisbat buzilib, bunday gigant hujayra yoritilib halok bo'ladi (31 - rasm).



31 - rasm. S - faza oxirida 200 R doza bilan nurlantirilgan hujayraning keyingi taqdiri.

Bayon etilganlar asosida shunday xulosaga kelinganki, tez bo'linuvchi hujayralar nurlantirilgandan so'ng interfazada ma'lum vaqt davomida o'z metabolik faolligini saqlaydi, bo'linadi, ammo hayotini davom ettirishga qodir avlod qoldira olmaydi.

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

Nazorat savollari:

1. Hujayra sikli qanday fazalardan tashkil topgan?
2. Qaysi fazalarda hujayraning nur sezgirligi yuqori bo'ladi?
3. Hujayraning nur sezgirligi yuqori bo'lganda qanday holat yuzaga keladi?
4. Nur dozasi katta bo'lmasa nurlantirilgan tez bo'linuvchi hujayralarda dastlabki sodir bo'ladigan jarayonlarni aytib bering.
5. Gigant hujayralar qanday hosil bo'ladi va uning keyingi jarayonini tushuntiring.
6. Nur tagidagi halokat nima va u qanday sodir bo'ladi?

3.3. Bo'linmaydigan va sekin bo'linadigan hujayralar

Yuksak shakllangan 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 halokat interfaza halokati deb ataladi. Bunday halokat bir qator o'zgarishlar tufayli sodir bo'ladi – yadro bo'kadi, g'ovaklashadi, yadrocha yemiriladi, yadro, mitoxondriya va sitoplazmatik membranalar tanlab o'kazuvchanlik xossasidan mahrum bo'ladi, yadroviy fosforanish izdan chiqadi, nafas olish susayadi, yadroning dezoksiribonukleoproteid kompleksi yemiriladi, sitoplazmadagi 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 xromosomalar aberratsiyasi natijasidir. Aniqlanishicha, faqat ba'zi bir aberratsiyalargina halokatkaga olib keladi. Chunki, nurlantirilgandan so'ng tirik qolgan hujayralar orasidan aberrant hujayralarni deyarli topib bo'lmaydi. Bunday hujayralar nurlantirilgandan so'ng birinchi mitozdan keyin halok bo'ladi.

3.4. Xromosoma aberratsiyasi – hujayraning nurdan zararlanish mezonlari

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 (13-jadval).

13-jadval
Xromosoma aberratsiyalarining chiqishi va turli doza birliklari bilan nurlantirilganda xitoy sichqonlarining yashovchanligi

Tajriba varianti, nurlantirish vaqtida hujayra siklining bo'linish bosqichi	Yutilgan nur dozasi, Gr	Hujayralar yashovchanligi, %	Aberratsiya si normal metofazalar, %
G ₁	2,1	30,2	26,6
G ₁ , bromdezoksiridin bilan 48-soatlik sensibilizatsiya	0,7	32,4	24,0
G ₁ , tsisecamin bilan hujayralarni himoyalash	4,7	29,8	26,0
S oxiri	3,1	30,3	20,5
S oxiri, tsisecamin bilan himoyalash	6,4	31,3	24,0

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

Nurlanish ta'sirida DNK molekulasi **yukka va qo'shaloq uzilishlar** paydo bo'ladi. Bunday uzilishlar natijasida axborot 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 ushlab qoladi va osonlikcha qayta tiklanadi hamda hujayra halokatiga olib kelmaydi. Nur dozasi 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

hujayralarining har birida 1000 gacha yakka va 10-100 tagacha qo'shaloq uzilishlar sodir bo'ladi¹⁴.

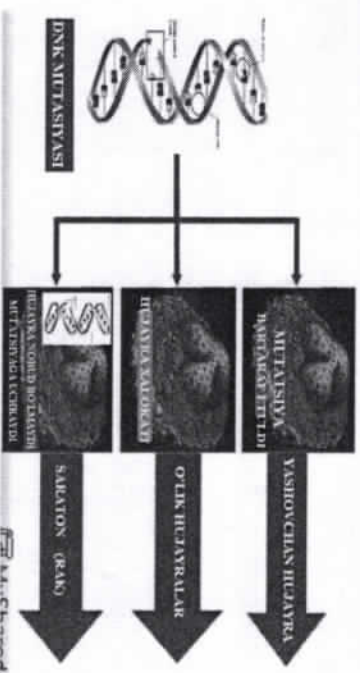
Bulardan tashqari, azot asoslaridan – timin strukturasi buziladi va shu orqali gen mutatsiyalari soni ham oshadi. DNK bilan oqsil o'rtasida **o'qitishlar** paydo bo'ladi.

Yadro membranasi bilan DNK o'rtasidagi aloqa uziladi. Yadrodan sitoplazmaga axborot uzatish tizimi ishdan chiqadi. Hujayra ichi membranalari faoliyatlarining boshqarilishida buzilishlar ro'y beradi. Umuman yadro – sitoplazma aloqasida jiddiy chetlanishlar yuz beradi.

Xromosoma aberratsiyasida quyidagi holatlar kuzatiladi:¹⁵

- DNKning zararlanishi natijasida hujayrani o'limga olib kelishi mumkin;
- hujayra yetkazilgan zararni tuzatishga harakat qiladi;
- zararni bartaraf etishdagi harakat xromosoma aberratsiyasiga olib kelishi mumkin;

• aberratsiya tiplariga qarab ta'sir letal (o'lim) yoki noletal (og'ir jarohat) holatlari bo'lishi mumkin, lekin keyingi zanjirlarda namoyon bo'ladigan, keyinchalik davom ettirilishi mumkin bo'lgan mutatsiyalarga olib keladi.



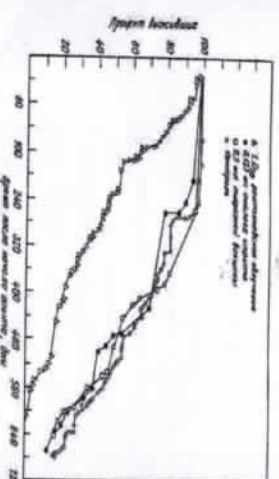
32-rasm. Ionlantiruvchi nurlar ta'sirida hujayrada ro'y beradigan jarayonlar.

¹⁴ Э. А. Галицкий Радиобиология, Белорусия, Гродно, 2001 г., 204 с.

¹⁵ Introduction to Radiation Biology, Survey of Clinical Radiation Oncology, Lecture 2.

Egri chiziqqlar ta'sir etilgan muddatdan - 30 kundan kundan keyin boshlanadi, bu holat letal (to'sardan o'tish) holatiga e'tibor bermaslik uchun yetarli hisoblanadi. Kimyoviy moddalarning bir marotabalik ommaviy, lekin o'limga olib kelmaydigan dozalari umr ko'rish muddatlarini qisqartirmasligini ko'rsatadi, ammo ayrim yakka ommaviy, lekin o'limga olib kelmaydigan rentgen nurlari dozalari bilinarli natija (effekt) beradi.

Hujayra metabolizmiga doir ko'plab murakkab jarayonlar aynan membranalarda amalga oshadi. Membranalar biokimyoviy jarayonlarda ishtirok etuvchi ferment guruhlarining fazoviy tashkilotlanishiga bog'liq reaksiyalarni amalga oshiruvchi molekularlarning fazoviy ajralganligini ta'minlaydi.



33-rasm. 2 oylik muddatdan boshlab sichqonlarning radiatsion ta'sirlardan keyin tirik qolish qobiliyati egri chizig'i¹⁶.

Shuning o'zidan membranalarning yuqori nur sezgirligi ayon bo'lib qoladi. Nurlanishning kam dozalarida, ba'zan mitoxondriyalarning zararlanishi natijasida hujayraviy energiya almashinuvida susayishlar sodir bo'ladi. Membraning zararlanishi hujayra ion balansining buzilishiga olib keladi va bu o'z navbatida metabolizm jarayonining notekis kechishida o'z aksini topadi.

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

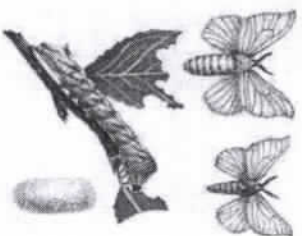
¹⁶ А. М. Кузин. Проблемы современной радиобиологии / - Москва, Знание, - 1987, - 64 с.

Hujayraning radiatsiyadan halok bo'lish sabablari tahlil qilinganda, birinchi navbada, uning yadro va sitoplazmadan iborat ikki asosiy tarkibiy qismlarining tutgan o'rini ko'zdan kechirish alohida ahamiyatga ega. Shu masalaga doir o'tkazilgan tadqiqotlarning ko'pchiligi, hujayraning nur ta'sirida sodir bo'ladigan halokatida o'ta yuqori nur sezgirliygiga ega yadroning hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Yuqorida bayon etilgan xromosomal aberratsiyaga ega hujayralar ulushi bilan letal (halokat) effekti o'trasidagi mavjud korrelyatsiya nurdan zararlangan hujayrada yuz beradigan oqibatlarga yadro materialining daxldor ekanligini isbotlaydi.



B.L. Astaurov
(1904 – 1974 yy)
Rus biolog, akademik.
Asosiy ilmiy izlanishlari
ipak qurti rivojlanishi,
irsiyatini nazariy va amaliy
masalalariga bog'ishlangan.
Sun'iy partheno- gennez va
yadro-sitoplazmatik duragay
yaratishning
usullarini ishlab chiqqan.



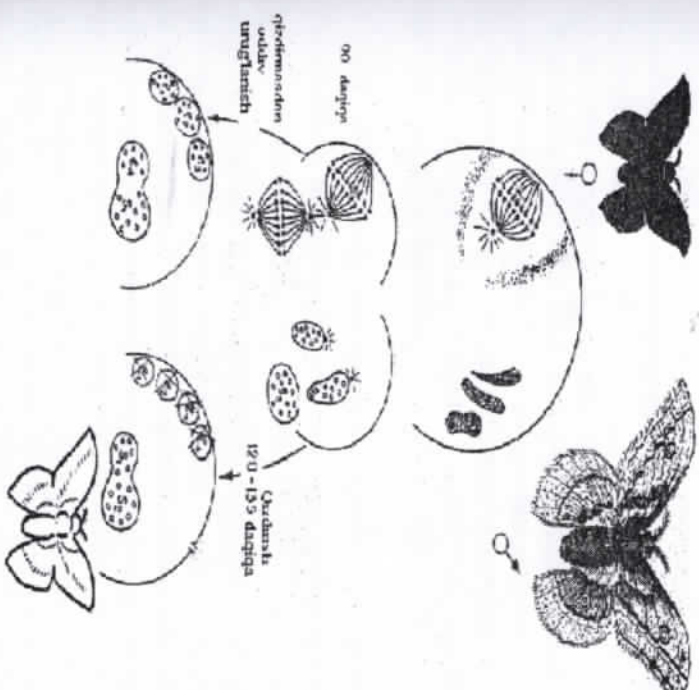
Ammo bu dalilni yadroning yuksak nur sezgirlik oqibati deb bir tomonlama talqin qilib bo'lmaydi. Chunki xromosomalarning zararlanishi, sitoplazmada sodir bo'ladigan zararlanishlar orqali vositalangan bo'lishi ham mumkin. Demak, yadroning hujayra halokatidagi roli haqida yana ham aniq dalillar talab etiladi. Aynan mana shunday dalil Astaurov tadqiqotlarida qo'lga kiritildi (34-rasm).

B.L. Astaurov androgenez (erkaklik partenogenez) fenomenidan foydalanib, (ya'ni, erkak jinsiy hujayraning urug'lanishsiz) organizmni urchitishga muvaffaq bo'ldi¹⁷. Buning uchun dastlab, ipak qurtining urug'lanish va tuxum qo'yishga tayyor urug'ochi kapalaklari 50000 rad doza (bunday doza urug'ochi vakillar va tug'ilmagun tuxumlar yadro

apparati uchun halokati doza) bilan nurlantirdi. Ammo bunday kapalaklar birdaniga halok bo'lmaydi. Ular nurlantirilmagan erkak kapalaklar bilan kopulyatsiyalanib, tuxum tug'adi. Ana shu tarzda tug'ilgan tuxumlardan, ular isitilgandan so'ng (kopulyatsiyalanishdan so'ng androgenezni rag'balantirish maqsadida isitiladi) otalik belgilariga ega qurtlar, g'umbaklanish bosqichidan so'ng esa, o'zida otalik belgilarini to'la mujassamlashtirgan erkak kapalaklar paydo bo'ladi.

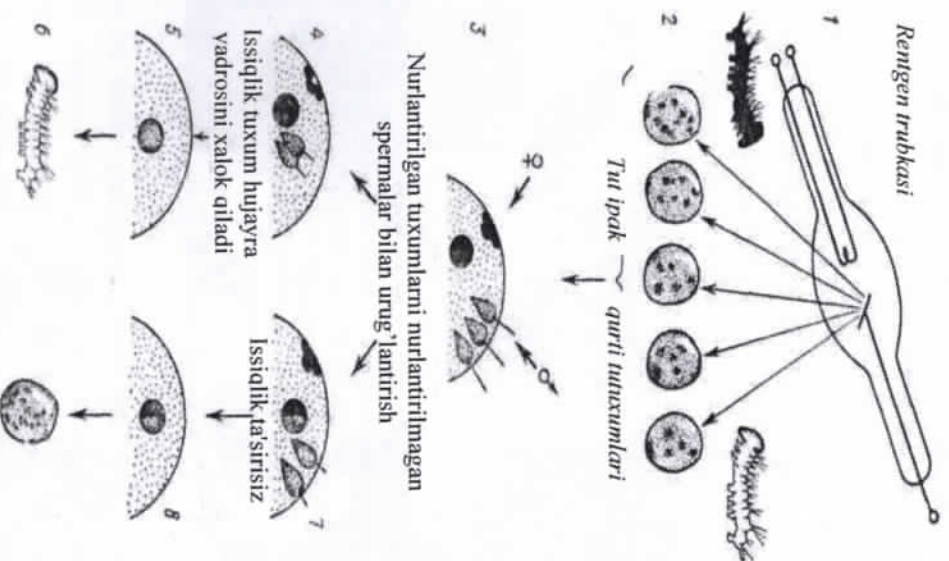


Samog'ibangonliklar tashqi, tut ipak qurti



34-rasm. B.L. Astaurovning eksperimental diploid androgenez tajribasi.

¹⁷ Кн. Г. Ершензона, Б. Л. Астауров, 1983 г. стр. 83. activistudy.info



35-rasm. Urug'lanmagan tuxumlarga (2) ega urg'ochi organizmlarga (1) rentgen nuri ta'sir etilgach, spermatozoidlar ta'sirida kopulyatsiyalanib (3), ularning ma'lum bir qismi isitiladi (4). Buning natijasida nurlantirish olgan tuxum hujayra yadrolari parchalanadi va zigota yadrolari nurlanish olmagani ikkita spermianing yadrosidan shakllanadi (5). Bunday "androgen" zigotalardan yuqori yashovchanlikka ega avlodlar paydo bo'ladi (6). Isitilmagan tuxumlar nurlantirilgan tuxum hujayra va nurlantirilmagan spermialar yadrolaridan iborat zigota (7) esa ma'lum vaqtdan so'ng rivojlanishini to'xtatgan (8) va ulardan lichinkalar shakllanmagan (9).

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'shilib. Tajribada tuxum hujayra yadrosi nurlantirish tufayli buzilganligi uchun, uning o'zini tuxumga kirgan spermatozoidlardan birining yadrosi oladi va u boshqa spermatozoid yadrosi bilan qo'shilib, normal diploid yadro kompleksi hosil qilinadi. Demak, yadro faqat o'talik 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. (35-rasm)

Nazorat savollari:

1. Interfaza halokati deb nimaga aytiladi va unday holatda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?
2. Reproduktiv halokat deb nimaga aytiladi va unday holatda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?
3. Xromosoma aberratsiyasi jarayonini tushuntirib bering.
4. Hujayraning nur ta'siridan sodir bo'ladigan halokati asosida qanday hodisalar sogir bo'ladi?
5. Xromosoma aberratsiyasida qanday holatlar kuzatiladi?
6. B.L.Astaurovning eksperimental diploid androgeniz olish tajribasini mohiyatini tushuntiring.

3.5. Hujayraning nurdan zararlanish modifikatsiyasi

Hujayralarning nurga sezgirlikni turli fizik va kimyoviy omillar ta'sirida, shuningdek, hujayraning biologik xususiyatiga (nasldorligi, metabolitlar miqdori, nafas olish intensivligi, moddalar almashinuvining boshqa protsesslari) ta'sir qilish orqali o'zgartirish mumkin.

Modifikatsiyalovchi omillardan radioterapiyada keng foydalaniladi. Masalan, o'sma kasalliklarining nurga sezgirlikni oshirish va organizmni nurdan himoyalashda.

Radiosenzitivlikni o'zgartiruvchi ta'sirlar hujayraning nurdan zararlanish mexanizmlarini hal qilish imkonini beradi. Agar hujayra ichki jarayonlaridan biri modifikatsiyaga uchrasa va bunda hujayraning

nurga nisbatan turg'unligi o'zgarsa, unda hujayradagi o'zgarishlar asosida uning nurdan zararlanish mexanizmi yotadi.

3.5.1. Reprodukativ halokat modifikatsiyasi

Tez bo'linuvchan hujayralarning radiosezgiriligini ularning nasldorligi, hayot siklining ma'lum bosqichlarida yashovchanligi, hujayra ichki metabolizmini o'zgartirish orqali modifikatsiyalash mumkin. Bundan tashqari reproduktiv halokatga muhimning fizik omillari – harorat, atmosfera tarkibi, nurlantirilayotgan sistemada bir qator kimyoviy agentlarning bo'lishi, DNK nukleotidlarining bromlangan analoglar bilan almashingani ham ta'sir ko'rsatadi.

Hujayraning nurdan zararlanishidagi dastlabki bosqichni o'zgartiruvchi faktorlar. Aniqlanishicha, muhitda kislorod bo'lganda DNKning bitta zanjirining uzilishi va hujayraning letal zararlanishi ortadi. Boshqa modifikatsirolovchi agent – bromdeoksiridin esa DNKga timinning o'rniga keladi. Bunda DNKning bitta zanjirining uzilishi ortadi va radiosezgirlik kamayadi.

Tsisteamin va sistein hujayralarning radiatsiyaga turg'unligini oshiradi va DNKdagi yakka va qo'shaloq uzilishlar soni kamayadi.

Tiklanish jarayonlarini o'zgartiruvchi faktorlar. Hujayra nasldorligi ortganda uning nurlanishga turg'unligi va genetik apparatning zararlanishlarini qayta tiklash xususiyatlari ortadi. Aksincha, ECHU ortishi bilan hujayraning nurdan zararlanishi 2 – 3 barobar ortadi va ularning qayta tiklanish jarayoni qiyin reparatsiyalanadigan zararlanishlar paydo bo'lishi hisobiga sust kechadi.

Nurdan zararlangan hujayralarning qayta tiklanishiga ta'sir qiluvchi bir qator kimyoviy agentlar radiosezgirlikni modifikatsiraydi (Akinomitsin D, siklogeksimit, streptovitatsin A va boshqalar.)

Hujayra populyatsiyasini yoshi bo'yicha taqsimlanishini o'zgartiruvchi faktorlar. Ma'lumki, hujayra siklining turli bosqichlarida hujayralar turlicha radiosezgirlikka ega. Ko'pchilik hujayralar uchun G₂, G₁ oxirlari va M bosqichlari nur ta'siriga beriluvchan hisoblanadi. S oxiri va G₁ boshida hujayralar nurga nisbatan ancha turg'un hisoblanadi. Ba'zi ta'sirlar hujayra siklining ma'lum bir bosqichlarining kechishini o'zgartirishi va bu bilan hujayra populyatsiyasining radiosezgiriligini

modifikatsilashi mumkin. DNK sintezini bloklovchi agentlar hujayralarning G₁ oxiri yoki S boshida to'planishini keltirib chiqaradi. Bunda hujayralar nur ta'siriga nisbatan tez sezgirlikka ega bo'lib qoladi.

3.5.2. Hujayraning interfaza halokat modifikatsiyasi

Bo'linmaydigan va sekin bo'linadigan hujayralar interfazada dastlabki bo'linishga kirgunga qadar halok bo'ladi. Hujayralar halokatiga hujayra ichki metabolizmi va membranalar o'tkazuvchanligining o'zgarishi, yadro materiali degradatsiyasi natijasida morfologik belgilarning paydo bo'lishi sabab bo'ladi.

Fizik agentlar – harorat, atmosferaning gazlar tarkibi va muhit pH radiosezgirlikni o'zgartiradi. Haroratning pasayishi va muhit pHning kamayishi ushbu faktorlarga bog'liq bo'lgan fermentativ xarakterga ega kimyoviy reaksiyalarga ta'sir qilib, interfaza halokatini modifikatsiraydi.

Interfaza halokati hujayralar toza kislorod bo'lgan muhitda nurlantirilganda ortadi. Kislorod azotga almashirilganda radiosezgirlik kamayadi.

Interfaza halokatini modifikatsirolovchi kimyoviy faktorlar 3 guruhga bo'linadi.

Birinchi guruhga "kondensirolovchi agentlar" – agmatin, spermedin, yuqori konsentratsiyalardagi natriy xlorid kiradi. Aniqlanishicha, bu moddalar hujayrani interfaza halokatidan xromatin dispersiyasiga ta'sir qilish hisobiga himoyalaydi. Darhaqiqat, ular bo'lgan sharoitda yadro piknoziyga uchragan hujayralar soni kamayadi. Biroq, agar halokatni KQ ionlarining chiqishi, nafas olishning kamayishi hisobiga babolasak, ular halok bo'ladigan hujayralar miqdorini kamaytirmaydi. Bu esa piknoz xromatin dispersiyasiga bog'liqligini, interfaza halokatining boshqa xususiyatlari esa boshqa jarayonlar bilan bog'liqligini bildiradi.

Ikkinchi guruh o'z tarkibida turli nafas olish jarayoniga ta'sir qiluvchi zaharli moddalarni (tsianidlar, natriy arsenatlar, dinitrofenol, yodatsetat) tutadi. Ular yadro piknoziyga uchragan hujayralar sonini kamaytiradi va nur ta'sirida hujayrada DNK miqdorining kamayishini oldini oladi.

Uchinchi guruhga turli xil metabolitlar kiradi. Ulardan nikotinamid va neorganik fosforning modifikatsirolovchi xususiyatlari keng o'rganilgan.

NAD ning old mahsuloti – nikotinamid, nur ta'sirida yuzaga keladigan yadroning piknozia uchragan hujayralar sonining kamayishiga ta'sir etgani holda, KQ ionlarining chiqishiga ta'sir etmagan.

Xromatin tuzilishi, nafas olish jadalligi va metabolitlar miqdori hujayrani interfaza halokati yuzaga kelishida ma'lum bir vazifani bajaradi.

3.5.3. Hujayraning reproduktiv halokati

Tez bo'linuvchan hujayralar, jumladan, sut emizuvchilarning kultivatsiya qilinadigan hujayralari nurlantirishning o'rtacha dozalari – (1000 raddan oshmagan)da halok bo'ladi. Halok bo'lgan hujayralarning paydo bo'lishi dastlabki mitoz boshlanguncha to'xtab turadi. Hujayraning bo'linish bosqichlari o'zida ionlantiruvchi nurlanish keltirib chiqargan zararlanshlarini ifodalaydi. Tez bo'linuvchan hujayralar halokatida mitozning roli quyida keltirilgan ma'lumotlar bilan tasdiqlanadi.

Nurlantirilgan populyatsiyada halok bo'lgan hujayralar dastlabki, ikkinchi va keyingi postirradiatsion mitotik pikdandan so'ng aniqlanadi. Mitotik pikning yuzaga kelish vaqtiga ta'sir qiluvchi jarayonlar halokaga uchragan hujayralar paydo bo'lishiga ham ta'sir qiladi. Masalan, Glyuksman va Spir¹⁸ ibtaliq ko'zining to'rt pardasini 0,3°C da nurlantirishgan va keyinchalik shu harorada ushlab turishgan. Hujayralar mitotik faolligini yo'qotgan va bitta ham halok bo'lgan hujayra uchramagan. To'qima xona haroratiga ko'chirilganda mitotik faollik qayta tiklangan va mitotiklik bilan bir vaqtda halokaga uchragan hujayralar ham paydo bo'lgan.

Shunday qilib, nurlantirilgan tez bo'linuvchan hujayralar dastlabki mitozga qadar o'zining metabolitik faolligini saqlab, bo'linishga tayyorgarlikni tugatadi, biroq keyinchalik bo'linishga qodir avlodni bermaydi. Hozirgi vaqtga qadar hujayralarning reproduktiv halokati asosida qanday hujayra mexanizmlari yo'itishi aniqlangan emas. Eng keng tarqalgan gipoteza bu xromosomal aberratitsiyasi gipotezasi hisoblanadi. DNKning nurdan dastlabki zararlanshi hujayra faqat mitozni o'tkazgandagina xromosoma aberratitsiyasi holida namoyon bo'ladi.

Ushbu gipotezani hujayralarning nurga sezgirliigi bilan ularning miqdori hamda DNK miqdori o'rtasidagi korrelyatsiya ham tasdiqlaydi.

3.5.4. Hujayraning interfaza halokati

Yuqori proliferativ faollikka ega hujayralar postirradiatsion mitozdan so'ng halok bo'ladi. Nurlantirishdan boshlab, bo'lingunga qadar ular o'z metabolik faolligini saqlaydi.

Sekin bo'linuvchan yoki bo'linmaydigan hujayralar nurlantirildandan so'ng dastlabki vaqtning o'zidayoq (dastlabki bir necha soat yoki dastlabki sutkalar) halok bo'ladi va bu interfazada kechadi. Limfopeniya, limfoid elementlarga boy organlar involutsiyasi, qizil tilik o'zak hujayralari halokati va markaziy nerv sistemasining zararlanshi kabi nur kasalliklari maxsus-hujayralarning interfaza halokati tufayli kelib chiqadi. Interfaza halokatining nurlantirish dozasiiga bog'liqligi reproduktiv halokattan farq qiladi. Tez bo'linuvchan hujayralarda "doza-effekt" sigmoidal egri chiziq holida bo'ladi. Interfaza halokatida esa kichik dozalardan yuqori dozalar o'tilganda egri chiziqda keskin sinishlar kuzatiladi: kichik dozalar qismida yashovchanlik doza ortishi bilan keskin kamayib boradi; yuqori doza qismida yashovchanlik doza ortishi bilan sekin-astalik bilan kamayib boradi.

Halok bo'layotgan hujayralardagi biokimyoviy o'zgarishlar 13-jadvalda keltirilgan. Bu o'zgarishlar 3 guruhga bo'linadi: ATF hosil bo'lishi bilan bog'liq o'zgarishlar; membrana o'tkazuvchanligining buzilishi bilan bog'liq bo'lgan o'zgarishlar; yadro strukturasiining qayta tiklanishi bilan bog'liq o'zgarishlar. ATF sintezining buzilishi hujayralar halokatining dastlabki sababi bo'lishi mumkin. Van Bekkum¹⁹, Potter²⁰ va boshqalar nurlantirilgan hayvonlar jigar, talog'i va boshqa organlari mitoxondriyalarda oksidlanishi fosforlanish izdan chiqishini aniqladilar. Betel fikricha, fosforlanishining susayishiga sabab, ATF sintezi substrati hisoblangan nukleotidlar miqdorining nurlantirish ta'sirida kamayishidir.

¹⁹ J. L. Gammet Основы физической органической химии: скорости, равновесия и механизмы реакций. Пер. с англ. - М.: Мир, 1972. - 534 с.

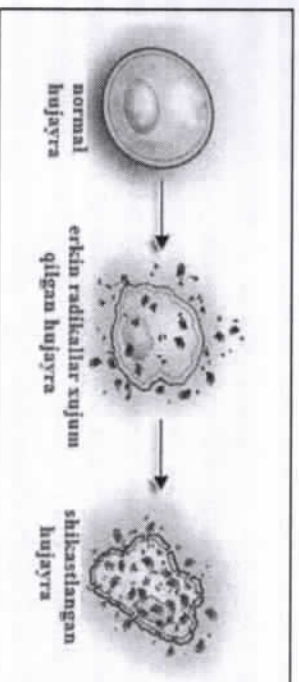
²⁰ Вопросы медицинской химии, 536 стр. Радиационная биология, радиожелатология, Том 45, Изд-во Моск. ун-та, 1982. - 304 с.

Hujayra membranalari o'kazuvchanligining o'zgarishi.

Nurlantirish ta'sirida membrana ega hujayra komponentlarining o'kazuvchanligi o'zgaradi:

- yadro membranalardan K^+ ionlari, gistonlar va bir qator fermentlarning chiqishi kuzatiladi;
- mitoxondriya membranalarda oksidlanishi fosforlanish susayadi;
- sitoplazmatik membranalarda hujayra ichki K^+ ionlari va nukleozidlar miqdori kamayadi.

So'ngi yillarda membrana o'kazuvchanligining o'zgarishi hujayra intertaza halokatining asosiy sabablaridan biriligi aniqlandi. Bak va Aleksanderlar (1963) fikricha²¹, hujayra membranasining radiatsion zararlanishida fermentlarning ajralib chiqishi hisobiga hujayra halokarga uchraydi. Bunga misol qilib, radiatsiya ta'sirida DNK aza II ni lizosomadan sitoplazmaga, yadrodan laktatdegidrogenaza va glitseraldegid-3-fosfaldegidrogenazalarning sitoplazmaga o'tishini, mitoxondriyalardan katalaza va ATF azalarning chiqishini keltirish mumkin.



36-grasm. Hujayraning erkin radiallar bilan zararlanishi.

14-jadval
5-10 Gr nurlantirish olgan tipotistardagi biokimyoviy o'zgarishlar

Nurlantirish hdan keyingi vaqt, soat	Biokimyoviy o'zgarishlar	O'zgarish tipi
0-1	Hujayra va yadrodan KQ ionlarning chiqishi Hujayra va yadrodagi NAD ning kamayishi DNP oqsillari qovushqoqliklarining ortishi Yadrodan gistonlarning chiqishi "SH" yadro guruhlar sonining ortishi Yadrodagi fosforlanishning kamayishi Yadro oqsillari sintezining ortishi Eruvchan DNK ning ortishi DNK qovushqoqligining kamayishi Yadro va hujayrada ATF ning kamayishi Mitoxondriyalarda oksidlanishi fosforlanishning kamayishi Laktat hosil bo'lishining ortishi Piknozi yadrolarning hosil bo'lishi Yadro oqsillari sintezining kamayishi Hujayra ichki ribonukleozidlarining kamayishi Hujayra ichki dezoksiribonukleozidlarining kamayishi Hujayra ichki va yadro fermentlarining kamayishi Kislorodni iste'mol qilish tezligining kamayishi	b, v b, v v b, v v a, v v b, v v a, b, v a a v v b, v b, v b, v b, v b
1-2		
2-4		

*o'zgarishlar tipi guruhlar bo'yicha: a – ATF hosil bo'lishi bilan bog'liq biokimyoviy o'zgarishlar; b – membrana o'kazuvchanligi bilan bog'liq biokimyoviy jarayonlar; v – yadro dezorganizatsiyasi bilan bog'liq biokimyoviy o'zgarishlar.

²¹ Бак З., Александр Л. Основы радиобиологии. Пер. с англ. М.: Изд-во Иностран. лит. 1963 г. 500 с.

Yuqoridagilarga asosanib, V.K. Mazurik hujayraning reproduktiv va interfaza halokatining radiatsion-biokimyoviy mexanizmi sxemasini ishlab chiqdi (6-chizma)²².

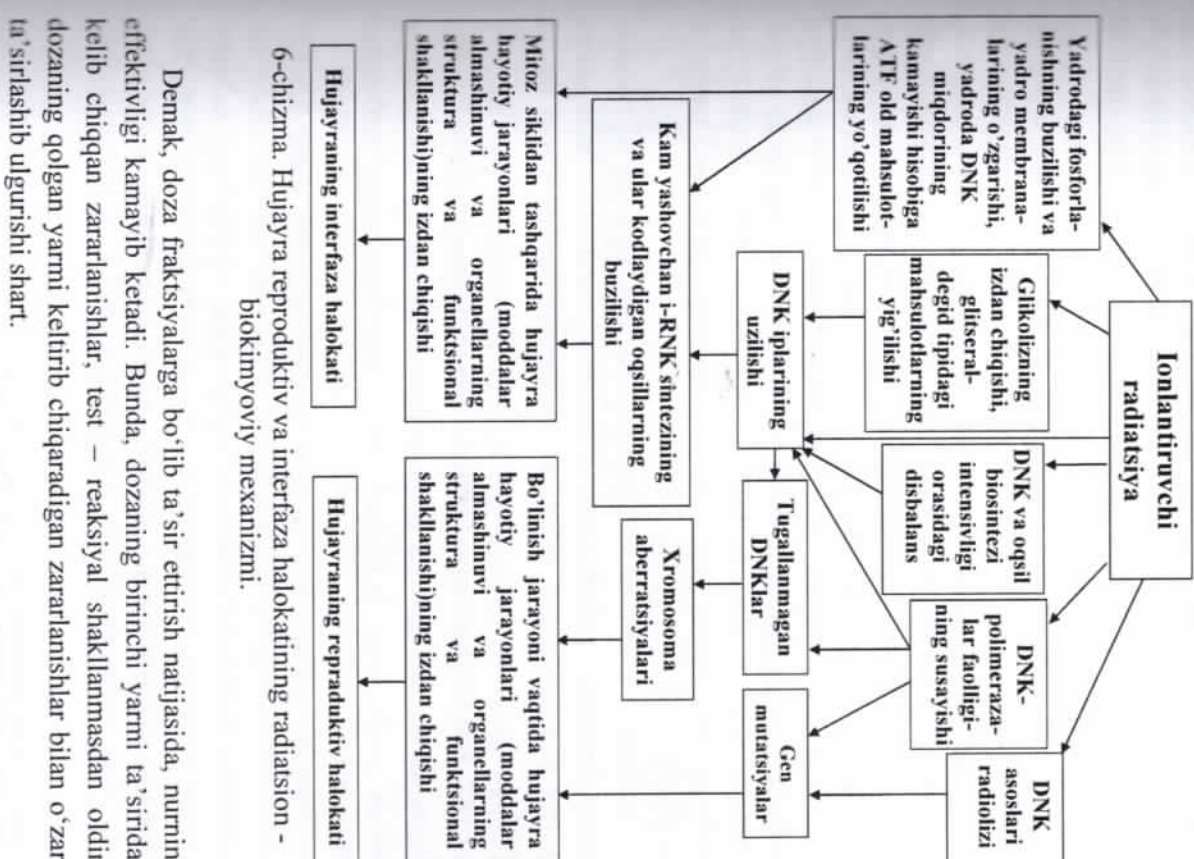
Nazorat savollari:

1. Hujayraning nurdan zararlanishidagi dastlabki bosqichni o'zgartiruvchi faktorlarni aytib bering.
2. Tiklanish jarayonlarini o'zgartiruvchi faktorlarni aytib bering.
3. Hujayra populyatsiyasini yoshi bo'yicha taqsimlanishini o'zgartiruvchi faktorlarni aytib bering.
4. Interfaza halokati hujayralar qanday muhitda nurlantirilganda ortadi va qanday muhitda radiosezgirlik kamayadi?
5. Interfaza halokatini modifitsirlovchi kimyoviy faktorlarni tavsiflab bering.
6. Nurdan zararlangan hujayralarning qayta tiklanishiga ta'sir qiluvchi kimyoviy agentlarni sanab bering.
7. Hujayraning reproduktiv halokati jarayonini tushuntirib bering.
8. Hujayraning interfaza halokati jarayonini tushuntirib bering.

3.6. 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 nurlantirildan keyingi davrda) oziq moddalari bilan ta'minlanish darajasiga ham bog'liq bo'ladi.

Ionlantiruvchi nur dozasi fraktsiyalarga bo'lib berilganda, masalan, LD₅₀, muayyan bir vaqt intervali bilan ikkiga bo'lib ta'sir ettirilganda, shunday bir vaqt intervali (Δt) tanlab olinishi kerakki, uning davomida nurning yig'indi ta'siridan tirik qolish 50% dan ko'p bo'lib chiqsin.



6-chizma. Hujayra reproduktiv va interfaza halokatining radiatsion-biokimyoviy mexanizmi.

Demak, doza fraktsiyalarga bo'lib ta'sir ettirish natijasida, nurning effektivligi kamayib ketadi. Bunda, dozaning birinchi yarmini ta'siridan kelib chiqqan zararlanishlar, test – reaksiyal shakllanmasdan oldin, dozaning qolgan yarmini keltirib chiqaradigan zararlanishlar bilan o'zaro ta'sirlashib ulgurishi shart.

Vaqt o'tishi bilan dozaning birinchi yarmini keltirib chiqqan zararlanishlarning ikkinchi fraktsiya keltirib chiqqan zararlanishlar

²²Мазурик В.К., Михайлов В.Ф. О некоторых молекулярных механизмах основных радиобиологических последствий действия ионизирующих излучений на организмы млекопитающих // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т. 39, №1. – с. 91 – 98.

bilan ta'sirlashish imkon kamaya boradi. Ta'sirlashish yuz bermaganda, har bir reaksiyal chaqiradigan zararlanishlar test — reaksiyaga 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 sharoitining buzilishi natijasida bo'linishdan to'xtagan, tirik qolish esa oshgan. Mazkur dalil nurlantirish natijasida sodir bo'ladigan zararlanishlar, sharoitga bog'liq holda. test — reaksiyal shaklida ruyobga chiqishi yoki chiqmasligi mumkin, deb talqin etiladi. Bunday zararlanishlar **potentsial zararlanish** deb ataladi. Och qoldiriladigan muhida hujayralar yashovchanligining oshishi potentsial zararlanishlarning reparatsiyasi bilan bog'liq.

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

3.7. Hujayralarning subletal zararlanishlardan qayta tiklanishi

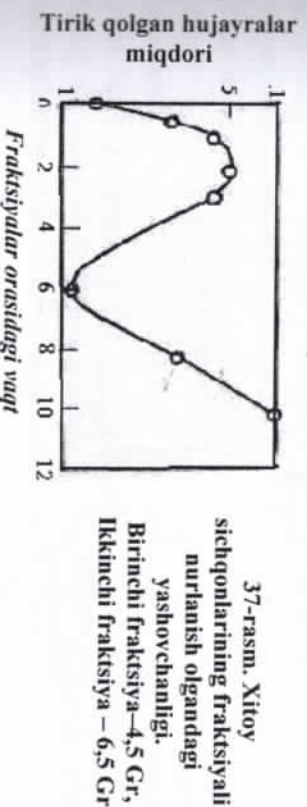
Hujayralarning subletal zararlanishlardan tiklanishiga oid qarashlar dastlab 1960 yilda M.Elkind²³ va uning hamkasblari tomonidan o'rganilgan.

Reparatsiyaning ushbu turini o'rganishning asosiy usullaridan biri bu — dozani bir necha fraksiyalarga bo'lib, turli xil vaqt oraliq'ida uzatishdir. 36-rasmda xitoy oq sichqonlarida o'tkazilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Nurlantirishning 2 soat vaqt intervalidagi oraliq'ida hujayralar yashovchanligi 3 barobar ortgan. Intervallning ortishi (>2 soat) bilan yashovchanlikning kamayishi kuzatilib, u hujayralarning

radiorezistent (turg'un) bosqichidan nurlanishga sezgir bosqichiga o'tganligi bilan tushuntirildi.

Darhaqiqat, dastlabki 4,5 Gr nurlanish berilganda asosan S — faza (nurga chidamli)dagi hujayralar tirik qolib, ular 2% ni tashkil qilgan. Bir necha soatlardan so'ng bu hujayralar nisbatan nurga sezgir bo'lgan G₂ va G₁ fazalarga o'tadi.

Birinchi nurlantirish berilgandan so'ng 8 soatdan keyin hujayralar yashovchanligining ortishi bu davrga kelib hujayralarning bo'linishga kirgani bilan izohlanadi.



Xitoy oq sichqonlarida subletal zararlanishlardan qayta tiklanish to'liq 2 — 3 soatda oxiriga etadi. Boshqa hujayralarda bu interval bir qancha uzunroq vaqtni o'z ichiga olishi mumkin: sichqonlar suyak kemigida u 5 — 6 soatga teng.

Hujayralar suspenziyasining ikkinchi qismi nurlantirilgandan so'ng 48 soat 300 C⁰ haroratda och qoldiriladi va so'ngra ozuqa muhitiga ekinadi. Aniqlanishicha, birinchi holatda nurlanish olgan hujayralarning faqat 0,2% tirik qolgan holda, ikkinchi holatda tirik qolgan hujayralar 40% ni tashkil etgan (37-rasm).

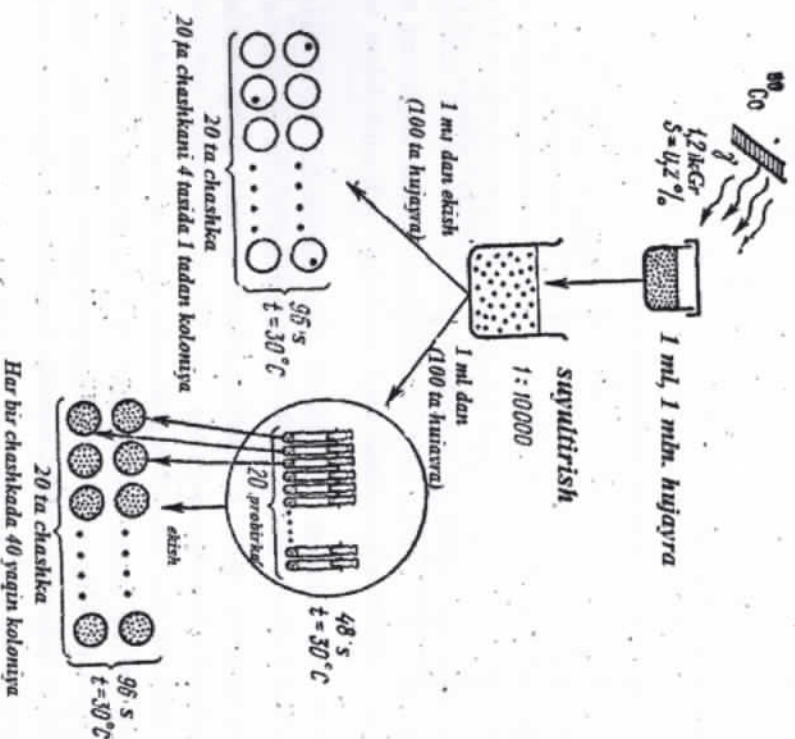
3.8. Hujayralarning potentsial letal zararlanishlardan qayta tiklanishi

Nurlantirilgan hujayralarning keyingi taqdiri tashqi muhit omillari va fizik-kimyoviy jarayonlarga bog'liqligi turli ob'ektlarda va turli yillarda isbotlangan. Jumladan, 1949 yillarda F.Sherman va G.Cheyz²⁴ nurlanish olgan achitqi hujayralarning yashovchanligi, ular ozuqa

²³ The radiobiology of cultured mammalian cells. Mortimer M. Elkind, Gordon F. Whitmore, American Institute of Biological Sciences Gordon and Breach, 1967. pp. 170-240. Первые и начальные процессы биологического действия радиации. Изд-во Академии наук СССР, 1963 стр 140-144

²⁴ История биологии с начала двадцатого (XX) века до наших дней. Наука, 1975 г.

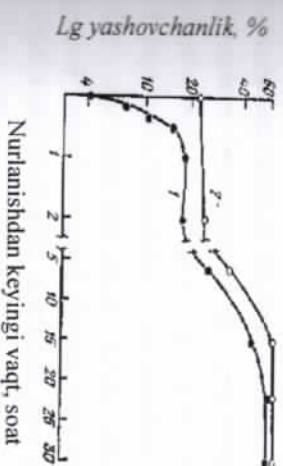
muhitiga nurlantirish o'lgandan so'ng darhol tushirilmay, balki ma'lum muddat bufer eritmada tutilib, keyin tushirilgach oshishini aniqladilar. Biroq ular buning sababini zararlannagan achitqi hujayralarining tezlikda bo'linishida deb noto'g'ri talqin qiladilar. Faqatgina 1959 yilga kelib, V.I.Korogodin yuqoridagi fenomeni takrorlab, uning to'g'ri talqinini topishga muvaffiq bo'ldi.²⁵



38-rasm. V.I.Korogodin tadqiqotlarining sxematik ko'rinishi: achitqi hujayralarining postiradiatsion tiklanishi.

Tajribalar quyidagicha o'tkazildi, Megri-139V achitqi shtamplari 1,2 kGr dozada γ -nurlari bilan nurlantirildan so'ng hujayralar

suspensiyasi 1 : 10 000 nisbada suyultirildi va ikki qismga ajratildi. Bir qismi nurlantirildan so'ng darhol Petri likopchasidagi ozuqa muhitiga ekilib, 300 C⁰ haroratda 96 soat tutiladi va koloniyalar soni 1981 yilga kelib, A.V.Glazunov va Yu.G.Kaputsevich²⁶ achitqilarda *tez postiradiatsion tiklanishi* aniqladilar (38-rasm). Aniqlanishicha, nurlanish olgan diploid achitqilarning yashovchanligi ozuqa muhitida 8 yoki 10 % NaCl bo'lganda haroratga bog'liq holda turlicha bo'lgan: haroratning 20 dan 3-0°C gacha tushirishi yashovchanlikning kamayib ketishiga olib kelgan. 0°C da nurlantirilgan hujayralar suvda 280°C da 30-40 minut tutilib turilgach, ularning yashovchanligi sezilarli ravishda oshgan. Hujayralar xona haroratida nurlantirildan yoki ular standart ozuqa muhitiga ekilganda, hujayralar hayotchanligining tez tiklanishini kuzatib bo'lmaydi. Chunki bunday sharoitlarda hujayralar reparatsiyalanib ulguradi. 38-rasmida nurlantirilgan achitqi hujayralari suvda 280°C haroratda ushlab turilgach, ular tuzli (10 % NaCl) (1-egri chiziq) va standart (2-egri chiziq) ozuqa muhitiga ekilganda vaqtga bog'liq holdagi yashovchanlik egri chiziqlari keltirilgan.



39-rasm. Saccharomyces cerevisiae diploid achitqi hujayralarining 40 Gr dozada γ -nurlantirildan tez (1) va sekinlik (2) bilan hayotchanligini tiklashi.

Dastlabki 30-40 minutda tuzli muhitdagi hujayralar yashovchanligining turg'un ko'rsatkichga kelguncha keskin o'rtishi kuzatiladi va keyingi bir-ikki soat davomida saqlanib qoladi. Bu esa tez postiradiatsion tiklanish tugaganidan dalolat berib, endi yashovchanlik sekin tiklanish evaziga amalga oshadi va 40-50 soatdan so'ng o'z yakuniga etadi. Nurlantirilgan hujayralar standart ozuqa muhitiga ekilganda hujayralar yashovchanligining sekin tiklanishi kuzatiladi.

²⁵ Корогодин В.И., Проблемы пострадиационного восстановления, Москва, 1964 г.

²⁶ Глазунев А.В., Капустевич Ю.Г., Радиобиология, Том 22, 1962 г. стр. 62-69.

Tez tiklanish nafaqat γ –nurlanishdan so'ng, balki ^{239}Pu ning α – zararchalari bilan nurlantirilganda ham kuzatiladi. Hujayralarning nurlantirish olgandan keyingi tez va sekin tiklanish jarayonlari faqat diploid hujayralarda kuzatilib, gaploid hujayralarda uchramasligi esa ularning diploid hujayralarga nisbatan yuqori radiosezgiriligi bilan tushuntiriladi.

Nazorat savollari:

1. Hujayraning subletal zararlanishi deb nimaga aytiladi, jarayoni tushuntirib bering?
2. Hujayraning potentsial zararlanishlari deb nimaga aytiladi, jarayoni tushuntirib bering?
3. Hujayralarning subletal zararlanishlardan tiklanishiga oid qarashlar qachon va kim tomonidan o'rganilgan?
4. V.I.Korogodinning achiqi hujayralarning postradiatsion tiklanishi bo'yicha tadqiqotlarini izohlab bering.
5. Achitqilardagi tez postradiatsion tiklanishni kimlar qachon aniqlaganlar?
6. Hujayralarning nurlantirish olgandan keyingi tez va sekin tiklanish jarayonlarida qanday hujayralar kizatiladi va nima uchun?

3.9. 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 **hujayraviy 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 strukturasi qayta tiklaydi.

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

DNK reparatsiyasi ancha mukammal o'rganilgan bo'lsa, hujayra membranasining reparatsiyasi uncha yaxshi o'rganilmagan. Turli

turliklarga ega strukturalar zararlanishining qayta tiklanishi uchun maxsus reparatsiya sistemalari talab etilmaydi.

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

DNK ultrabinafsa nurlar, kimyoviy agentlar va kanserogen moddalar ta'sirida zararlanadi. Bu omillarning ta'sir mexanizmlari turlicha bo'lsa-da, ular tufayli DNK da 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 hujadagi hozirgi zamon tasavvurlari bakterial sistemalardan olingan ma'lumotlarga asoslangan.

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

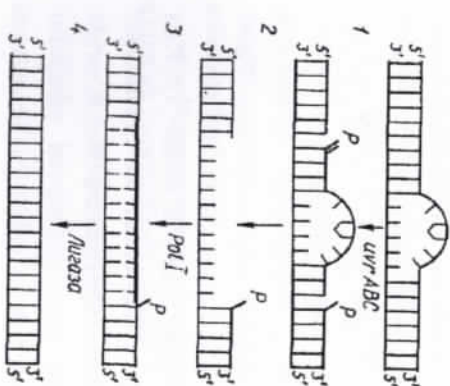
Pirimidin dimeri va boshqa bir qator zararlanishlar, fotoreaktivlovchi fermentlar ishtirokisiz ham, qorong'ida **eksisizion** reparatsiyalanish mexanizmi yordamida tiklanishi mumkin (40-rasm).

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

Intsiziya – endonukleaza fermentlari tomonidan amalga oshiriladi. Pirimidin dimerlarining eksisizion reparatsiyasi, DNK ipini 5 (- uchidan hosilab parchalovchi, mahsus endonukleaza tomonidan amalga

oshiriladi. Endonukleotid uzilishlar intiziviyasi γ -indo-nukleaza tomonidan amalga oshiriladi.

Eksistiziya – 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. Eksistiziya endonukleaza faolligi ta'sirida amalga oshadi. Masalan, bakteriyalardagi pirimidin dimerining eksistizion reparatsiyasida, shu xil faollikka ega DNK polimeraza ishtirok etadi. Bundan tashqari, yana bir nechta endonukleazalar ham ma'lum.



40-rasm. DNK eksistizion reparatsiyalanish jarayonining sxemasi (tavsiiloti matnda).
1-uvr ABC genlar mahsuloti zararlangan joy (pirimidin dimer)-ning ikki tomonidan qirg'ish hosil qiladi;
2-ekzonukleaza bo'sh joy hoil qiladi;
3-polimeraza(Pol I) zararlangan janzirdan matrisa sifatida foydalanib, bo'sh joyini to'ldiradi;
4-ligaza sintezlangan fragmentni 3', 5' uchlari muvofiq qilib ulaydi.

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

Eksistizion reparatsiya yangidan sintezlangan fragmentning DNK ipiga ulanishi bilan oxiriga etadi. Bu ishini DNK ligaza bajaradi.

3.10. Reparatsiyaning molekulyar mexanizmi

Amalga oshish vaqtiga qarab reparatsiyaning quyidagi turlari farqlanadi:

- replikatsiyaga qadar reparatsiya;
- postreplikativ reparatsiya;
- replikativ reparatsiya.

Replikatsiyaga qadar reparatsiya DNKning ikki miqdor oshishiga qadar sodir bo'lib, u yakka va qo'shaloq uzilishlarning qayta tiklanishi va zararlangan azot asoslarining eksistiziyasi hisobiga amalga oshadi.

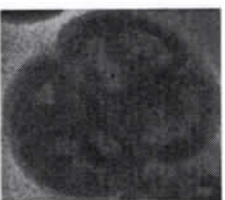
Yakka uzilishlarning qayta tiklanishida bir qancha fermentlar ishtirok etadi. Oddiy hollarda uzilishlar ligaza fermenti yordamida qayta tiklanishi mumkin. Birmuncha murakkab hollarda, o'z tarkibiga spetsifik endonukleaza va ekzonukleazalarni, DNK – polimerazani, DNK – ligazani, shuningdek, DNK uchlarni reparatsiyaning oxirgi akti – ligazaning ulanishiga tayyorlovchi yordamchi fermentlar kompleksini tutuvchi reparatsiyaning to'liq enzimatik tizimi talab qilinadi.

Bakterial DNK da o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida yakka uzilishlar reparatsiyasining uch turi – **o'ta tez, tezkor va sekin** turi aniqlangan. O'ta tez reparatsiya 1-2 minut oralig'ida o'z yakuniga etadi. A.I. Gaziev²⁷ aniqlashicha, bu jarayonda faqat DNK – ligaza ishtirok etadi. Tezkor reparatsiya DNK-polimeraza I yordamida amalga oshib, o'ta tez reparatsiyadan so'ng qolgan uzilishlarning 90% gachasini qayta tiklaydi. Yarim uzilishlarning qayta tiklanish davri haroratga bog'liq holda 1 dan 10 minutgacha bo'lgan oralig'ni tashkil qiladi. Sekin reparatsiya o'ta tez va tezkor reparatsiyadan so'ng qolgan uzilishlarni qayta tiklab, 40 – 60 minutda o'z yakuniga etadi.

DNK zanjiridagi qo'shaloq uzilishlar dastlab D.radiodurensda aniqlanib²⁸, so'nggi yillarda bu fenomen sutemizuvchilar hujayralarida ham topilgan. DNK molekulasini nurlantirilganda unda zanjirdagi uzilishlar bilan birga azot asoslarining ham zararlanishi kuzatilib, u **eksistizion reparatsiya tizimi** orqali qayta tiklanadi. Dastlab zararlangan uchastka γ -endonukleaza yordamida taniyadi, so'ngra bu uchastka kesib olinadi (intiziviy), keyin zararlangan zanjirda ekzonukleotik degradatsiya kechib, zararlangan qism qarshisiga zararlangan nukleotidlar ketma – ketligi joylashadi. Va nihoyat, DNKning zararlangan qismidan zararlangan zanjirda DNK-polimeraza I va polinukleotid ligaza yordamida komplementar ravishda reparativ sintez kechadi.

²⁷ Kott antropob. Mikroorganizmlar, Tom 49, Hayka, 1987 r. str. 715.

²⁸ B. W. Brooks, R. G. E. Murray. Nomenclature for "Microcococcus radiodurans" and Other Radiation-Resistant Cocci: Deinococcaceae fam. nov. and Deinococcus gen. nov., including Five Species - 1981 - Vol. 31, № 3, P. 353-360.



Bakteriya, tip: *Deinococcus-Thermus*, Sinfi: *Deinococci*, Gariy and Holt 2002, Tartib: *Deinococcales*, oila: *Deinococcaceae*, turkum: *Deinococcus*, tur: *Deinococcus radiodurans*. Xalqaro ilmiy nomi: *Deinococcus radiodurans* (EX RAJ ET AL. 1960) (Brooks and Murray 1981)

Postreplikativ reparatsiya mexanizmi to'liq o'rganilmagan bo'lib, bunda sutemizuvchilarning ba'zi hujayralari pirimidin dimerlarini oson yo'qotish xususiyatiga ega bo'lishiga qaramay, yuqori doza birliklarida o'z hayotchanligini saqlab qolishi muhim ahamiyat kasb etadi. 1962 – 1964 yillarda V.I.Korogodin²⁹ achiq hujayralarining G₁ fazada qayta tiklanishi nafaqat DNKning postradiatsion sintezi va undan oldingi davrda, balki undan keyin ham kechishini aniqlagan. Potentsial zararlanshlar yadroning dastlabki postradiatsion bo'linishi hisobiga qaytmas shaklga o'tadi.

V.E.Komar va K.P.Xanson³⁰ fikricha, postreplikativ reparatsiya bu to'liq tiklanish jarayoni bo'lmay, balki zararlantirishlarni susaytirishga qaratilgan jarayon bo'lib, bunda hujayra DNKdagi xatoliklarga qaramay o'z hayotchanligini saqlaydi.

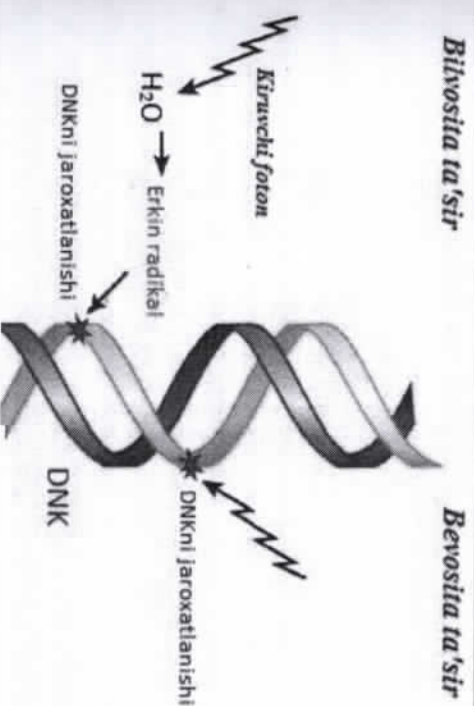
Replikativ reparatsiya – bu DNKning replikatsiya jarayonida qayta tiklanishi bo'lib, u elongatsiya jarayonida zanjirning zararlangan qismini olib tashlashga asoslangan.

Reparatsiyaning yuqorida ko'rsatilgan asosiy turlaridan tashqari yana boshqa turlari ham aniqlangan.

Indutsebel reparatsiya, SOS – reparatsiya. DNKning postreplikativ reparatsiyasida normada hujayrada mavjud bo'lishi kerak bo'lmagan, DNK ning indutirlangan zararlanshidan hosil bo'lgan gen mahsulotlari ishtirok etadi. Biroq reparatsiyaning bu turining mexanizmi to'laigicha aniqlangan emas.

Bir bosqichli DNK reparatsiyasi. Bu zararlangan DNKning eng oddiy reparatsiyalaridan biri hisoblanadi. Masalan, purinli uchastkalar

insertaza fermenti ta'sirida mos keladigan asos bilan to'ldiriladi. Modifikatsionchi asoslar DNK degradatsiyasiz undan ajralib, bu jarayonni N – glikozilaza fermenti amalga oshiradi.



41-rasm. Ionlantiruvch nurlarni DNKga ta'siri sxemasi

Hujayra membranalar reparatsiyasi. Hujayralarga ionlantiruvchi radiatsiya ta'sir etganda undagi membra jarayonlari izdan chiqadi: membrana potentsiali, o'tkazuvchanligi, membrana bog'lovchi fermentlar faolligi o'zgaradi. Vaqt o'tishi bilan bu o'zgarishlar sezilmay qoladi, chunki membrana o'z holatiga qaytadi. Bu holatni membranalarining struktura va funksional faolligini tiklash bilan tushuntirish mumkin. Membranalar reparatsiyasi uning zararlangan komponentlarini yo'qotishga qaratilgan bo'lib, bunga membrana strukturalari tarkibini o'zgartirish organi erishiladi. Bunday yangilanish doimo kuzatiladi. Membrananing olib tashlangan uchastkalari o'ziga endoplazmatik to'r elementlari yordamida yangi elementlar qo'yiladi. Natijada hujayrada doimiy membranalar oqimi yuzaga kelib, u membrananing u yoki bu komponentining yarim tiklanish vaqtini ifodalaydi. Hujayralar nurlantirilganda dozalarining ma'lum bir

²⁹ Корогодин В.И. Восстановление клеток от повреждений. - М.: Знание, 1976 г.

³⁰ Комар В.Е., Хансон К.П., Информационные макромолекулы при лучевом повреждении клеток. М., 1980 г.

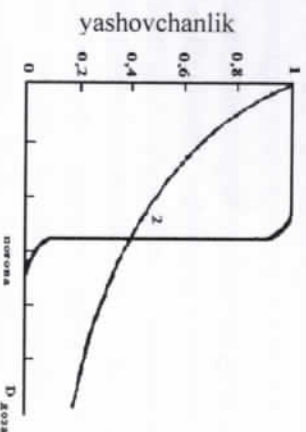
intervalida membrana oqimi tezligi ortadi, buni membrananing mahsus komponentlarining sintezlanish tezligining ortishi ham ifodalaydi.

Nazorat savollari:

1. Hujayraviy reparatsiya va DNK reparatsiyasi deb nimaga aytiladi?
2. Ekstenzion reparatsiya jarayonini tushuntirib bering.
3. Intsiziya va eksstiziya jarayonlarini tushuntirib bering.
4. Replikatsiyaga qadar reparatsiya jarayonini tushuntirib bering.
5. Postreplikativ reparatsiya jarayonini tushuntirib bering.
6. Replikativ reparatsiya jarayonini tushuntirib bering.
7. Indutsebel reparatsiya, SOS – reparatsiya va bir bosqichli DNK reparatsiyasi jarayonlarini tushuntirib bering.
8. Hujayra membranari reparatsiyasi jarayonini tushuntirib bering.

3.11. Tegish, nishon va kuchaytirish prinsiplari

Hujayralar yashovchanligining nur dozasi-ga bog'liqligini tasvirlovchi egri chiziq shaklan ularning zaharli moddalar ta'siridan halok bo'lish jarayonining zaharli modda konsentratsiyasiga bog'liq aloqasini aks ettiruvchi egri chiziqdan keskin farqlanadi (42-rasm).



42 – rasm. Hujayralar tirik qolishining zaharli modda konsentratsiyasi (1) va ionlantiruvchi nur dozasi-ga (2) bog'liqligi aks ettiruvchi egri chiziqlari.

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

Radiobiologik paradokslarni izohlashda ikki xil yondashish kelib chiqadi. Birinchi yondashish – tegish prinsipi bo'lib, unga ko'ra ta'sirlashuvchi agent energiyani diskret holda yutadi. Ikkinchi yondashish nurlanish olayotgan ob'ekt hujayralari xususiyatlari – uning fizikaviy funksional jihatdan geterogenligi va shu asnosida, tushayotgan nurga javoblarning turlichaligini izohlashga qaratilgan – nishon prinsipi.

Yigirmanchi yillar boshiga kelib, F. Dessauer³¹ nurlanishning fizikaviy ta'sirlaridan kelib chiqqan holda, ularning biologik ob'ektlarga ko'taradigan ta'sir effektlari yuzasidan izlanishlar olib bordi. U o'z izlanishlari asosida quyidagicha xulosaga keldi:

1. Ionlantiruvchi nurlar ko'rinishi va ultrabinafsha nurlarga nisbatan energetik jihatdan ekvivalent dozaga bog'liq holda juda kichik hajmli zichlikka ega;
2. Rentgen yoki γ – nurlanish fotonlari, tezlashgan elektronlar yoki og'ir zaryadlangan zarra-halar katta energiyaga ega bo'lib, bu energiya miqdor jihatdan har qanday kimyoviy bog' energiyasidan katta bo'ladi;
3. Nurlantirilayotgan biologik ob'ekt, masalan, hujayra bir tomondan hayot uchun ma'nosiz va ikkinchi tomondan mavjud bo'lishi shart bo'lgan mikroob'ekt va strukturalardan iborat;
4. Nurlantirilayotgan biologik ob'ekt umumiy hisobda juda kichik – sezilmas darajada summar energiyaga ega bo'lsada, biroq uning mikro-hajmlarida u ko'p miqdorda mahsus portsiyalar – kvantlar holda adsorbsiyalanadi. Natijada, biologik ob'ektlarda mikrolokal isish yuzaga keladi. Shuning uchun ham bunga "nuqtali isish" gipotezasi deyiladi;
5. "Nuqtali isish" gipotezasining tarqalishi statistik xarakterga ega ekanligini hisobga olsak, hujayradagi eng so'nggi barcha effektlar yig'indisi hujayra ichidagi hayot uchun muhim bo'lgan strukturalarga tushadigan tasodifiy tegishlar energiyasining diskretligiga bog'liq bo'ladi. Doza miqdori ortishi bilan bunday tasodifiy tegishlar ehtimolligi o'rtib boradi, doza miqdori kamaysa esa, aksincha, tegishlar ehtimolligi kamayadi. Bundan quyidagicha xulosaga kelish mumkin, har qanday kichik miqdordagi doza kam ehtimollik va kichik chastotada ekstremal

³¹ Rajewsky B. Friedrich Dessauer (1881—1963), Strahlentherapie, Bd 121, S. 1, 1963.

biologik effekt (masalan, hujayra halokati yoki inaktivatsiyasi)ga olib kelishi, juda yuqori dozada kam ehtimollik va kichik chastotada ham ba'zi hujayralar zararlanmay saqlanishi mumkin.

F. Dessauer³² o'z izlanishlari natijasida quyidagini aniqlaydi: nurlanishga qarshi hujayraning so'nggi javob reaksiyasi hayot uchun ahamiyatli bo'lgan strukturalar – nishonlarga tasodifan tushadigan energiyaning diskret portsiyasiga bog'liq. Radiobiologik reaksiyalarning miqdoriy xususiyatlarini kuzatish orqali u quyidagilarni aniqladi:

- ionlantiruvchi nurlar energiyani diskret holda uzatadi;
- ta'sirlashish agentlari (tegishlar miqdori) bir-biriga bog'liq emas va u puasson taqsimotiga bo'yusnadi;
- kutilayotgan effekt nurga ta'sirchan qism – nishonga tushadigan "tegishlar soni" n – ga teng bo'lganda amalga oshadi.

Tegish prinsipi va unga asoslangan nishon nazariyasi D.A. Krouzer³², N.V. Timofeev – Ressovskiy, K. Tsimmer³³, D.E. Li³⁴ va boshqalar ishlarida yanada rivojlandi.

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

Nishon prinsipi. Hujayra struktura va funksional jihatdan geterogenligi bilan ajralib turadi. Shu munosabat bilan bu prinsip, nurning muayyan bir sohaga (nishonga) kelib tegishi, energiyaning muayyan bir struktura uzatilishi, hujayra faoliyatini o'zgartirish orqali nurdan zararlanishning avj olishini belgilaydi, deb ta'kidlaydi. Nishon nazariyasiga ko'ra, tegishlar soni nurlantirish dozasi ga to'g'ri proporsionaldir. Shuning uchun dozalarning ma'lum bir diapozonida zararlangan nishonlar soni dozaga yoki tegishlar soniga qat'iy proporsionaldir, zero ularning barchasi emas, balki ma'lum bir

qismigina zararlanadi. Yuqoridagilarga asosan, effektning dozaga bog'liqligi to'g'ri chiziq ko'rinishiga ega bo'ladi.

Doza miqdorining ortishi bilan aynan bir nishonning zararlanishi tegishlar sonining ortishi bilan ortib boradi, tegishlar soni ortib borishi natijasida u miqdor jihatdan nishonlar sonidan ham ortib ketadi. Shuning uchun tegishlarning umumiy soni dozaga to'g'ri proporsional bo'lishiga qaramay, ularning effektivligi kamayadi va zararlangan nishonlar soni sekinlik bilan ortib borib, asimptotik ravishda yuz foizga yaqinlashadi. Boshqacha qilib aytganda, yashash qobiliyatiga ega birliklarning miqdori doza ortishi bilan geometrik progressiyaga asosan kamayib boradi, grafik jihatdan eksponentsial egri chiziq holida ifodalanadi (42-rasm.A). Grafik turzda yashab qolgan ob'ektlarni logarifmik tarzda ifodalash qulay hisoblanadi (42-rasm.B).



43-rasm. Radiobiologik effektning grafik ko'rinishi.
A - oddiy masshtab.
B - yarimlogarifmik masshtab

Kuchaytirish prinsipi. Bu prinsipga 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.

Umumiy holda, tegish va nishon prinsiplari, muayyan bir hujayraviy nishonning zararlanishidan iborat shartli reaksiyani ko'zda tutadi va yuqoridagi test – effektini nur ta'siriga javoban kelib chiqadigan reaksiyal o'lchov birligi sifatida qabul qiladi. Har bir reaksiyal, muayyan bir nishonning zararlanishiga mos keladi. Tegish va nishon prinsiplari

³² Кудряшов Ю. Б. Основные принципы в радиобиологии // Рад. биол. Радиоэж. - 2001. Т. 40, № 5, с. 531.

³³ Н.В. Тимофеев-Рессовский, К. Циммер. Биология. Часть 1. Принципы популяции в биологии. М.: 1947 г.

³⁴ Ли Д.Е. Действие радиации на живые клетки. - М.: Госатомиздат, 1963. - 288 с.

proliferativ halokatni 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 prinsipi ga ko'ra, DNK molekulasidagi molekulyar zararlanishlar soni, replikasiyalanish evaziga oshib boradi. Bundan tashqari, zararlangan matrisaning transkripsiyalanishi natijasida, xatolar ham transkripsiyalanadi. Ular, o'z navbatida, translokatsiya orgali oqsillarga beriladi. Strukturaviy buzilishlar natijasida, yo'qolgan funksional qobiliyat, endi hujayraning o'sha funksiyasiga mos ehtiyojini ta'minlay olmaydi. Takroriy transkripsiya va translyatsiyalar avj olib, ular dastlabki yagona zararlanishning ko'payib ketishiga sabab bo'ladi.

Kuchaytirilish prinsipi – 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'rta sezgirlikka ega organizm 10 Gr ga teng halokat dozasi qabul qilganda, yutilgan radiatsiya dozasi ning issiqlik ekvivalenti har gramm to'qimaning haroratini bor – yo'ki 0,002°C ga ko'tara oladi, xolos.

Tegish prinsipi ga ko'ra, nur bilan modda o'rtasida amalga oshadigan har bir akt o'z holicha mustaqil bo'lib, Puasson taqsimotiga bo'ysunadi³⁵. Agar nishon hajmi – V , nur dozasi – D va nishonga tegish soni – n orgali 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, $a = vD$, μnp , $n = 0$ da $0! = 1$.

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

Demak, test-reaksiyaning 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 ulushi 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 orgali belgilansa, test – reaksiyal halokardan iborat bo'lgan taqdirda, populyatsiyada tirik qolgan hujayralar ulushi N/N_0 ga teng bo'ladi. Jamlash natijasida quyidagi tenglama hosil bo'ladi.

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

bu erda $k = p - 1$ dir.

Agarda test - reaksiyaga sabab bo'lgan nishonda tegishlar soni $N = 1$ bo'lsa, tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$N/N_0 = e^{-vD}$$

Mazkur tenglama eksponensial egri chiziqni ifodalab, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, ko'pchilik hujayralarning tirik qolish egri chiziqdagi 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 jarayoni tenglama orgali tasvirlanib, tirik qolish egri chiziqi 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.

Tenglamani logarifmlab, quyidagini hosil qilamiz:

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

Mazkur tenglamaga binoan, nurlantirilgan hujayralardan 37%ti tirik qolishi uchun $vD_{37} = 1$, demak, nishon hajmi $v = 1/D_{37}$ bo'lishi shart. Nishon kattaligini hisoblab topish uchun quyidagilar bajariadi. Agar nur

³⁵ Бергштейн Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. 2-е изд. — М.: Высшая школа, 2000. — 480 с.

dozasi 1 Gr bo'lsa, 1 g hujayra massasi tomonidan yutiladigan energiya $6,24 \times 10^{15}$ eV ni tashkil etadi. Nishonning zararlaniishi uchun zarur o'tacha energiya 60 eV ga teng deb hisoblanga, yutilgan dozani tegishlar soni orqali ifodalab, nishon hajmining $6,24 \times 10^{15} / 60 = 1,04 \times 10^{14} \text{ r}^{-1}$ ga teng ekanligini topamiz. Shu asosda grammalarda ifodalangan nishon massasini topish mumkin. Masalan, agar $D_{37} = 10$ Gr bo'lsa, u holda nishon kattaligi taxminan 10^{-13} g ga teng bo'lib, kattalik yadro massasiga yaqin keladi.

Tenglarnadan foydalanib ferment molekullari, faglar, DNK li viruslar va ba'zi bir gaploid hujayralarni faolsizlantirish orqali topilgan nishon kattaliklari, o'sha ob'ektlarning, fiz – ximiyaviy metodlardan foydalanib topilgan molekulyar massalari bilan taqqoslanganda mos kelishi qayd etilgan.

Yuksak ECHU va zich ionlanish hosil qiladigan radiatsiya ishlatilganda, ionlanish shunchalik zich bo'ladiki, nishonning bir zarbli zararlanişidan farqlash qiyinlashadi va tegish endi nishon hajmi bilan emas, balki uning ko'ndalang kesimi bilan belgilanadi.

3.12. Chiziqi – kvadrat funksiyasi va stoxastik konsepsiya

Hujayraning proliferativ halokatini tasvirlovchi modellardan biri hujayra halokatini belgilovchi kritik hodisa – DNK molekulasi sodir bo'ladigan qo'shaloq uzilishlardir degan farazga asoslanadi. Haqiqatdan ham qo'sh spiratning bitta ipida yuzaga keladigan uzilishlar reparatsiya tufayli tezlik bilan o'z holiga keltiriladi va shu tufayli bunday uzilishlar hujayraning nurdan zararlanişida hal qiluvchi ahamiyatga ega emas deb hisoblanadi.

DNK molekulasi qo'shaloq uzilishlar nazariy jihatdan ikki xil yo'l: bitta ionlovchi zarra qo'sh spiraldan yoki yonma – yon joylashgan ikki ipchaga bir vaqtning o'zida ikkita zarra teginishi orqali yuzaga keladi. Birinchi holda yuzaga keladigan qo'sh uzilishlar soni yutilgan nur dozasi ga to'g'ri proporsional (αD) bo'lsa, ikkinchi holda qo'shaloq uzilishlar soni yutilgan doza kvadratiga proporsional (βD^2) bo'ldi. Shunday qilib, DNK molekulasi nur dozasi ta'siridan kelib chiqadigan uzilishlarning o'tacha soni (n) ga teng:

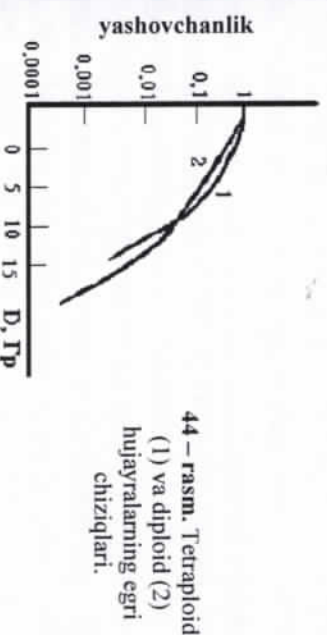
$$n = \alpha D + \beta D^2$$

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

Nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida yuz beradigan halokat hodisasining Puasson taqsimotiga bo'yinishini hisobga olib, hujayralar halokatining DNK zarjirida sodir bo'ladigan qo'shaloq uzilishlar bilan shartlanishini inobatga olib, proliferativ halokat ehtimolligi R orqali ifodalanadi va quyidagi hosil qilinadi:

$$N/N_0 = e^{-p(\alpha D + \beta D^2)}$$

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 (44-rasm).



Shunday qilib, mazkur yondoshuv, test – effekting yuzaga kelishiga daxldor voqealar ketma – ketligini nazarda tutadi.

Stoxastik konsepsiya.

Tasodifan tegish va nishon prinsiplari, faqat bir nishon va bir zarbli radiobiologik reaksiyalar namoyon etadigan, o'ta oddiy sistemalardan olingan tadqiqot natijalarida o'zining to'la tasdiq'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'ldi.

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

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

Radiobiologik effekting dozaga bog'liqligini taxli qilishga qaratilgan stoxastik konsepsiya nomini olgan mazkur yondashuvning asosiy g'oyasi ham ana shundan iborat. Stoxastik konsepsiya matematik apparat sifatida, biologik sistemaning vektor holatlari, ko'p o'lchovli matrisalar ustida bajariladigan operatsiyalar va Markov jarayonlari nazariyasidan foydalanadi.³⁶

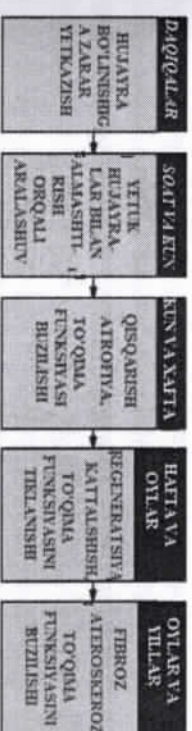
Biologik sistemalarda tasavvur etilishi mumkin bo'lgan o'tishlarning barchasini tajribada tekshirishning iloji yo'q. Shuning uchun ham ko'p hollarda, tekshirilayotgan ob'ekting barcha holatlari bir holat nuqtasiga birlashtirilib, soddalashtirilgan holati ko'rib chiqiladi. Sistemaning muayyan bir reaksiyal normasidan chetlanish ehtimoli nur dozasiiga bog'liq bo'lgani uchun o'tish koefitsienti ham dozaga bog'liq deb qaraladi. Mazkur o'tish koefitsienti, sistemaning reaktivligi $R(D)$ deb ataladi. Faraz qilnadiki, doza o'zgarishi munosabati bilan hujayralar yashovchanligida sodir bo'ladigan o'zgarish $dD(N/N_0)$ titik qolgan hujayralar soni va ularning reaktivligiga $R(D)$ proporsionaldir, ya'ni:

$$dD(N/N_0) = -R(D)(N/N_0)$$

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

³⁶ Дромышко С. Е. Информационные проблемы моделирования биологических процессов (на примере генетики). - Минск: Право и экономика, 1996 г.

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



45-rasm. Ionlashiruvchi nurlanishning stoxastik ta'siri ostida patogenezning tavsifi

Umuman, miqdoriy radiobiologiya konsepsiyalari hujayra halokati yoki unda mutatsiyaning kelib chiqishini test – effekt sifatida qabul qiladi. Ammo, tashkiltanganlikning 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.

Nazorat savollari:

1. F. Dessauer nurlanishning fizikaviy ta'sirlardan kelib chiqqan holda, ularning biologik ob'ektlarga ko'rsatadigan ta'sir effektlari yuzasidan olib borgan izlanishlari asosida qanday xulosalarga kelgan?
2. Olim radiobiologik reaksiyalarning miqdoriy xususiyatlarini kuzatish orqali nimalarni aniqladi?
3. Tegish prinsipini tushuntirib bering.
4. Tegish prinsipining mohiyatini ochib bering.
5. Kuchaytirilish prinsipini ta'riflab bering.
6. $N/N_0 = e^{-\alpha D}$ Mazkur tenglama nimani ifodalaydi?
7. Stoxastik konsepsiya mazmunini tushuntiring.
8. Test-effekt nima?

3.13. Kislorod effekti

Nurlantirilgan birikmalarda yuz beradigan radiatsion–kimyoviy o'zgarishlarning avj olishi, ko'p hollarda reaksiyal muhiti kislorodning mavjudligiga yoki mavjud bo'lmastligiga bog'liq bo'ladi. Kislorodning makromolekulalarning radiatsion–kimyoviy chiqishiga ko'rsatadigan ta'siri, uning hujayralar, to'qimalar, ko'p hujayrali organizmlar singari murakkab sistemalarga ko'rsatadigan ta'siriga o'xshab ketadi. Qoidaga ko'ra, kislorodning modifikatsiyalovchi ta'siri, nurdan zararlanishning kuchaytirilishidan iborat bo'lib, *kislorod effekti* deb ataladi.

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

Kislorod effekti, kislorodning erkin radikallar (masalan $R^{\bullet}$) bilan ta'sirlashishi natijasida paydo bo'ladigan peroksid radikali ($ROO^{\bullet}$) bilan shartlangan. "Suvdagi" kislorod, suv radiolizi mahsulotlari bilan ta'sirlashib, o'ta faol radikallar ($HO_2^{\bullet}$, $O_2^{\bullet}$) ni hosil qiladi.

Kislorod effekti o'ichov 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 muhiti bir xil radiobiologik effektga sabab bo'luvchi, ikki xil dozalar nisbatini ham ishlatiladi. Quritilgan nuklein kislota preparatlari uchun KKK kattaligi 1,5 – 2,2 ni tashkil etadi.

L.X.Eydas kislorodsiz³⁷ sharoitda nurlantirilgan makromolekulalar faolsizlanishining, nurlantirilgandan keyin muhiti kislorodning kiritilgan kislorod ta'siridan yana ham kuchayib ketishdan iborat kislorodning keyingi ta'sirini qayd etdi. Kislorodning keyingi ta'siri kislorodsiz muhiti kislorodga sezgir, uzoq yashovchi zararlanishlarning paydo bo'lishidan darak berib, ularni *potensial zararlanishlar* sifatida qabul qilish mumkin. Bunday zararlanishlar sharoitiga qarab namoyon bo'lishi yoki

namoyon bo'lmastligi ham mumkin. Makromolekulalardagi ana shunday potensial zararlanishlar tabiatan bargaror radikal holatidan iborat bo'lib, ularni EPR metodi yordamida qayd etish mumkin.

Suvli muhiti kislorod effekti 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 effekti mexanizmi to'la izohlangan emas. Ammo hujayradagi SH – li birikmalar miqdori bilan KKK aro qayd etilgan bevosita aloqadorlik, kislorod effekti namoyon bo'lishida, radioprotektorlar bilan kislorod o'rtasida raqobatchi munosabatlarning yuzaga kelishidan darak beradi. KKK kattaligining o'zgarishi hujayradagi SH – birikmalar miqdorining o'zgarishi bilan bog'liq deb hisoblanadi.

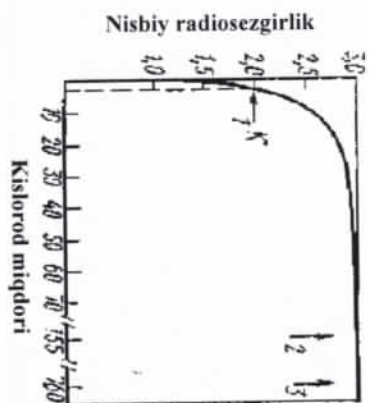
Tirik organizmlar nurlantirilganda qayd etiladigan KKK radiatsiya dozasi, kislorodning hujayradagi kontsentratsiyasi, hujayraning fiziologik holatini belgilovchi ozuqa muhitining sifati va hokazolarga bog'liq.

Kislorod effekti kam nurlantiriluvchi jarayonda yaqqol ko'zga tashlanadi. ECHU ortishi bilan u kamayadi va α – zararchalar bilan nurlantirilganda u butunlay yo'qoladi (46-rasm).

Makromolekulalarning nurlanish ta'sirida zararlanishiga kislorodning ta'siri ularning jamlanishida yaqqol ko'zga tashlanadi. Bu, ayniqsa, 1958 yillarda o'tkazilgan katta tezlikda aralashtirish va impul'sli nurlantirish borasidagi tadqiqotlarda o'z isbotini topdi.

Anoksiya holatidagi bakteriyalarga ular nurlantirilishiga 20 ms qolganida muhiti kislorod kiritilganda, bakteriyalarning oksigenatsiyasi to'liq kechgan va ularning nurdan zararlanishi ortgan. Kislorod impul'sli nurlantirishdan 5-10 ms so'ng muhiti kislorod kiritilganda (impul'sning kechishi 7 ms) anoksiyada kuzatilgan effekt sodir bo'lmagan. Kislorod effekti nurlantirishdan so'ng 2 ms vaqt o'tganda muhiti kislorod kiritilganda ham ortmagan.

³⁷ Л.Х.Эйда, Ю.Н.Копыстов, Кислород в радиобиологии, Москва: Атомиздат, 1984 г., с. 176



46-rasm. Hujayralar radiosezgirlikining kislorod miqdori (atmosfera-dagi %) va uning portsiyal bosimiga bog'liqligi (37°C dagi mm. sim. ust).

O'xshash natijalarga sutemizuvchilar hujayrasida o'tkazilgan tadqiqotlarda ham erishilgan. 1970 yillar oxirida xitoy oq sichqonlari hujayralariga nurlantirishdan 0,3 ms sekunddan so'ng kislorod kiritilganda KKK 2,6 dan 1,5ga tushgan (nurlantirilayotgan vaqtda kislorod bo'lganda). Agar kislorod nurlantirishdan 5 ms vaqt o'tigandan so'ng kiritilsa, KKK 1,1 gacha kamaygan. Ushbu tadqiqotlarda maksimal sensibilizatsiyaga erishish uchun esa ob'ekt kislorodli kamerga nurlantirishga qadar 1-2 ms avval kiritilishi kerak bo'lgan degan xulosaga kelingan. Bu vaqt kislorodning ichki "kritik" strukturalarga yetib borishi uchun yetarli bo'lgan.

Boshqa tadqiqotchilar natijalariga ko'ra esa, sutemizuvchilar hujayrasining to'liq sensibilizatsiyasiga erishish uchun kislorod nurlantirilgunga qadar 40 ms avval kiritilishi kerak. Kislorodni nurlantirilgungacha 3 – 5 ms oldin berilishi hujayralarning nurga sezgirlikni 1,7 barobar oshiradi.

Yuqoridagilardan quyidagicha xulosaga kelish mumkin, *hayvon hujayralari nurlantirilganda kislorodning sensibillovchi ta'siri u qachonki nurlantirish berilayotgan vaqtda muhida bo'lgandagina namoyon bo'ladi.*

40 – rasmda 50 yillarda L.G.Grey³⁸ va hamkasblari tomonidan aniqlangan KE – ning kislorod miqdoriga bog'liqligi keltirilgan bo'lib, ordinata o'qida KKK joylashgan va u nisbiy radiosezgirlikni ifodalaydi. Atmosfera havosida 37 OS da 20,92% kislorod uchrab, u taxminan 159 mm sim. ust. (760 mm dan 1/5)ga teng. Rasmda ko'rsatilishicha, ushbu

bosimda radiosezgirlik maksimal bo'lib, odatda u 3 ga teng va kislorod konsentratsiyasi 100% ga ko'tarilganda ham oshmaydi. Kislorodning portsiyal bosimi (rO_2) 30 mm sim. ust. gacha tushirilganda radiosezgirlik juda sekinlik bilan kamayadi, keyinchalik keskin ravishda 3 – 4 mm sim. ust. diapozonida u 2 ga teng bo'ladi va juda tezlik bilan 1 ga etib oladi.

Nurlantirilayotgan vaqtda kislorod konsentratsiyasi bilan radiosezgirlik o'rtasidagi bog'liqlikni miqdor jihatdan T. Alper va P. Govard – Flanzers³⁹ taklif qilgan tenglik bilan ifodalash mumkin:

$$r = \frac{V D_0 [O]}{1 / D_0 A} = \frac{m [O] + K}{[O] + K}$$

bu erda r – nisbiy radiosezgirlik, $1 / D_0$ – radiosezgirlikni ifodalovchi kattalik, m – KE ning maksimal kattaligi, ya'ni KKK¹, $[O]$ – kislorodning tekshirilayotgan miqdori, A – anoksiya, K – konstanta, u kislorodning shunday miqdoriga tengki, bunda radiosezgirlik maksimal va minimal oralig'ida joylashgan bo'ladi. 26 – rasmda keltirilgan misolda K kattaligi 3 mm sim. ust. yoki $\sim 0,5\%$ kislorodga, m esa 3 ga teng.

So'nggi yillar tadqiqot natijalari ko'rsatishicha, m kattaligi turli xil hujayra turlarida 2,5 – 4 diapozonida turlicha bo'ladi. K ning farqi yanada ham katta. Masalan, mikroorganizmlarda K 4 – 6 mKM kislorod (guz fazasida 0,3 – 0,45% kislorod)ga yoki 2,5 – 3 mm sim. ust. ga teng bo'lsa, tradeskantsiya changlari uchun taxminan 10 va 4 mKM ga teng. Ushbu kattaliklar sutemizuvchilar hujayralarida ham turlicha ko'rsatkichga ega. Bir qancha tadqiqotchilarning xulosalarini jamlab, H. Kallen va D. Lansli⁴⁰ m va K kattaliklari mos ravishda 2,5 dan 4,0 gacha va 2 dan 6 mm gacha sim. ust. teng bo'lishini aniqladilar.

ECHU oshishi bilan KKK kamayadi. Mazkur hodisani izohlash muqasadda, "Trekdagi kislorod va ta'sirlashuvchi radikalalar" deb atalgan

³⁸ Яромоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. Учеб. пособие для ред. С.П. Яромоненко. – М.: Высшая школа, 2004. – 550 с.

⁴⁰ Нормальная гипокситерия, Методические рекомендации, Минздрав России-Москва 1994 г.

gipoteza taklif etildi. 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.

3.14. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'sirini izohlashga

qaratilgan ba'zi bir gipotezalar

3.14.1. Birlamchi radiotoksiklar (BRT) va zanjirli reaksiyalar

gipotezasi

O'tgan asr o'talarida B.N.Tarusov⁴¹ rahbarligidagi bir guruh tadqiqotchilar nurlantirigan hayvonlar jigaridan olingan tuzli – suv ekstraktining eritotritslarni gemolizlash xossasiga ega ekanligini qayd etdilar. Gemolitik xossaga ega bo'lgan bu omil dastlab "gemolitik omil" deb atalib, uning lipid tabiatli ekanligi aniqlandi, keyin esa, u lipidli radiotoksin (LRT) deb ataldi. Ma'lum bo'ldiki, LRT nurlantirishning dastlabki soatlardayoq faqat jigardagina 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'lishi, xromosoma apparatining buzilishi va hokazolar qayd etiladi. Shu munosabat bilan LRT "tabiiy radiomimitiklar" deb ham ataldi.

Tarusov va Emanuel⁴² tomonidan ilgari surilgan, birlamchi radiotoksiklar gipotezasiga nurdan zararlanishning ilk bosqichlarida, erkin radikal tipidagi zanjirli oksidlanish reaksiyallarning substrati – lipidlar hal qiluvchi ahamiyatga ega, deb ta'kidlovchi konsepsiya asos

bo'ldi. Lipidlar hujayra membranasining strukturaviy elementi bo'lib, uning zararlanishi hujayra ximizmi boshqarilishining buzilishi orqali uning halokatiga sabab bo'ladi. Konseptsiyaga binoan, nurlanish tufayli sodir bo'ladigan tabiiy antioksidantlar sistemasining buzilishi yoki ingibirlanishi tarmoqlangan zanjirli reaksiyalarning avj olishiga olib keladi. Antioksidantlar esa nurlantirilmagan organizm hujayralari lipidlarini o'zligidan oksidlanishdan saqlaydi.

Mazkur konsepsiya nuqtai nazaridan, to'qimalarda har doim mavjud bo'lgan 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 oksidlanishli reaksiyalarning avj olishiga sabab bo'ladi. Bayon etilganlar, aynan, radiatsiya ta'sirining birlamchi mexanizmlari mazmunini tashkil etadi.

Hozirgi 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 cheklanadi⁴³, xolos. Buning ustiga, tarmoqlangan reaksiyalarning organizm sharoitida avj olishi ham mumkin emas. Bu xil reaksiyalarning uzoq muddat davomida tirik sistemada mavjud bo'lib turishi va ko'p tarkibli metabolizmi amalga oshirib turishi ehtimoldan yiroq. Shu bilan bir qatorda, LRT miqdori bilan ionlantiruvchi radiatsiyani nisbiy biologik effektivligini belgilovchi ICHU kattaligi o'rtasida ham hech qanday bog'liqlik qayd etilgan emas. Va nihoyat, biosistemaning zararlanish darajasi bilan radiatsiyaning turi dozalari ta'sirida LRT to'planish intensivligi ham miqdoriy va muddatli aloqadorlik mavjud emas. So'nggi ma'lumotlarga ko'ra, tabiiy radiosensibilizatorlik xossaga ega bo'lgan va birlamchi nurlanishga bog'liq oksidlanish jayonlarida ishtirok etuvchi lipidlarning peroksidli oksidlanish mahsulotlari biologik ob'ektlar radiorezistentligining shakllanishiga ta'sir ko'rsatuvchi muhim endogen omillardan hisoblanadi. Ayonki, tirik hujayraga ionlantiruvchi radiatsiya energiya

⁴¹ Б.Н. Тарусов Основы биологического действия радиоактивных излучений, М.: Медгит, 1954 г.

⁴² Первичные механизмы биологического действия ионизирующих излучений. Московское общество испытателей и природы. Секция биофизики и радиобиологии, 1963 г.

⁴³ В.Н. Бянтг, Принципы электромагнитной биофизики /Москва, Физматлит, 2011 г. 591 с

ta'siri bilan bir qatorda LRT dan tashqari ko'plab boshqa birikmalar va makromolekulalar ham ta'sir etadi.

3.14.2. Strukturaviy - metabolitik gipoteza

Strukturaviy – metabolitik gipoteza asosida ionlantiruvchi radiatsiya ta'sirida hujayrada nafaqat sof radiatsion – kimyoviy jarayonlar avj oladi, balki organizmda biokimyoviy jarayonlarni kuchaytiruvchi sistema mavjudligi tufayli, biologik muhim makromolekulalarning zararlanishiga sabab bo'luvchi yuqori faol mahsulotlar va tuban molekulyar toksik metabolitlar sintezlanadi, deb ta'kidlovchi g'oya yotadi.

Gipotezada yadrodagi molekullarning zararlanishi bilan bir qatorda, hujayraning normal faoliyatini ta'minlovchi yuksak tartiblanganlikka ega sitoplazmatik strukturalar normal faoliyatining buzilishiga ham alohida o'rin beriladi.

Bunday yuksak koordinatsiyalangan sistemaning bir yoki bir nechta zvenolarida sodir bo'ladigan zararlanishlar, kimyoviy kuchaytirish mehanizmi tomonidan chuqurlashtirilib, membranalar va ularga bog'langan metabolitik jarayonlar – fermentlarning faollanishi, boshqaruvchi sistemalarning izdan chiqishi kabi boshqa og'ir oqibatlariga olib keladi.

Radiotoksiklar va zanjirli reaksiyalar gipotezasi singari, bu gipotezada ham, toksik metabolitlar va birlamchi radiotoksiklar (BRT) roliga alohida o'rin beriladi. Qaysiki, ular organizm nurlantirilgan vaqtda yoki nurlantirilishning dastlabki soatlarda 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, ularning ayrimlari normal hujayrada har doim kam miqdorda mavjud bo'ladi. Ularning ba'zilar 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, postradiatsion davrga xos o'zgarishlarni ham keltirib chiqaradi. Hujayrada hosil bo'ladigan xinonlar miqdori bilan nurlanish dozasi va nurlanishdan keyin o'tgan muddat orasida eksponential 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'plab ichki strukturalarida metabolizmi buzilgan mahalliy sohalarining soni ham oshib boraveradi. Gipotezga binoan, bu xil chiziqli bog'lanishning yuzaga kelishi, birinchi navbatda, lipooksidazalar, polifenooksidazalar va perooksidazalar faolligining oshib ketishi bilan izohlanadi.

Mazkur gipoteza nuqta nazaridan, toksinlar va birlamchi radiotoksiklar, zanjirli reaksiyalar gipotezasidan farqli o'laroq, 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'plab parametrlar bilan belgilanib, quyidagi qonuniyatga bo'ysunadi.

$$P = \frac{K_1(O_2) + K_2(PRT) + K_3(FA) + K_4(RSV) + K_5(FS)}{K_6(FFSJ) + K_7(FV) + K_8(ZV) + K_9(FS)_{max}}$$

bu erda, P –hujayralar populyatsiyasi yoki to'qimaning nurlarga sezgirligi; $K_1, K_2, \dots$ - koefitsientlar; O_2 – kucnopod bochmuu; PRT – radiotoksinga aylanuvchi moddalar kontsentratsiyasi; FA – ferment

faolligi omili; RSV – tiklovchi sistema radiosezgirliigi; FS – yoppasiga nurlantirilganda atrofi – 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 strukturasiiga bevosita hamda vositali ta'sir etishi natijasida u yoki bu radiatsion efektga sabab bo'lishi.

3. Hujayra strukturasiining mikrogetrogenliigi va metabolitik struktura hamda har xil strukturalar faoliyatining birday emasligi.

4. Hujayra hayot faoliyatining o'z-o'zidan boshqarilishi, metabolitik va genetik informatsiyaning saqlanishi va uzatilishi asosida makromolekulyar matrisaning yotishi.

5. Hujayraning bir butunligi va barcha strukturalar hamda almashinuv jarayonlarining aloqadorliigi 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 printsiptegish kontseptsiyasini, navbatdagi uchtasi esa, nishon kontseptsiyasini aks ettirib, undan faqat hujayraviy struktura xilma-xilligining ko'pligini tan olishi bilan farqlanadi. Oxirgi omil zararlantirishning 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 zararlantirishlar ketma-ketligi kinetikasini sifatijihatdan tasvirlashga intiladi va hal qiluvchi rolni zaharli moddalar zimmasiga yuklaydi.

Demak, struktura –metabolitik gipotezani ham ionlovchi radiatsiyaning 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 zararlantirish 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 zararlantirishning birlamchi jarayonlarida, yetakchi rolni haqli ravishda strukturaviy tashkillanganlik va har bir zanjirdagi aniq tartiblanganliklarning buzilishiga berilganligiga e'tiroz bildirib bo'lmaydi.

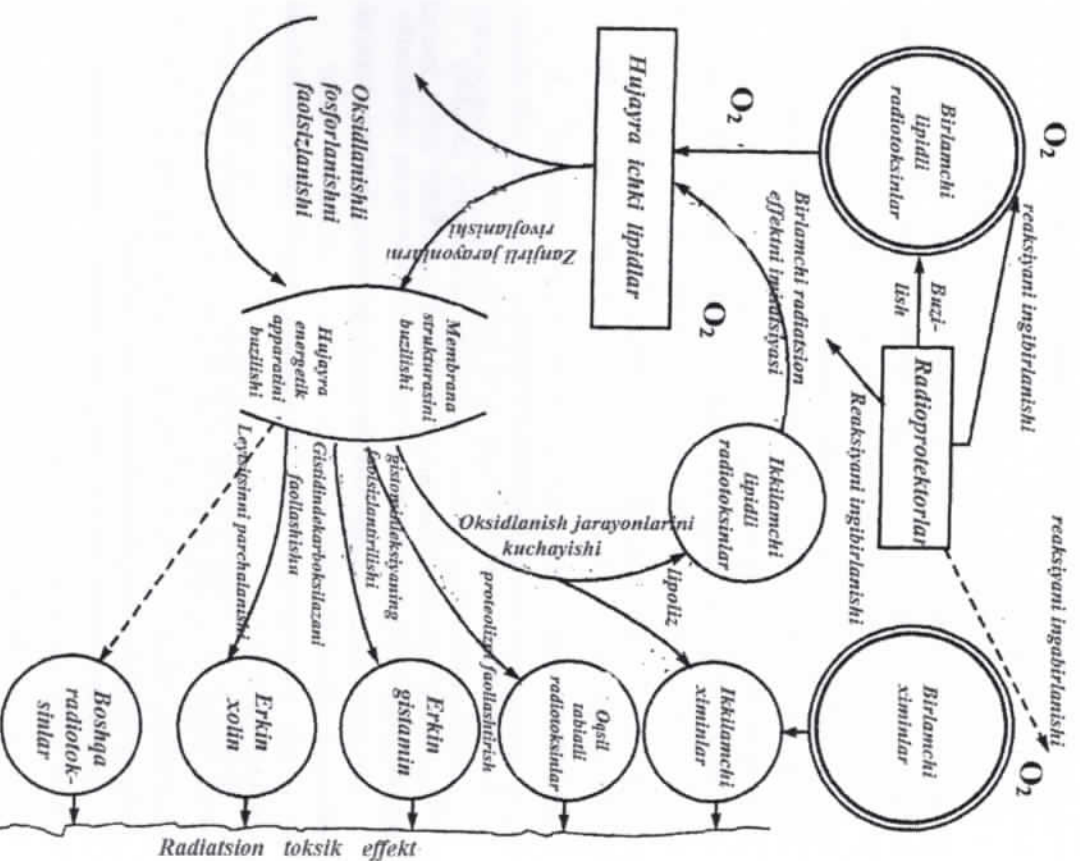
Nazorat savollari:

1. Kislorod effekti qoidasini tushuntirib bering.
2. Kislorod effekti o'lovch birligi nima va u qanday kattalik?
3. Potensial zararlantirishlar nima va holati va ularni qaysi metod yordamida qayd etish mumkin?
4. Birlamchi radiotoksiklar (BRT) va zanjirli reaksiyalar gipotezasi mohiyatini tushuntirib bering.
5. Lipidli radiotoksiksin (LRT) deb nimaga aytiladi va u qachon va qayerda hosil bo'ladi?
6. Strukturaviy –metabolitik gipoteza mohiyatini tushuntirib bering.
7. Strukturaviy–metabolitik gipotezaga binoan, ionlantiruvchi nurlanishning hujayraga ko'rsatadigan ta'siriga oid nazariy model yaratishda qanday printsiplar inobatga olinishi lozim?
8. Strukturaviy–metabolitik gipotezani stoxastik gipotezadan farqi nimada?

IV Bob. IONLANTIRUVCHI NURLARNING NORMAL TO'QIMA VA ORGANLARGA TA'SIRI

Aniqlanishicha, turli organ va to'qimalar ionlantiruvchi radiatsiyaga nisbatan bo'lgan sezgirligi, shuningdek, nurlanish patologiyasi va kasallikning kechishi bo'yicha o'zaro farqlanar ekan. Radiatsion sezgirlikka asoslangan morfologik o'zgarishlar bo'yicha bu to'qima va organlar quyidagi ketma – ketlikda joylashadi (sezgirlik kamayib borishi tartibida): 1) qon aylanish tizimi; 2) jinsiy bezlar; 3) shilimsiq qobiqlar, so'tak bezlari, epidermis; 4) oshqozon – ichak yo'li; 5) jigar; 6) nafas olish organlari; 7) ichki sekretiya bezlari (buyrak usti bezlari, gipofiz, qalqonsimon bez, oshqozon osi bezi orolchalari, qalqon oldi bezi); 8) ayirish organlari; 9) muskul va birlantiruvchi to'qima; 10) suyak va tog'ay to'qimalari; 11) nerv to'qimasi.

To'qimalar radiosezgirligini aniqlashda Bergone va Tribondo⁴⁴ qonuniyatlari asosida ish ko'rilgan bo'lib, bunda faol bo'linishga ega yuqori shakllangan hujayralarning nurga sezgirligi yuqori bo'lishi asos qilib olingan. Biroq, bu qoidaga har doim ham amal qilmayvermaydi. Masalan, morfologik belgilari bo'yicha radiatsiyaga turg'un hisoblangan nerv to'qimasi funksional jihatdan nurga sezgir hisoblanadi. Ma'lumki, nurlanish olgan hayvonlarda sharti reflekslar sezilarli darajada izdan chiqadi va uzoq vaqt davomida saqlanadi. Barcha organlar ichida yurak morfologik belgilari bo'yicha nur ta'siriga turg'un hisoblanadi. Bundan tashqari, yurak qisqarishi ritmi va kuchining kamayishi faqat nurdan zararlanshning oxirgi bosqichlarida kuzatiladi. Biroq miokardning bioenergetik potentsiali o'rganilganda, uning o'zgarishi nurlanishning dastlabki bosqichlaridanoq kuzatilishi aniqlangan. Yuqoridagilarga asoslanib quyidagicha xulosaga kelish mumkin, nurlanish olgan organizm organ va to'qimalaridagi o'zgarishlar tabiiati o'rganilganda struktura o'zgarishlaridan tashqari turli xil funksional va biokimyoviy o'zgarishlarni ham inobatga olish maqsadga muvofiqdir.



7-chizma. A.M.Kuzin ta'rif bo'yicha radiatsion toksik ta'sirning rivojlanish sxemasi.

⁴⁴ Г. Г. Верещако, А. М. Холодосовская Радиобиология Тарманы и понятия, Минск 2016 г. стр 133 - 138

4.1. Ilk sindromi

Qon aylanish tizimi organlari nurga nisbatan sezgir organlar hisoblanib, qizil ilk, timus, qora taloq, limfa tugunlarining zararlanishlaridan o'tkir nur xastaligi kelib chiqadi. Barcha qon aylanish tizimi organlarida morfologik va funksional jihatdan buzilishlar qayd etilib, u nurlanishning dastlabki ta'siri va kichik dozalaridayoq kuzatiladi.

Qon aylanish tizimi organlarining nurdan zararlanishini o'rganuvchi asosiy mezon bu – hujayraning "bo'shashishi" (kamayishi) hisoblanib, jarayon odatda uch bosqichga bo'linadi:

Birinchi bosqichda odatda qon tomirlarida hujayralar soni doimiy saqlanib, u uch soatga yaqin vaqtni o'z ichiga oladi.

Ikkinchi bosqich nurlantirilgandan so'ng uch soatdan etti soatgacha bo'lgan vaqtni o'z ichiga olib, uning uchun hujayralarning interfaza halokati mexanizmi asosida qizil ilk va limfa to'qimalarida tez hamda keskin tarzda hujayralar miqdorining kamayishi (qizil ilkda hujayralar miqdori teng yarmigacha kamayishi mumkin) xarakterlidir.

Uchinchi bosqichda hujayralar sonining kamayishi susayadi va ular miqdorining keyingi kamayishi reproduktiv halokat ta'sirida va shuningdek, ba'zi hujayralarning davom etayotgan shakllanish jarayonlari hamda ularning qonga migratsiyasi natijasida qizil ilkda kechib, uning davom etish vaqti nurlanish dozasi ga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Turti qon aylanish organlari hujayralarining radiosezgirliги o'rganilganda ular ichida eritrotsitlar nurga nisbatan yuqori sezgirlikka ega ekanligi aniqlangan: timus, qora taloq va qizil ilkning limfoid hujayralari eritrotsitlarga nisbatan kamroq zararlanadi; sutemizuvchilar granulotsitlari esa barcha qon elementlari ichida eng radiorezistenti hisoblanadi. Aniqlanishicha, hujayralarning interfaza halokati sutemizuvchilarda limfoid hujayralarning kamayishiga olib keluvchi bosh omil bo'lib, eritrosit va granulotsitlarning kamayishi boshqa omillar bilan bog'liq.

Qon aylanish tizimi organlarida hujayralar miqdorining keskin kamayishi (hujayralarning interfaza va reproduktiv halokati hamda

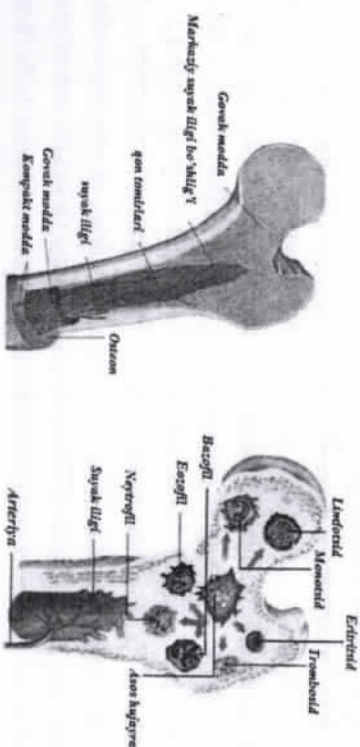
shakllanish qobiliyatiga ega hujayralarning qon aylanish tizimiga chiqishi hisobiga kamayish kuzatiladi) bilan qon aylanish tizimining tiklanish jarayoni boshlanadi. Bu ikki bosqich: **"abortiv ko'tarilish"** va **"keyingi ko'tarilish – tiklanish"** dan iborat. Abortiv ko'tarilish qisqa vaqt ichida sodir bo'ladi: qon to'qimalarida hujayralar miqdori ortgandan so'ng ularning navbatdagi kamayishi kuzatiladi. Taxminlarga ko'ra, qizil ilk hujayralarida abortiv ko'tarilish zararlannagan hujayra oldi mahsulotlari, shuningdek, o'zak hujayralari hisobiga amalga oshadi. Limfoid hujayralarda abortiv ko'tarilishli "limfoid pik" nafaqat qon aylanish tizimi organlari hujayralari hisobiga, balki boshqa to'qimalardan migratsiya qilgan hujayralar hisobiga ham amalga oshadi.

Sutemizuvchilar kichik doza miqdori (masalan, 0,5 – 2,0 Gr dozada γ – nurlari bilan bir marotaba)da nurlantirilganda juda kichik vaqt oralqlari (sekund – soat)da dastlab leykotsitlarning sezilarli ravishda kamayish kuzatilib, so'ngra ularning oz vaqtga ko'tarilishi keyin keluvchi tez tushish bilan almashtinadi. Doza miqdori oshirilganda leykotsitlar miqdorining tushish fazasi uzoq kechuvchan bo'ladi. Yapon shifokorlarining aniqlashlaricha, inson qonida leykotsitlar miqdorining 1mm^3 da 1500 klga qadar kamayishi sog'ayib ketishga umid kamligini bildirgani holda, 1mm^3 da 400 kl leykotsitlar bo'lganda nurlantirishdan ikki hafta o'tgandan so'ng letal ta'sir kuzatilgan. Qondagi leykotsitlar miqdori ikki guruh hujayralar soni bilan aniqlanadi: limfotsitlar va neytrofillar. Nurlanishdan so'ng limfotsitlar va neytrofillar miqdorining o'zgarishi turlicha yo'nalishda kechadi. Bunga sabab ular turlicha kelib chiqishga ega: neytrofillar qizil ilkda, limfotsitlar esa ulardan tashqari limfoid to'qimalarda ham sintezlanadi.

Limfoid to'qima qizil ilkka qaraganda hujayra elementlari bilan avvalroq bog'lanadi. Shuning uchun o'tkir nur xastaligining dastlabki vaqtlaridan limfotsitopeniya kuzatilib, bunda limfotsitlar miqdori normadagidan o'n barobar kamayadi. Doza ta'siri zararli bo'lmaganida limfotsitlar miqdorining tiklanishi nurlantirilgandan so'ng bir necha kundan keyin boshlanadi. Neytrofillar miqdorining o'zgarishi limfotsitlar miqdorining o'zgarishiga bog'liq bo'lmaydi. Nur kasalligining dastlabki

bosqichlarda kuzatiladigan leykoitsioz asosan neytrofilar sonining ortishi bilan bog'liq bo'lib, keyinchalik neytrofilopeniya kuzatiladi.

Trombotsitar miqdorining kamayishi neytrofilar miqdorining kamayishidan keyin kechib, nurlanishning dastlabki bosqichlaridanoq kuzatiladi. Trombotsiopeniya natijasida qonning quyilish vaqti ortadi, 1mm³ da trombotsitar 80.000dan kam bo'lgan holarda xavfli holat yuzaga keladi.



47- rasm. Qizil ilik suyagi. Qon hujayralari.

Nurlanish ta'sirida eritrotsitar miqdori kamayishidagi o'zgarishlar boshqa qon hujayralariga nisbatan kam sezilarli bo'lib, biroq ularning qayta tiklanishiga bir necha oy va undan ko'p vaqt talab etiladi. Nur xastaligining dastlabki bosqichida eritrotsitar miqdori ham, qondagi gemoglobin miqdori ham deyarli o'zgarmaydi, biroq eritrotsitlarning gemolitik omillarga turg'unligi kamayadi.

15 - jadval.

Inson qon to'qimalari hujayralarining radiosezgiriligi

(G.P. Gruzdev va boshqa., 1992, 1994, 1996)

Suyak iligi subpopulyatsiyalari	D ₀ , Gr		
	Qon shakllanish shahobchalari		
	miyeloidi	eritrosidli	megakariotsitar
Asos hujayralari	1,6-1,7	1,6-1,7	1,6-1,7
Kommunitirlangan	1,9	1,5-1,7	1,6-1,7
Blastli shakllar	3,0-3,5	0,5-4,7	—

Yetilayotgan pul	10,0	12,9	12,0
Yetilgan hujayralar	> 15,0	> 15,0	> 15,0

4.2. Ichak sindromi

Ichak sindromi uchun organizmni halokatga olib keluvchi kompleksli buzilishlar xarakterli bo'lib, unga oshqozon – ichak yo'li epitelij qavatining zararlanishi, ichak vorsinkalari va kriptlardagi buzilishlar hamda ularning hujayra interfaiza halokai ta'sirida ko'p miqdorda hujayralar yo'qotishi; ichak florasini hisobiga yuzaga chiqadigan yuqumli (infektsion) jarayonlar; qon tomirlarining zararlanishi; suyuqlik va elektrolitlar balansidagi buzilishlar; aktiv transportdagi o'zgarishlar; avtoliz fermentlari faolligining ortishi va boshqa fermentativ jarayonlardagi o'zgarishlar; ichakning ozuqa moddalarni o'tkazuvchanlik xususiyatining pasayishi kiradi.

Agar nurlanirish kichik dozalarda, ya'ni ilk sindromini keltirib chiqaradigan dozalarda berilsa, u holda nurlanirishning beshinchi kuniga kelib, hujayra epitelijyasining tiklanilgini, hafta oxiriga borib esa, boshqa morfologik, biokimyoviy va fiziologik o'zgarishlarni kuzatish mumkin. Shular bilan bir qatorda, oshqozon – ichak yo'lidagi ham nur kasalliklari kuzatilib, o'z belgilari bo'yicha ilk sindromiga o'xshash bo'ladi: qon ketishining har qanday turlari yuzaga chiqadi; zararlanishning so'nggi bosqichlarida avtolitik jarayonlarning kuchayishi va epitelij qavatining nekrobiozi hamda yo'qotilishi kuzatiladi; oshqozonda to'qima mikrobizmi paydo bo'ladi, biroq ichakda ko'p kollarida nekroz zonasi atrofiida ichak florasining ko'p miqdorda to'planishi kuzatilib, ular asosan qon va limfa oqimi ta'siri ostida butun organizmga tarqaladi hamda yuqumli kasalliklarni keltirib chiqaradi.

Nazorat savollari:

1. Radiatsion sezgirlikka asoslangan morfologik o'zgarishlar bo'yicha to'qima va organlar qanday kelma – ketlikda joylashadi?
2. Bergone va Tribondo qonuniyatini tushuntirib bering.
3. Qon aylanish tizimi organlarining nurdan zararlanishini ko'rsatuvchi asosiy mezonni aytib va u necha bosqichga bo'linadi?

4. Qon aylanish tizimi organlarida hujayralar miqdorining keskin kamayishi bilan qon aylanish tizimida qanday jarayon boshlanadi va u necha bosqichdan iborat?

5. O'tkir nur xastaligining dastlabki vaqtlarida qanday jarayon kuzatiladi va bu holat nima deb yuritiladi?

6. Ichak sindromi uchun organizmni halokatga olib keluvchi kompleksli buzilishlarni aytib bering.

4.3. Serebral sindrom

Markaziy nerv tizimi eng radiorezistent "kritik tizim" hisoblanadi. Uning halokatli ta'siri ionlantiruvchi nurlanishning katta doza miqdori (100 dan ortiq Gr)larida kuzatiladi. Boshqa kritik tizimlar – qon aylanish va ovqat hazm qilish tizimlaridan farqli ravishda, shakllangan etuk nerv tizimi yuqori differentsiallangan nerv hujayralaridan iborat bo'lib, u proliferatsiyalanish (tiklanish) xususiyatiga ega emas va uni organizmda boshqa hujayralar bilan almashirib bo'lmaydi. Serebral sindromga olib keluvchi nerv hujayralar halokati katta dozalarda nurlantirish berilgandan so'ng bir necha soatlardayoz yuzaga keladi. Nurlanishga qarshi nerv to'qimasi bir tizim sifatida javob qaytaradi: neyron tuzilmalarining to'g'ridan – to'g'ri zararlanishi va qon tomiri devorlarining buzilishi hisobiga sirkulyatsiyaning izdan chiqishi.

Umumiy, bir marotabalik nurlantirish berilganda yuzaga chiqadigan nur kasalliklarining dastlabki bosqichlarida umummiya va dicensital simpton – belgilar yuzaga chiqib, ular yurak – qon tomir (qon bosimining o'zgarishi, taxikardiya, bradikardiya)lardagi, haroratning boshqarilishidagi, moddalar almashinuvidagi o'zgarishlarda ko'zga tashlanadi. Bu o'zgarishlar miyaning ana shu organlar funksional qobiliyatini boshqarib turadigan qismlariga nur ta'sir etganda kelib chiqadi: gipotalamus, o'rta va uzunchoq miya. Miya yarim sharlarining morfologik, biokimyoviy va fiziologik buzilishlari ko'p xollarda tiklanish xususiyatiga ega.

O'tkir nur xastaligining o'ta og'ir formalarida boshqa organlarda bo'lgani singari bosh miyada ham qon aylanishining buzilishi kuzatilib, u plazmorragiya, miya po'stloqlariga qon quyilishi tarzida yuzaga chiqadi. Ba'zi hollarda hayvonlar miya parenximasida yuzaga keladigan

nekrotik jarayonlar qon aylanishidagi o'zgarishlar va miya to'qimalarining kislorod bilan yomon ta'minlanishi natijasida ham kelib chiqadi.

Orqa miyadagi morfologik o'zgarishlar bosh miyadagi nisbatan kuchsizroq ifodalangan. Voyaga etgan odam miyasining nerv hujayralariga nisbatan yosh, ayniqsa, embrion nerv hujayralari nurga juda sezgir bo'lib, u ona qopda juda kichik dozalarda nurlantirilganda nafaqat miya mahsus hosilalarining morfologik o'zgarishiga, balki miyaning ba'zi qismlarining to'liq buzilishiga sabab bo'ladi. Masalan, embrion 0,5 – 2,0 Gr dozada nurlantirilganda markaziy nerv tizimining mikrotselulyasiga va to'liq zararlanishiga olib keladiki, bunday o'zgarishlar yuksak organizmlarda katta doza birliklaridagina kuzatiladi. Bu embrion to'qima va organlarining ontogenezdagi shakllanishi va differentsirovkasi davrida o'ta yuqori nur sezgirligiga egaligi bilan izohlanadi. Markaziy nerv tizimining biokimyoviy o'zgarishlari o'tkir nur xastaligining dastlabki bosqichlarida kuzatiladi. Nurlangan hayvonlar miyasi nerv hujayralarida nurdan zararlanishning dastlabki bosqichlari (nurlanishdan bir necha daqiqaga o'tgandan so'ng)da yuzaga keladigan buzilishlarga asosiy sabab qilib, biomembrana fosfolipidlarining ionlarga nisbatan o'zgaruvchanligini keltirish mumkin. Biokimyoviy o'zgarishlarni keltirib chiqaradigan boshqa sabablarga: bosh miya nerv to'qimalarida oksidlanishi fosforlanish jarayonlarining susayishi, oksidlanishi fosforlanish jarayonining bir – biritdan ajralishi, uglevod – fosfor almashinuvining diskoordinatsiyasi, miya katta yarim sharlari po'stlog'ida azot va nukleotidlar almashinuvining buzilishi, po'stloq, po'stloq osti va uzunchoq miyada nurlantirilgandan keyin ham kuzatiladi. Nurlanish ta'siriga eng sezgir jarayonlarga gemato – entsetsalit va gisto – genetik to'siqlarning selektiv o'tkazuvchanligining buzilishi kiradi.

Nurlangan hayvonlar miya po'stloqlari funksiyalarining buzilishi asosida nerv tizimi markaziy periferik qismidagi o'zgarishlar, analizator va retseptorlar qo'zg'aluvchanligining o'zgarishlari yotib, periferik qismida impulslar kelishining buzilishi markaziy nerv tizimining yuqori qismlariga ta'sir qiladi.

4.4. Maxsus organ va to'qimalar radiosezgirliigi hamda nurlanish jarayonlari. Kritik organlar

Organizm to'qimalari radiorezistentligi jihatidan o'zaro farqlanadi. Nurlantirilgan organizmning yashovchanligi va unda radiatsion sindromning namoyon bo'lish darajasi, organizm hayot faoliyatida muayyan rol o'ynovchi to'qimalar hamda organlarning zararlanish tufayli, normal faoliyat doirasidan chetga chiqish darajasiga bog'liq bo'ladi. Bunday to'qima va organlar **kritik organlar** jumlasiga kiritiladi.

O'zak hujayralarning nurga bo'lgan yuqori sezgirliigi xromatin yoki yadro halokati bilan belgilanib, yadroning bo'linishi davomida reproduktiv halokat yuz berishi ham mumkin. Bundan tashqari, o'zak hujayralar bo'linishi davomida nur ta'sirining uzoq o'timish asorati sifatida nuqsonli, mutant hujayralar paydo bo'lishi ham mumkin.

Normada o'zak to'qimalar hujayravii populyatsiyasining soni miqdoriy qonunlarga binoan qat'iy o'zgarib turadi. Agarda hujayralarning bir qismi nur ta'sirida qirilib ketsa, bo'linish xossasini yo'qotmagan hujayralar sikl harakatini tezlatadi va bo'linish normasini oshirish yo'li bilan radiatsiyaning hujayra populyatsiyasiga etkazgan zararini qoplaydi. Bunday hodisa **repopulyatsiya**, o'zak to'qimalarining tiklanishi esa, **repopulyatsiv tiklanish** deb ataladi. O'zak to'qimaning repopulyatsion tiklanish davrida to'qima hosilatlari yuzaga kelishining sekinlashuvi yoki o'zak to'qima bajaradigan funktsiya intensivligining susayishi holi ham yuz berishi mumkin. Mana shu jarayonlarning hammasi nur xastaligining simptomlarini tashkil etadi.

Yuqorida asosiy radiatsion sindromlar va hujayraning yangilanishida kritik tizimlar zararlanishining sitokinetik tahlili keltirildi. Kritik tizimlar ichida qon aylanish tizimi va ichak yuqori radiosezgirlikka ega to'qimalar hisoblanadi. Ular yuqori fiziologik proliferatsiya faolligiga ega bo'lsa, MNS proferatsiyalanmaydigan yuqori shakllanganish (differentirovka)ga ega hujayra tizimi bo'lib, boshqa tizimlarga nisbatan nurga radiorezistent (radiatsiyaga nisbatan turg'un) hisoblanadi. Sulemizuvlarning nurlanish olgandan keyingi umumiy javob reyaktivasi to'rtta kardinal (asosiy) ko'rsatkichlar bilan belgilanadi: o'zak hujayralar nisbiy miqdori bilan, hujayraning radiosezgirliigi va

ularning qayta tiklanishi bilan (doza egri chiziqdagi xarakterini belgilovi), hujayra proliferatsiyasi va etuk elementlar utilitatsiyasi tezligi bilan.

Teri va uning hosilatlari – tez yangilanuvchi hujayra tizimi bo'lib, radiatsiyaga nisbatan o'ta sezgir hisoblanadi. Epidermis o'zak hujayralarining radiosezgirliigini miqdor jihatdan aniqlash shuni ko'rsatadiki, epiderma hujayralari subletal zararlanishdan to'liq tiklanar ekan. Doza miqdori – Dq bu hujayra uchun 5 GrH tashkil etgan holda, qon hujayralari uchun u – 0,5 Grga teng.

Rentgen nurlari 10 Gr dozada bir marotabalik ta'sir ettirilganda teri qorayishi mumkin bo'lgan doza deb qabul qilingan. Undan yuqori dozalarda dermati, keyinchalik toshmati yara ham kuzatiladi.

Endokrin bezlar. O'tkir nur xastaligi bilan zararlanishning dastlabki bosqichlarda ichki sekretsia bezlari faolligining ortishi sodir bo'lib, bu ayniqsa, buyrak ushi bezlari, gipofizning old bo'lagi va oz miqdorda qalqonsimon bezda kuzatiladi: sekretor elementlarning bo'kishi, hujayra tarkibi va sekretsiyalanuvchi gormonlar miqdori o'zgaradi. Endokrin tizimining zararlanishi biokimyoviy, immuno-biologik va bir qator neyrovegetativ jarayonlar boshqarilish tizimining izdan chiqishiga olib keladi.

Endokrin tizimining asosiy nurga sezgir organlariga jinsiy bezlar kirib, bu borada ular faqat qon aylanish tizimidan keyingi o'rinda turadi. Boshqa ichki sekretsia bezlari radiatsiyaga turg'unlik (morfologik belgilar) bo'yicha quyidagi ketma – ketlikda joylashadi: buyrak ushi bezlari, gipofiz, qalqonsimon bez, oshqozon osti bezi orollari va nihoyat qalqon oldi bezi. Ushbu sekretsia bezlarining radiatsiyaga nisbatan turg'unligi ular to'qimalarining yuqori shakllangan funksional va fiziologik regeneratsiyaga qodir bo'lmagan hujayralardan iboratligi bilan tushuntiriladi.

Qalqonsimon bez – ionlantiruvchi radiatsiyaga nisbatan kuchsiz sezgirlikka ega organdir, biroq giperplaziya holatida uning nurga bo'lgan turg'unligi pasayadi. Morfologik o'zgarishlar 50 Gr doza birligida mahalliy nurlanishda kuzatiladi. Hujayravii qayta tiklanish juda ham kichik. Hayvonlarda o'tkir nur xastaligining dastlabki bosqichlarida tireotsitlar giperplaziyasi va bu sekretor elementlarning gipertrofiyasi

kuzatildi. Kasallikning rivojlanishi bilan follikulalar o'ldirildi kichiklashadi, follikulyar epiteliy gipertrofiyalanadi, intrafollikulyar bo'shiq kengayadi.

Oshqozon osti bezi — qalqonsimon bezga nisbatan nurga sezgirroq hisoblanadi. O'tkir nur xastaligi kasalliklarida qon tarkibidagi insulin miqdorida o'zgarish kuzatildi: nurdan so'ng dastlabki birinchi haftada erkin va umumiy insulin 1,5 — 2 marta ortadi, terminal bosqichda ba'zan gipoinulinizm ham kuzatildi.

Qalqon oldi bezlari — ichki sekretsiya bezlari ichida nur ta'siriga eng turg'unlardan hisoblanadi. O'tkir nur xastaligi kasalligi davrida morfologik va funksional o'zgarishlar kuzatilmaydi yoki sezilmas darajada bo'ladi: nur xastaligi avj olgan davrda sekretor hujayralar miqdorining ortishi, terminal bosqichda esa — sekretor elementlarda maxsus distrofik o'zgarishlarning yuzaga chiqishi kuzatildi. Ba'zi hollarda bez faolligining ortishi va qonda SaQ miqdorining kamayishi kuzatildi.

Jigar — nurga nisbatan yuqori turg'unlikka ega bo'lib, bu uning yuqori boshqaruvchilik faolligiga egaligi bilan tushuntiriladi. Jigardagi morfologik o'zgarishlar o'tkir nur xastaligining so'nggi bosqichlarida yuzaga chiqadi va qon hamda limfa almashinuvda buzilishlar, organlar stromasi va parenximasida degenerativ — nekrotik o'zgarishlar, anemiya va shishib ketishlar tarzida kuzatildi; ichakka yaqin joylashganligi sababli jigarda ichak mikroflorasi guruhlarining to'planishi kuzatildi. Jigarda funksional o'zgarishlar kichik doza birliklarida ham kuzatildi. Bunda o'ti suyuqligi ajralishining susayishi va natijada ingichka ichakda lipidlar so'rilishining izdan chiqishi sodir bo'ladi.

Polyarografiya usullarini qo'llash orqali jigardagi dastlabki biokimyoviy o'zgarishlarni aniqlash mumkin. Masalan, nurlanishdan bir necha minut o'tgandan so'ng hayvon hujayralarida lipidlarning peroksid oksidlanish mahsulotlarining ortishi kuzatildi. Organizmda to'planadigan gidroperekislar va to'yinmagan yog' kislotalarining erkin peroksidlari yuqori biologik faollikka ega, ular endogen

radiosensibilizatorlar xususiyatlarini namoyon qiladi, membranalar o'tkazuvchanligining o'zgarishi hisobiga ularning strukturalarini buzadi.

Nurlanishdan so'ng o'tgan vaqt va doza miqdoriga bog'liq holda jigarda kechadigan barcha biokimyoviy jarayonlarni kuzatish mumkin: nur xastaligining dastlabki va o'tkir bosqichlarida oksidlanishi — fosforlanish jarayonlari va jigar hujayralari mitoxondriyalarida nafas olishning ajralishi kuzatildi; fosforlanish jarayonlari susayadi, neorganik va labil fosfor miqdori susayadi, kislorod iste'moli kuchayadi, P/O ko'effitsienti kamayadi.

Urg'onlar — Erkaklar jinsiy bezlarining yuqori radiosensitivlikka egaligi haqida ilgari ma'lum bo'lib, 1903 yillardayoq G.E. Albers — Shonberg⁴⁵ quyovlar va dengiz cho'chqalari urg'onlarini radiatsion yo'l bilan sterilizatsiya muvaffaq bo'lganlar. I. Bergano va va L. Tribondo esa urug'donlarning radiatsion zararlanishini o'rganish orqali, bu xodisalar hujayraning bo'linish intensivligi va shakllanish darajasiga bog'liqligini aniqladilar.

0,5 — 1 Gr doza miqdorlari jinsiy hujayraning dastlabki rivojlanish bosqichlarida ko'pchilik hayvon va odamlarda urug'donlarning yoppasiga hujayralardan bo'shashishiga sabab bo'lib, 2 — 4 Gr da to'liq sterilizatsiya kuzatildi. Yetuk hujayralar — sertmatzooidlar esa, aksincha, nurga nisbatan chidamlirroq hisoblanadi. Sichqon, kalamush va quyovlarda o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sertmatzooidlar soni, morfologiyasi, hayotchanligi va urug'lanish qobiliyati 1 kGr dozada ham o'zgarmaydi. Shuning uchun nurlanish olgan hayvonlarning nasl berish qobiliyati bunga qadar voyaga etgan jinsiy hujayraning zahirasi tamom bo'lmaguncha davom etadi.

Tuxumdonlar — Tuxumdonlarning radiatsiyaga sezgir elementi bu — tuxum hujayrasi hisoblanadi. Urg'ochi vakillarda sterilizatsiya boshqa jins vakillariga nisbatan yuqori dozalaridagina kuzatilib (sichqonlarda u 2 — 5 Gr ga, kalamushlarda 15 — 20 Gr ga teng), u qaytmas bo'ladi. Bunga sabab urg'ochi jinsiy hujayralarining hosil bo'lishi tug'ilgandan so'ng dastlabki muddatlarayoq kechib, etuk holatda tuxumdonlar faol regeneratsiyaga qodir emas. Shuning uchun, agar nurlanish ta'sirida

⁴⁵ Вопросы охраны материнства и детства, Том 16, Выпуск 2, Мелвилл, 1971 г. стр 91 - 94

barcha urug'lanishga qodir tuxum hujayralar zararlangan bo'lsa, u holda u nasl berish qobiliyatidan butunlay mahrum bo'ladi.

Ko'rish a'zolari - Ko'z zararlanishining ikki xil turi mavjud bo'lib, biri bu terida zararlanish yuzaga keltiradigan dozalarda kon'yuktiv va sklerdagi shamollash jaryonlari hamda hayvonlar turiga bog'liq holda 3-10 Grda yuzaga keladigan kataraktadir. Insonda kataraktaga olib keluvchi doza - 6 Grga yaqin. Bu borada y - nurga nisbatan neytronlar halokati ta'sirga ega bo'lib, ularning effektivligi 3 - 9 baravar yuqoridir.

Ovqat hazm qilish organlari - Radiosezgirlik bu tizimga kiruvchi organlar ichida ingichka ichakda yuqori bo'lib, aynan uning zararlanishi ichak sindromini belgilaydi. Nurga nisbatan sezgirlik quyidagi ketma-ketlikda ortib boradi: og'iz bo'shlig'i, til, so'lak bezlari, qizilo'ngach, oshqozon, to'g'ri va yo'g'on ichaklar, oshqozon osti bezlari va jigar. Nur ta'siriga eng chidamli organ jigar hisoblanadi. Voyaga etgan kalamushning jigari 15 Gr dozada nurlantirilganda unda deyarli hech qanday morfologik o'zgarishlar kuzatilmagan.

Yurak-qon tomir tizimi - Ionlantiruvchi radiatsiyaning qon tomirlariga ta'siri ilgari odamlarni qiziqitirib kelgan. Hozirgi vaqtlar kelib terida nurlanish ta'sirida yuzaga kelgan eritema kasalligining asosiy sababi, bu qon tomirlarining zararlanishi va regeneratsiyaga qodir emasliligi ekanligi aniqlangan. Mahsus tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, radiatsiyaga qon tomirlarning tashqi devori sezgir hisoblanib, bu unda tez qayta ko'payish xususiyatiga ega kollagenning bo'lishi bilan tushuntiriladi. Nurlantirilgandan so'ng 4 - 5 oy o'tgach, ba'zi qon tomirlari to'liq tashqi devorga ega bo'lmay qolishi aniqlandi.

So'nggi yillarga qadar gistologik tadqiqotlar natijalariga ko'ra, yurak radiatsiyaga nisbatan turg'un organ hisoblanib kelingan. Biroq, E.I.Vorob'yov⁴⁶ biokimyoviy, morfofunktsional va elektron - mikroskopik usullar yordamida 5 - 10 Gr nurlanish berilganda miokarda o'zgarishlar yuzaga kelishini aniqladi. Bu kuzatishlar keyinchalik S.Tayardo va A.Styuard⁴⁷ tadqiqotlarida ham o'z isbotini topdi.

Nafas olish organlari - Katta yoshdagi odamlarning o'pkalari kapillyar tizimda kichik proliferativ faollikka ega turg'un organ bo'lib, unda nurlanish asoratlari darhol yuzaga chiqmaydi. Sichqonlar ko'krak qafasi atrofi katta doza miqdorlarida nurlantirilganda, ular 100 - 160 kundan so'ng o'pka mevonitlaridan halok bo'lgan. Bunda T.Fillips⁴⁸ ma'lumotlariga ko'ra, bir marotabaik nurlantirilganda LD_{50/160} 13 GpH, 20 maratabalik fraktsiyalanganda esa - 45 Grdan ortig'ini tashkil qilgan. Gistologik tekshirishlar o'pkalardagi dastlabki o'zgarishlar 20 Gr dozada nurlantirilgandan 3 oydan so'ng kuzatilishini ko'rsatdi.

Nafas olish tizimi organlari barchasi nurga nisbatan turlicha sezgirlikka ega: burun bo'shlig'i tog'ayi va plevrasi radioresistent; o'pkalarning limfotik sistemasi va qon-tomir tizimi, shuningdek, bronxlar epitelisi va hujayrasi, alveolar radiosezgir hisoblanadi.

Ayiruv organlar - Buyraklar - nur ta'siriga turg'un organ hisoblanadi. Odatda buyraklarning nurdan zararlanishi hayvonlarda bir necha 10 Gr larda nurlantirilgandagina kuzatiladi. Buyrak o'zgarishlari gemorragik belgili toksik nefropatiya sifatida yuzaga chiqadi. Nur kasalligining eng cho'qqilarida buyraklarning kanal tizimi va qon tomirlari bo'ylab qon aylanishida buzilishlar kuzatiladi. L.Gempelman, G.Lisko va D. Goffman Los-Alamossk⁴⁹ laboratoriyasida sodir bo'lgan halokamni o'rganib, nurlanishdan so'ng 9 - kuni halok bo'lgan bemorda buyrak infarkti, 24 - kuni halok bo'lgan bemorda esa terminal anuriya va azot tutib qolinishiga sabab bo'luvchi buyrak kanallarining degeneratsiyasi sabab bo'lganligi aniqladilar. O'tkir nur kasalligining dastlabki kunlarida buyraklar vaznining ortishi uning tomirlarida ko'p miqdorda suv to'planishi bilan bog'liq. Yuqori dozalarda buyraklar biokimyoviy o'zgarishlarga uchraydi: ishqoriy va kislotali fosfotazalar, aminotransferazalar faolligining ortishi; esteraza, katalaza fermentlari faolligining susayishi, oqsil sintezi bosqichlarida, peptidazalar faolligida, shlyuk bilan chiqariladigan aminokislotalar miqdorida o'zgarishlar kuzatiladi.

⁴⁶ Воробьев Е.И. Радиационная кардиология. -М.: Атомиздат, 1971 г. - с. 266.

⁴⁷ С. Кузьмин, И. Маслова. Земноводные российского Дальнего Востока, стр 401

⁴⁸ Генетика, Том 21, Выпуск 1-6 Академия наук СССР, 1985 г. стр 72

⁴⁹ Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology, and Immunology. Institute of Epidemiology and Microbiology, 1975, p 147

Biriktiruvchi va muskul to'qimalari – buyraklardan ham nur ta'siriga turg'un hisoblanadi. Kuchsiz mushak atrofiyasi 50 Gr dozadan yuqoriroq dozalarda kuzatiladi. Funktsional va biokimyoviy o'zgarishlar ichak sindromida ham rivojlanadi, biroq ular kuchsiz ifodalanadi. Masalan, 10 Gr doza nurlanishda muskullar tarangligi(tonusi) ish qobiliyatining susayishi va relaksatsiya vaqtining ortishi kuzatiladi: fosforli birikmalar almashinuvining, fosforilaza, sunktsinat dehidrogenaza, sitoxromokosidaza faolligining, skelet mushaklarida glikogen miqdorining kamayishi va boshqalar. Ma'lumki, muskullar organizmda to'qimalararo moddalar almashinuvida boshqa organlar uchun oqsillar, fosforli birikmalarining donori hisoblanadi, shuning uchun nurlangan hayvonlar muskullarida yuzaga kelgan o'zgarishlar umumiy nur patologiyasiga ta'sir etmay qolmaydi. Biriktiruvchi to'qima o'zgaruvchanligini ortishi halokati dozalar ta'siridan so'ng dastlabki kunlarda yuzaga chiqadi va ikki-uch hafta davom etadi. O'tkazuvcchanlik ortishining sababi, bu asosiy biriktiruvchi modda fibroblastlarning radiatsion zararlanishining va mukopolisaxaridlarning parchalanish tezligining ortishidir. Ionlovchi radiatsiya gialuron kislotasining depolimerizatsiyasini yuzaga chiqarishi, teri biriktiruvchi to'qima tolalari mukopolisaxaridlari yopishqoqligining susayishiga ham ta'sir qilishi mumkin.

Suyak va tog'ay to'qimalari - Voyaga etgan va qari organizmlarning shakllangan suyak va tog'ay to'qimalari nurga nisatan yuqori turg'unlikka ega. Biroq o'sish davrida suyaklar va tog'aylar ionlantiruvchi nurlar ta'siriga o'ta sezgir bo'ladi. To'qimalar sezgirligi uning turli qismlarida bir xil emas va ular rivojlanish bosqichiga bog'liq bo'ladi. O'tkir nur xastaligida osteoblastlar miqdorining kamayishi, tog'ay hujayralarining anomal bo'lishi kuzatiladi. Nurlantirishdan bir necha kun o'tgach suyaklanish zonasida tog'ay to'qimalarining dastlabki ortiqcha gipetrofiyasi kuzatilib, ular o'zida vakuolarni tutadi va piknotik yadrolar yaqqol ko'zga tashlanadi. Hafta o'tgach, tog'ay va g'ovaksimon suyaklar to'liq ajraladi, g'ovaksimon suyaklar plastinkasida osteoblastlar yo'qoladi va o'tlik osteocishtar paydo bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Serebral sindromni tavsiflab bering.
2. Nurlanishga qarshi nerv to'qimasi qanday javob qaytaradi?
3. Kritik organlar deb nimaga aytiladi va unga qaysi organlar kiradi?
4. Repopulyatsiya hodisasini tushuntiring, repopulyatsiv tiklanish deb nimaga aytiladi?
5. Endokrin bezlar va qalqonsimon bez ni nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
6. Oshqozon osti bezi va qalqon oldi bezilari ni nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
7. Jigarni nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
8. Urug'don va tuxundonlarni nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
9. Ko'rish a'zolari va ovqat xazm qilish organlarini nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
10. Yurak-qon tizimini nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
11. Nafas olish va ayirish organlarini nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.
12. Biriktiruvchi va muskul, suyak va tog'ay to'qimalarini nurga sezgirlik xususiyatlarini tavsiflang.



48-rasm. Inson organizmi va organlarining radiatsion xavfli ko'effitsientlari

V bob. IONLANTIRUVCHI NURLARNING YAXLIT ORGANIZMGA TA'SIRI

Ionlantiruvchi nurlarning ko'p hujayrali organizmlarga ko'rsatadigan ta'sirini tekshirish katta ahamiyatga ega. Chunki radiobiologiyaning asosiy masalasi odam, hayvon va o'simliklarni ionlantiruvchi radiatsiyaning zararli ta'siridan himoya qilish yo'llarini topishdan iborat.

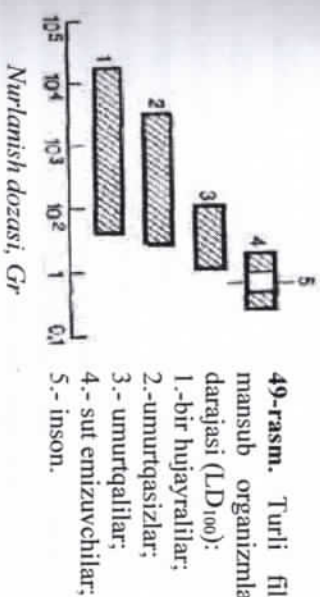
Biologik sistema strukturasiining murakkablasha borishi bilan ularda radiatsiyaga javoban amalga oshadigan test – reaksiyalarning xarakteri ham o'zgarib boradi. Radiatsiya ko'p hujayrali organizmlarda bir qator ham o'zgarishlarga sabab bo'lib, ularning majmua – **radiatsion sindromi** tashkil etadi. Nurlantirilgan hujayraning asosiy test – reaksiyallari hujayra halokati va xromosoma mutatsiyasidan iborat bo'lsa, ko'p hujayrali organizmning nurlantirishga ko'rsatadigan test – reaksiyasi murakkab kechadi. Chunki organizmning nurdan halok bo'lishi patologic jarayonlarning bir-biriga ustlanishi natijasida kelib chiqadigan nur xastaligidir.

5.1. Tirik organizmlarning ionlovchi radiatsiyaga sezgirligi

Tirik organizmlarning ionlantiruvchi nurga sezgirligi turlichadir. 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 taksonlararo ancha farqlanadi (43-rasm).

Umuman, organizmlar nur sezgirligini baholash uchun yashovchanlik ko'rsatkichi ishlatilib, u nurlantirilgan populyatsiyaning 50 yoki 100% halokatiga sabab bo'luvchi, dozalar LD_{50} yoki LD_{100} orqali ifodalanadi. Sutmizuvchilar nur sezgirligi aniqlanganda, ularning nurlantirilgandan keyin o'tgan 30 kun davomidagi yashovchanligi $LD_{50/30}$ olinadi. Bu muddatning tanlanishi shunga asoslanganki, sutemizuvchilarda nur xastaligining o'tkir davri asosan 30 kundan so'ng tamom bo'ladi. 16 - jadvalda ba'zi bir sut emizuvchilarning yarim

halokat dozalari keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, sutemizuvchilar bu ko'rsatkich bo'yicha ham o'zaro keskin farqlanadi.



Ba'zi bir sut emizuvchilarni rentgen yoki gamma nurlar bilan bir marta nurlantirilganda olingan $LD_{50/30}$ ko'rsatkichlarining taxminiy kattaliklari

Ob'ekt	$LD_{50/30}$, Gr
Mongol qumsichqoni	10,0-13,0
Sug'ur	6,5-9,0
Yumron qoziq	5,5-8,5
Cho'lsichqon	5,5-8,0
Olmaxon	5,0-8,0
Ko'rshapalak	5,0-7,5
Kalamush	4,5-7,0
Sichqon	4,0-6,5
Echki	3,0-5,5
Maymun	3,0-5,5
Odam	2,5-4,0
It	2,5-4,0
Cho'chqa	2,5-3,5
Dengiz orti cho'chqasi	1,5-3,5

Tirik organizmlar ichida radiatsiyaga nisbatan chidamli mikroorganizmlar hisoblanib, ular juda katta dozalariga bardosh bera oladi. Ularning halokat dozasi yuz, hatto 1000 Greyga ham borib yetadi.

Ular orasida shunday "rekordsmenlar" borki, masalan, yadroviy reaktorlarini sovuq uchun ishlatiladigan suvda yashovchi *Micrococcus radiodurans* 10 kGr dozaga bardosh beradi. Ammo o'sha mikrokokklardan *M.sodensis* ionlantiruvchi nurga ularga nisbatan 25 marta chidamsiz. Ichak tayogchasining ko'pgina shlammlarda LD₅₀ γ – nurlanish ta'sirida rivojlanishning keskin susayishi kuzatiladi. So'nggi yillarda sezgir biologik dozimet sifatida radiobiologlar tomonidan aktinometet shamlardan biri qo'llanilmoqda. Yuksak o'simliklar radiatsiyaga nisbatan yuqori turg'unlikka ega: LD₁₀₀ doza ko'rsatkichi amalda yuz va, hatto, ming gregacha etadi. O'simliklar radiosezgirlikni aniqlash usullaridan biri ularni gamma maydonlarida surunkali nurlantirishdir. 17 – jadvalda turi avtorlar tomonidan yuksak o'simliklar uchun LD₁₀₀ ko'rsatkichi va surunkali nurlantirish natijasida o'simliklar o'sishi va rivojlanishini susaytiruvchi γ – nurlanishning kunlik miqdori keltirilgan.

17-jadval
Ba'zi o'simliklarning γ – nurlanishga nisbatan turg'unlik ko'rsatkichlari

Ob'ekt	Surunkali nurlantirishda o'sishni keskin susaytiruvchi nurning kunlik miqdori, Gr
Qarag'ay	0,1
Liliya	0,2
Tradetskantsiya	0,4
Dukkakdosklar	3
Lyupin	4
Makkajo'xori	5
Bryukva	10
Arabidopsis	40
Gladiolis	60
Ob'ekt	LD ₁₀₀ , Gr
Dukkakdosklar	100
Makkajo'xori	150
Bug'doy	150
Kanop	250
Lyupin	500
Suli	500

Kanakunjut	1000
Rediska	3000
Gorchitsa	4000
Karam	4000

Olimlar tomonidan bir qancha qiziqarli ma'lumotlar o'simlik urug'lari nurlantirilganda olingan: qarag'ay va liliya urug'lari greyning o'ndan bir ulushlarida unuvchanlikni yo'qotgan holda, boshqa tur o'simlik (rediska, grechka, karam) urug'larining unishiga o'n va undan ortiq grey miqdordagi doza stimullovchi ta'sir ko'rsatgan. O'simliklarning nurlanishga nisbatan turg'unligidagi bunday farqlanish sabablari hali to'liqicha o'rganilgan emas.

Organizmlarning nur sezgirliigi 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 sezgirliigini modifikatsiyalash mumkin. Bir qator kimyoviy moddalar borki, ular organizmning nur sezgirliigini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin.

Organizmlarning nur sezgirliigi, ularning ovqat ratsioni, fasliy uyquga ketishi va hokazolarga bog'liq holda ham o'zgaradi. Masalan, qumli joylarda yashovchi bir qator kemiruvchilar sutemizuvchilar uchun xos bo'lmagan nurga nisbatan yuqori turg'unlikka ega. Agar ular laboratoriya sharoitida boqiladigan oddiy kalamush va sichqonlar ozuqa ratsioni bilan boqishga o'tkazilsa, ularning nurga nisbatan turg'unligi pasayadi va, aksincha, oq sichqon va kalamushlar cho'l kemiruvchilari oziqlanadigan o'to'lanlar bilan boqilganda, ularning radiorezistentliigi ortgan. Nurga nisbatan sezgirlikning ortishida parhezning ahamiyati kattaligi haqida ko'rsahapalalarda o'tkazilgan tajribalar ham dalolat beradi. Tabiiy sharoitda ularning nurga nisbatan turg'unligi ko'pchilik sutemizuvchilarniki singari bo'lib, biroq tutqinlikda ular oziqlanishdan bosh tortganligi uchun ularning nurga nisbatan turg'unligi 20 -50 barobar ortgan.

Jismoniy harakat, tana haroratining o'zgarishi va moddalar almashinuvi jarayonlarining kechishiga ta'sir qiluvchi boshqa omillar ham nurga nisbatan turg'unlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi. 50 yillarga kelib, q

Storer, Gompelman, Andjus, Smit va boshqalar⁵⁰ o'z tadqiqotlarida kalamush va sichqonlarning tana haroratini +5 - 0°C ga qadar pasaytirish, ularga nurdan himoyalovchi effekti sifatida ta'sir qilishni aniqladilar. Taxminlarga ko'ra, bu hodisa moddalar almashinuvi jarayonining susayishi bilan bog'liq. Qishki uyqu holatidagi bo'rsiq, yumronqoziq va boshqa hayvonlar ham kuzatilganda yuqoridagi holat qayd etilgan. Bunday holatdagi hayvonni halok qilish uchun juda katta miqdordagi nurlanish – o'n va hatto 100 Gr doza talab qilinadi. Agar hayvonlar nurlantirilgandan so'ng darhol uyg'otib olinsa, u holda nurdan zararlanish tez kechadi va uyqusizlik holatida bo'lgan hayvonlardagi singari 1 – 10 Gr dozada kuzatiladi. Qizig'i shundaki, haroratning tushirilishi gomoyoterm hayvonlarda nurga sezgirlikning ortib ketishiga olib keladi. Taxminlarga ko'ra, bu moddalar almashinuvi jarayonining kompensator tarzda oshishiga bog'liq bo'lib, u nurdan zararlanishning ortishiga olib keladi.

Nurga nisbatan sezgirlikning ontogenez bosqichlariga bog'liqligi haqida hashoratlarda o'tkazilgan tajribalar dalolat beradi. Ularning nurga bo'lgan sezgirligi tuxum, lichinka, g'umbaklarni yo'q qilish va voyaga etgan vakillarini sterilash maqsadida to'liq o'rganilgan. Umuman olganda, hashoratlarning nurga sezgirligi ontogenez davomida kamayib boradi. 18-jadvaldan ko'rinib turibdiki, Drosophilalarda tuxumining rivojlanishi bilan ularning nurga bo'lgan turg'unligi bir necha bor ortadi, g'umbak bosqichida u o'n barobar, voyaga etgan vakillarida esa u embrionga nisbatan yuz barobar nurga turg'un hisoblanadi.

18-jadval Ba'zi biologik ob'ektlarni nurlantirganda LD₅₀ ko'rsatkichi (rentgen va *ea γ*–nurlari bilan nurlantirilganda)

Ob'ekt	LD ₅₀ , Gr
<u>Viruslar:</u>	
Poliomlar	7000
Tamaki mozaikasi	4500
<u>Bakteriyalar:</u>	
Micrococcus radiodurans	7500
B. mesentericus.	1500

⁵⁰ Ю. Е. Кудряшов, Б. С. Беренфельд, Основы радиационной биологии, Москва, 1982 г.

Micrococcus sodensis	300
E. coli	50-100
<u>Suv o'tlari:</u>	
Chroococcus	1000
Chlorella	180
Yuksak o'simliklar	10-1500
<u>Umutqasizlar:</u>	
Sodda anyobalar	2000
Diffugia	1000
Amoeba proteus	
<u>Infuzoriyalar:</u>	
Ophryoglena mucifera	7000
Ophryoglena atra	5500
Ophryoglena pectans	4000
Paramecium caudatum	3000
Yassi ichaklilar:	
Anemonia sulcata	2500
Hydra fusca	50
<u>Mollyuskalar:</u>	
Thais	200
Radix japonica	120
Bo'g'imoyoqlilar:	
Artemia salina	200-900
Daphnia magna.	50
<u>Astidivylar:</u>	
Heterodera	30
<u>Ne'matodalar:</u>	
Molgula	50
<u>Hashoralar:</u>	
Drosophila (imago)	950
Drosophila (g'ymbak)	20-65
Drosophila (7-soatlik tuxumlar)	8
Drosophila (4-soatlik tuxumlar)	5
Drosophila (3-soatlik tuxumlar)	2
Chaoborus (lichinka)	100-250
Tribolium confusum (imago)	200
Calandra granita (imago)	50
<u>Umutqalilar:</u>	
Ilonlar	80-200
Toshbaqalar	15-20
Tritonlar	25-30
Baqalar	5-10

Kaptarlar	25-30
Tovuglar	10-15
Baliqlar	5-20

Voyaga yetgan vakillarda nurga nisbatan turg'unlikning yuqori bo'lishi ular gemolinfasida himyalovchi endogen moddalar – aminokislotalar, polipeptidlari, amidlarning mavjudligi, shuningdek, to'qimalarda kislorod miqdorining kam bo'lishiga olib keluvchi traxeya bilan nafas olishga o'tilish bilan izohlanadi.

Ma'lum bo'ldiki⁵¹, hasharotlarda ontogenezning turli davrlarida nurga bo'lgan 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'lmashligi, hujayrada endogen himoya va sensibillovchi moddalarning mavjud va mavjud emasligi, to'qimalardagi kislorod miqdori, metabolizm jarayonlarining jadallik darajasi va hokazoga bog'lab izohlashga xarakter qilishadi. Quyida A.M.Kuzin⁵² tomonidan to'qimalar nurga sezgirliги va bir qator fizik – kimyoviy omillar hamda fiziologik ko'rsatkichlar o'trasidagi bog'liqlikni ifodalovchi tenglik keltirilgan bo'lib, u orgali to'qimalarning nurdan zararlanish va undan qayta tiklanish yo'llarini aniqlash mumkin:

$$R = \frac{K_1[O_2] + K_2[PTR] + K_3FFO + K_4TTR + K_5TO_{umum}}{K_6GFTO + K_7TO + K_8HMM + K_9TO_{mahal}}$$

bu erda, R – to'qima yoki hujayra populyatsiyasi radioresistentligi; K – koefitsientlar; $[O_2]$ – kislorod quvvati; $[PTR]$ – radiotoksin old mahsulotlari miqdori; FFO – hujayralar halokatini ta'minlovchi fermentlar faolligi omili (bunda natijaga old mahsulotlarni faol

radiotoksinlarga aylantiruvchi fermentlar, balki hujayraning interfaza halokatida muhim ahamiyatga ega bo'lgan fermentlar ham hisobga olinadi); TTR – qayta tiklanish tizimining radiosezgirliги(aniqlanishicha, qayta tiklanish tizimining o'zi ma'lum ko'rsatkichdagi radiosezgirlikka ega); TO_{umum} va TO_{mahal} – umumiy va mahalliy nurlanishda tashqi muhit bilan bog'lovchi omillar(organizm to'qimalaridagi moddalar almashinuvi intensivligi nazarda tutiladi). Mahalliy nurlanishda to'qima yuqori TO_{mahal} ga ega bo'lsa, to'qimada tezlik bilan radiotoksin old mahsulotlarining yo'qotilishi va unga bog'liq holda radiosezgirlikning pasayishi kuzatiladi. Umumiy nurlanishda to'qimaning yuqori TO_{umum} ga ega bo'lishi atrofda hujayralardan radiotoksinlarning kelishini quvvatlaydi va radiosezgirlik mos ravishda ortadi; GFTO – genomning fiziologik turg'unlik omili (xromosoma hajmi qanchalik kichik bo'lsa, DNK va iRNK sintezi jarayoni qanchalik sekin kechsa, DNK diffundirovchi radikallar va birlamchi radiotoksinlar ta'siridan himyalovchi oqsillar bilan qanchalik ko'p repressiyalangan bo'lsa GFTO shunchalik katta bo'ladi); TO – tiklanish omili (tiklanish intensivligi hujayrada maxsus fermentlar, makroerglar, resintez uchun metabolitlar, bog'lanish sharoitlari va nurlangan to'qimadan birlamchi radiotoksinlarning olib tashlanishiga bog'liq bo'ladi); HMM – himoya moddalari miqdori (tabiiy antioksidantlar va sun'iy kiritilganlari).

5.2. O'tkir va surunkali nur xastaligi

Normada o'zak to'qimalar hujayraviy populyatsiyasining soni miqdoriy qonunlarga binoan qat'iy o'zgarib turadi. Agarda hujayralarning bir qismi nur ta'sirida qirilib ketse, bo'linish xossasini yo'qotmagan hujayralar sikl harakatini tezlatadi va bo'linish normasini oshirish yo'li bilan radiatsiyaning hujayra populyatsiyasiga yetkazgan zararini qoplaydi. Bunday hodisa **repopulyatsiya**, o'zak to'qimalarining tiklanishi esa, **repopulyatsiv tiklanish** deb ataladi. O'zak to'qimaning repopulyatsion tiklanish davrida to'qima hosilalari yuzaga kelishining sekinlashuvi yoki o'zak to'qima bajaradigan funktsiya intensivligining susayishi holi ham yuz berishi mumkin. Mana shu jarayonlarning hammasi nur xastaligining simptomlarini tashkil etadi.

⁵¹ Реферативный журнал: Биология. Выпуск 4. ВИННИТИ, 1982 г. Стр 63

⁵² Кузин А.М. Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии. – М.: Наука, 1986 г.

O'tkir nur xastaligi

Odami va hayvonlarning nurdan zararlanishi sistemaviy xarakterga ega bo'lib, nur dozasi bog'liq holda har xil namoyon bo'ladi. O'tkir nur kasalligining klinik jihatdan namoyon bo'lishi, nurdan zararlanishning 3 xil patogenetik mexanizmlari bilan o'zaro farqlanadi.

1. Tuban dozalarda, kritik to'qima sifatida ilk namoyon bo'lib, uning zararlanishi gemopoezda o'z aksini topadi (ilk sindromi).

2. Katta dozalarda halokat ichak to'qimalarining zararlanishi natijasida sodir bo'ladi (ichak sindromi).

3. O'ta katta dozalarda esa halokat bosh miyaga daxldor zararlanishlar natijasida kelib chiqadi (serebral sindrom).

O'z-o'zidan ma'lumki, organizmning nurlanishga ko'rsatadigan test – reaksiyasi nuqtai nazaridan, kritik to'qima sifatida har xil to'qimalar namoyon bo'lishi mumkin. Masalan, test – reaksiya sifatida, bir nechta avlodlarda yig'ilib, mutatsiyalarda o'z aksini topadigan irsiy zararlanishlar olinsa, tabiiyki bunday holda, kritik organ gonad bo'lib chiqadi.

Organizm bir marta nurlantirilganda yutilgan doza 1 J/kg yoki undan katta bo'lganda, unda **o'tkir nur xastaligi** yuzaga keladi. O'tkir nur xastaligining quyidagi darajalari farqlantiriladi. Yutilgan doza 1 - 2,5 J/kg ni tashkil etganda xastalikning yengil (birinchi) darajasi, doza 2,5 - 4 J/kg doirasida o'rta (ikkinchi) va nur dozasi 4 - 10 J/kg oralig'ida og'ir (uchinchi) darajasi qayd etiladi.

O'tkir nur xastaligining avj olishi uch davrni o'z ichiga oladi, ya'ni xastalikning namoyon bo'lish, sog'ayish va asorat – oqibat davrlaridir.

Xastalikning namoyon bo'lishi o'z navbatida, to'rt fazani o'z ichiga oladi: **birinchi reaksiyalar** fazasi, **yolg'on sog'ayish** (latent yoki yashirin fazasi), **xastalikning avj olish** fazasi va nihoyat **sog'ayish** fazasi.

Birinchi o'zgarishlar fazasi, organizmning yutgan dozasi 2 J/kg dan oshganda nurlanishdan keyingi dastlabki minut va soatlarda ishtahaning yo'qolishi, ko'ngil aynishi, qayd qilish, bosh og'rig'i va umumiy darmonsizlik tarzida namoyon bo'ladi.

Nisbatan yuqori dozalarda bu o'zgarishlarga qon bosimining keskin kamayishi bilan karxilikka o'xshagan holat, qisqa muddati o'zidan

ketish, subfibril harorat, oshqozon – ichak yo'llaridagi izdan chiqish, nerv – reflektor faoliyatidagi buzilishlar, qon tarkibining o'zgarishi va ilikkdagi qon hosil qiluvchi hujayralar sonining o'zgarishi qo'shildi. Yutilgan nur dozasi 3 J/kg dan oshganda, moddalar almashinuvi jadaligi ortadi, gidrolitik fermentlar faollanadi, qonda qand va bilirubin miqdori ortib, xloridlar miqdori kamayadi, siydikda boshqa metabolitlar bilan bir qatorda, kreatin miqdori oshib ketadi. Bu xil o'zgarishlar bir necha kun davom etadi.

O'tkir nur xastaligi			
O'tkir nur xastaligining darajalari	Dozalar Gr	Bemorlar soni	Yalor eiganlar soni
Yengil (I)	0,8 - 2,1	41	1
O'rta (II)	2,2 - 4,1	50	7
Og'ir (III)	4,2 - 6,4	22	7
Juda og'ir (IV)	6,5 - 16	21	20
JAMI	0,8-16	134	28

50 -rasm. O'tkir nur xastaligining darajalari va uning oqibatlari

Yolg'on sog'ayish davri yuqorida sanab o'tilgan belgilarning (simptomlarning) yo'qolishi bilan xarakterlanadi. Bu fazaning muddati yutilgan doza kattaligiga teskari munosabatta bo'lib, yutilgan doza 10 J/kg dan oshganda bu fazasi, umuman qayd etilmaydi. Tuban dozalar holida bu davrda qon hosil qiluvchi sistemalar – ilk, qora taloq, limfoid to'qimalarning zararlanishi yuz beradi. Qonda neytrofilar soni kamayadi, keyinroq trombosit va retikulotsitlar ham kamayadi. Gonad atrofi yalanadi, spermatogenezning dastlabki bosqichlari susayadi. Bu fazada nevrologik simptomlar yo'qoladi.

Navbatda, latent fazasi xastalik fazasi bilan almashtinadi. Bemorning ahvoli keskin yomonlashadi, tana harorati ko'tariladi, darmonsizlik avj oladi. Bu fazada yo'qolgan simptomlarining to'la kompleksi yoki simptomlarning ayrim kompleklari namoyon bo'ladi. Barcha biokimyoviy va fiziologik jarayonlar buziladi. Gemorragik (qon qo'yilish) sindrom asosiy o'ringa chiqadi. Mazkur sindrom terining

kuchi qizarishi, oshqozon-ichak yo'llarida katta miqdorida qon qo'yilishi, yurak, bosh miya va o'pkalarda qon ketishi bilan kechadi. Qonning hujayraviy tarkibi keskin o'zgaradi. Qonda faqat limfositlar qolib, boshqa oq qon tanachalari yo'qoladi yoki ularning soni keskin kamayib ketadi. Kamonlik avj oladi. Xastalikning avj olish davrida oshqozon – ichak yo'llari, jigar, buyrak, jinsiy organlar, teri, yurak hamda nerv va endokrin sistemalar faoliyati buziladi.

Yutilgan doza kattaligiga bog'liq holda, navbatda yo so'ngi daqiqaga (o'lim) yoki agar yutilgan doza 7 JG'kg dan oshmasa sog'ayish davri boshlanadi. Yutilgan doza 10 JG'kg dan oshib ketganda xastalik shunchalik tez avj oladiki, uning fazalarini ajratib bo'lmaydi.

Sog'ayish fazasi 1–2 oy davom etishi mumkin. Bunda qayd etilgan simptomlar yo'qolib, organ, sistemalar faoliyati asta – sekin tiklanadi. Ammo, ba'zi bir simptomlar saqlanadi. Masalan, reproduktivlik faoliyat har doim ham tiklanavermaydi, soch to'kilish esa avj oladi.

O'TKIR NUR XASTALIGINI SHAKLLARI

№	Shakllari	Dozalari	Belgilari
1.	Ilk (gematologik)	1,0 dan - 10 Gr gacha	Turli og'irlik darajasidagi gematopoez shikastlanishi
2.	Ichak	10 dan - 20 Gr gacha	Oshqozon-ichak traktini ko'proq zararlanishi
3.	Toksemik (qon tomlari)	20 dan - 80 Gr gacha	Og'ir gemodinamik zararlanish
4.	Serebral	50 dan - 80 Gr gacha	Nerv tizimini zararlanishi

51 -rasm. O'tkir nur xastaligining shakllari

Agar organizmning ayrim qismlari nur ta'siriga yo'liqgan bo'lsa, u holda, nurdan zararlanish yutilgan nur dozasi va nur ta'siriga yo'liqgan organning tabiatiga bog'liq holda har xil bo'ladi. Yutilgan doza katta bo'lsa, nurlantirilgan organning qaysi bir organ bo'lishidan qat'iy nazar, bari-bir halokat ro'y beradi. O'rta dozalarda radiatsiyaga eng sezgir organlar – bu qorin bo'shlig'i organlari, ya'ni ichaklarning ma'lum qismi, ilk va qora taloq hisoblanadi.

Yutilgan nur dozasi 10–100 Gr oraliqida bo'lganda, sutemizuvchilarning yashash muddati dozaga bog'liq bo'lmagan holda, 3,5 sukanani tashkil etadi (Raevskiy effekti – Oshqozon-ichak sindromi)⁵³. Doza 100 Gr dan oshganda hayvon dastlabki bir necha soat yoki bir necha kundan so'ng halok bo'ladi. Sindrom – serebral sindrom nomi bilan yuritiladi. Bunda markaziy nerv sistemasining faoliyati butunlay ishdan chiqadi.

Nurlanish dozasi, Gr	Klinik formasi	Og'irlik darajasi	O'lim, %	Mobud bo'lish muddatlari
1 – 2	Qizil ilk	Yengil	–	–
2 – 4		O'rta	5	40 – 60
4 – 6		Og'ir	50	30 – 40
6 – 10		Juda og'ir	95	11 – 20
10 – 20	Ichak		100	8 – 16
20 – 50	Toksemik		100	4 – 7
50 dan yuqori	Serebral		100	1 – 3

52-rasm. Tashqi nurlanishdan kelib chiqqan o'tkir nur kasalligining klinik ko'rinishi va zararlanish darajalari

Agar yutilgan doza 1000 Gr dan oshib ketse, hayvon shu zohatning o'zida halok bo'ladi (nur ostidagi o'lim). Bunday halokat "molekulyar o'lim" deb ham atalib, bunda organizm makromolekularining yoppasiga strukturaviy buzilishi ro'y beradi.

Surunkali nur xastaligi

Surunkali nur xastaligi organizm uzoq muddat davomida tuban dozalarda nurlanganda paydo bo'ladi. Guskova A.K.⁵⁴ surunkali nur xastaligini organizmning umumiy nurlanishi va ayrim qismlarining mahalliy nurlanishidan iborat ikki variantga ajratadi.

Birinchii variant – organizmning uzoq muddat davomida, bir tekis yoki notekis nurlanishi tufayli yuzaga keladi. Ikkinchi varianti –

⁵³ Вопросы Онкологии, Том 14, Выпуск 2, Издательство: Медицина, Ленинградское отделение, 1968 г. стр 92.

⁵⁴ А.К.Гускова, Г.Д.Байсоголов. Лучевая болезнь человека, Москва, 1970 г.

radiativ izotoplarning organ to'qimalarda tanlab to'planishi yoki tana qismlarining nurlanishi yoxud tashqaridan bo'ladigan mahalliy nurlanishlar tufayli sodir bo'ladi.

Surunkali nur xastaligi o'tkir nur xastaligidan klinik namoyon bo'lish muddatlarining vaqt davomida cho'zilib yuzaga kelishi bilan farqlanadi. Bunday xastalik doza quvvati 10^{-5} – 10^{-3} J/kg sutkada, yig'indi doza 0,7–1,0 J/kg ni tashkil etganda distrofik o'zgarishlarning sekin avj olishi, reparativ jarayonlarning uzoq vaqt davomida amalga oshishi bilan xarakterlanadi. Xastalik shartli ravishda yengil, o'rta va og'ir darajalarga bo'linadi.

Ikkinchi variantda, klinik namoyonlik sust kechadi. Ammo, to'qimalardagi mahalliy o'zgarishlar organizmning umumiy reaksiyasidan kuchliroq namoyon bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Radiatsion sindrom qanday jarayon?
2. Organizmlar nur sezgirligini baholash uchun qanday ko'rsatkichi ishlatiladi, nurlantirish dozalar qanday ifodalanadi?
3. O'tkir nur kasalligi nima, u qanday yuzaga keladi, nurdan zararlanishning patogenetik mexanizmlarini aytib bering?
4. Xastalikning namoyon bo'lishi necha fazani o'z ichiga oladi, fazalarni tavsiflab bering.
5. Surunkali nur xastaligi nima va u qanday yuzaga keladi?
6. Surunkali nur xastaligi o'tkir nur xastaligidan nima bilan farqlanadi va necha darajadan iborat?

5.3. Ionlantiruvchi nurlanishning immunitetga ta'siri

Nur xastaligining rivojlanishi davrida organizmning yuqumli kasalliklarga chidamliligi kamayadi: organizmning yuqumli kasalliklarini qo'zg'atuvchilarga tabiiy turg'unligi yo'qoladi, sun'iy immunitet kamayadi, uning barcha turlarida buzilishlar kuzatiladi. Organizmning yuqumli kasalliklarga tug'unliklarining pasayishiga bir qator omillar sabab bo'lib, ularga quyidagilarni kiritish mumkin: to'qima oqsillarining buzilishi va denaturatsiyasi, gisto–gematik to'siqning buzilishi, qizil ilikning zararlanishi, antianalar ishlab chiqarishning susayishi, ichak devori va limfa tugunlari to'qimalarining buzilishi, jigar,

qora taloq to'siq vazifasining buzilishi, qon plazmasi bakterisid xususiyatlarining o'zgarishi, leykopeniya, fagotsitozning susayishi, bakteremiya va autoinfeksion jarayonning rivojlanishi. Nurlanish olgan hayvonlarda bakteremiya holatida bakteriyalarning to'qima va organlarga borishi, ularning normal mikroflora (ichak, burun bo'shlig'i va boshqalar)dan qonga o'tishi orqali sodir bo'ladi. Bakteriemiya holati 1–2 Gr dozalarida ham kuzatilib, doza miqdori ortishi bilan u kuchayib boradi. U o'tkir nur xastaligining 2–4 kunlaridan sezilib, rivojlanib boradi va ikkinchi hafta so'ngigiga borib maksimal rivojlanishni namoyon qiladi. Mikroorganizmlarning ichak florasidan qonga va u orqali organlarga tarqalishiga nur ta'sirida ichak shilliq qavati va kapillyarlarining, retikulo–endotelial to'siqlarning buzilishi va leykopeniya sabab bo'ladi. Ichak mikroflorasi qonga oson o'tadi va tez rivojlanadi, bunga qonning bakterisid xususiyatlarining susaygani ham sabab bo'ladi.

Bakteriemiya yuzaga chiqaruvchi asosiy sabablarga nurlanishdan so'ng ichak mikroflorasining miqdoriy va sifatiiy o'zgarishlari kiritiladi. Masalan, nurlantirilgan kalamushlar ichak florasida ichak tayogchasi va stafflokokklarning miqdori ortib, sut bakteriyalarining kamayishi kuzatiladi. Bakteriyalarning ichakdan qonga o'tishi ichakda mikroorganizmlar miqdorining ortishi va u erda ichak devorini zararlovchi moddalar (bakterial toksinlar) bo'lishiga bog'liq bo'ladi. Nurlanishli bakteriemiya autoinfeksiyaning ko'rinishi deb baholaydilar va bunga nurlangan organizmning yuqumli kasalliklarga ta'sirchanligi bilan belgilaydilar. U esa o'z navbatida oq qon tunchalarining postradiatsion holatiga bog'liq bo'ladi. Limfositopeniya sun'iy immunitetning kamayishiga, fagotsitar vazifani bajaruvchi leykotsitlar miqdorining kamayishi esa tabiiy immunitetning susayishiga olib keladi, bunda leykotsitlar migratsiyalanish xususiyatini ham yo'qotadi. Bunga sabab qizil ilik nurlangandan so'ng leykotsitlarni ishlab chiqarsa ham ular autoantianalar ta'sirida zararlanishi hisobiga o'z funksional qobiliyatini yo'qotadi. Makrofaglarda ham migratsiya va hujayra ichida hazm qilish xususiyati yo'qoladi. Nurlanish ta'sirida makrofaglarda yuzaga keladigan funksional o'zgarishlar ular

miqdorining, hujayra o'lehamlarining kamayishi, makrofağal to'qimalarning, limfa tugunlari, qora taloq, retikulo – endotelial tizimning zararlanishi natijasida yuzaga chiqadi.

Antimikrob immunitetning izdan chiqishiga asosiy sabab – bu gisto – gematik to'siqlar o'tkazuvchanligining ortishi va organizmlarda auto hamda ekzogen infeksiyalardan himoyalovchi moddalar – properdin, lizosim va boshqa endogen bakteritsid moddalar ta'sirining susayishidir. Nur ta'sirida sun'iy immunitet o'zgarishini o'rganishda ionlantiruvchi radiatsiyaning antianalar hosil bo'lishiga ta'sirini aniqlash katta ahamiyatga ega. Agar immunizatsiya nurlantirishga qadar amalga oshirilgan bo'lsa, nurlanish olgan hayvon antianalar ishlab chiqarish xususiyatini saqlab qoladi. Nurlanishdan so'ng antigen kiritilganda antianalar hosil bo'lishining susayishi limfa to'qimalarining zararlanishi va radiatsiyaning boshqa antiana hosil qiluvchi tizimlarga salbiy ta'siri bilan izohlanadi. Antianalar hosil bo'lishida ikki faza farqlanadi: dastlabki, nurga sezgir, tez kechuvchan (1-3 kundan ortiq bo'lmagan) va keyingi nur ta'siriga turg'un faza.

Nurlanishga qadar organizmga antigen kiritilganda, antiana hosil bo'lish jarayoni agar antianalar hosil bo'lishi boshlangan bo'lsa, ularni hosil qiluvchi to'qimalar (limfa tizimlari, qizililik, qora taloq) zararlangan bo'lishiga qaramay, radiorezistent xoliga o'tadi. Organizmi nurdan zararlanishi antianalar ko'rsatkichida deyarli o'zgarishlarni yuzaga keltirmaydi, dastlabki soatlarda ular miqdorining oz vaqtga kamayishini hisobga olmaganda.

Yuqumli kasalliklarga qarshi tabiiy va sun'iy immunitetning pasayishi organizmda yuzaga chiqmay yashirin kechadigan kasalliklarni surunkali shakliga aylanishiga sabab bo'ladi. Masalan, maymunlar kichik dozalarda nurlantirilganda ham ular yashirin kechadigan dezinteriya kasalligi o'tkir holatga o'tadi.

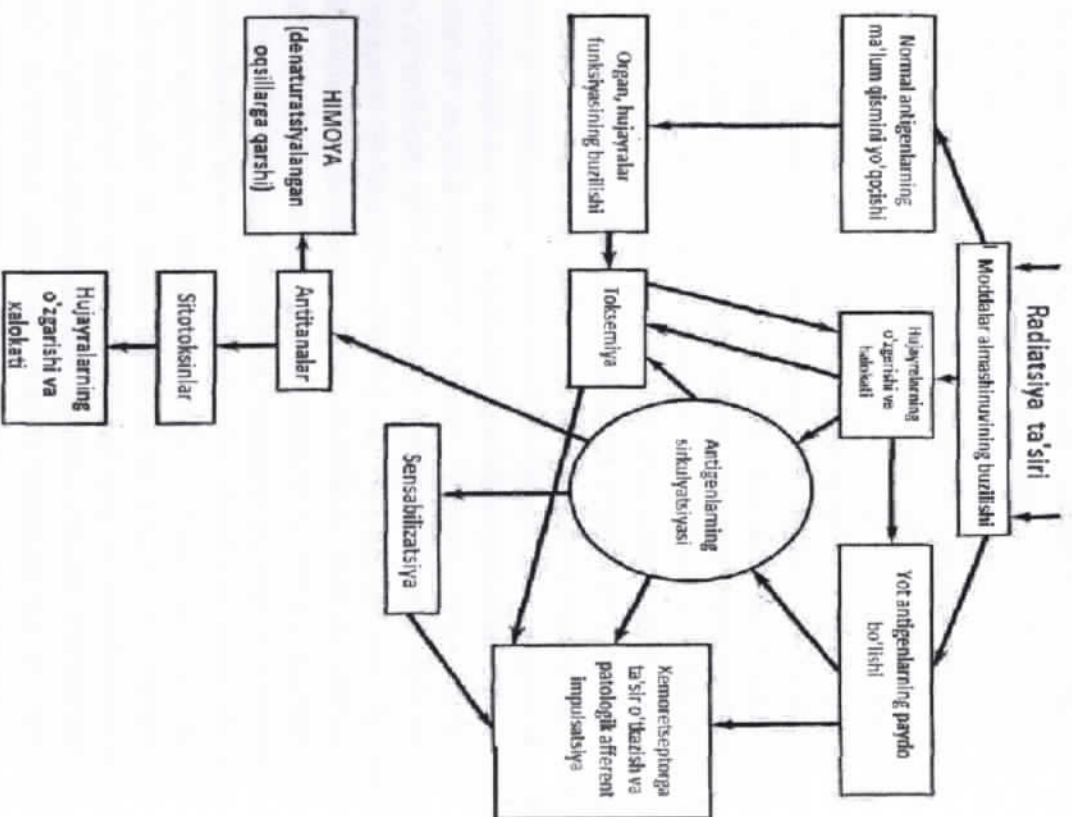
Shunday qilib, nur hastaligi davrida immunitetning susayishi organizmda rivojlanadigan turli autoimmun jarayonlar asosida kechadi. Plazma, qon zardobi, limfa va boshqa suyuqliklardagi o'zgarishlar nafaqat radiatsiyaning to'g'ridan – to'g'ri ta'siri natijasida, balki ularga zararlangan to'qima va organlarning ta'siri ostida ham kelib chiqadi: bu

hol barcha jarayonlarda gumoral himyalovchi omillarning zararlanishiga va qon oqimida autoantigenlarning to'planishiga olib keladi. Nurlangan organizmda paydo bo'ladigan autoantigenlarga to'qima oqsillarining parchalanish mahsulotlari, shuningdek, funksional qobiliyatga ega bo'lmagan – zararlanmagan to'qimalarning metabolizm mahsulotlari kiradi.

Gisto–gematik to'siqlar o'tkazuvchanligining buzilishi, to'qimalar destruktivasi va antigen xususiyatlarining buzilishi natijasida autoantigenlar qonga tushadi hamda qon oqimi bo'ylab butun organizmga sirkulyatsiyalanib, patologik holatni yuzaga chiqaradi (8 - chizma).

Quyidagi 8-chizmadan ko'rinib turibdiki, ionlantiruvchi radiatsiya organizmga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatib, hujayralar halokati va o'zgarishiga, qisman antigenlarning yo'qolishiga olib keladiki, ular o'z navbatida, hujayra va organlarda funksional buzilishlarni keltirib chiqaradi. Ushbu o'zgarishlarning barchasi nur toksimiyasining rivojlanishiga sabab bo'ladi. Qonga sirkulyatsiyalangan to'qima antigenlari organizmi infeksiyaga sensibillaydi va sitotoksik ta'sir qobiliyatiga ega antianalar hosil bo'lishini keltirib chiqaradi. Autoagenlarning bevosita va bilvosita ta'siri ostida yuzaga chiqadigan sensibilizatsiya, toksimiliya va sitotoksiklarning hosil bo'lish jarayonlari afferent nervlarda patologik impulsatsiyani keltirib chiqaradi.

Nurlantirilgan organizmda radiatsiyaning bilvosita ta'siri natijasida, immunitet-ning susayishi ko'p bosqichli jarayon bo'lib, nurga sezgir hujayra strukturalari nurlanish ta'sirida toksik va autoimmunlash effektlari ta'minlovchi to'qima antigenlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Nur hastaligi davrida patologik autosensibilizatsiya rivojlanadi, qonga sitotoksik autoantianalar chiqadi, ularni sintezlovchi hujayralar miqdori ortadi, to'qimalarning hujayra destruktivlari mahsulotlariga sezgirliigi ortadi – hujayralar zararlanishining ikkinchi fazasi yuzaga chiqadi va immun faza deb nomlanadi.



8-chizma. To'qima antigenlarining sirkulyatsiyasi

5.4. Ultratovushning organizmga ta'siri (UZ)

Ultratovush tekshiruv (UZ) o'zining ma'lumotlarni aniqlik bilan olishi va informativligi bilan nuri diagnostik metodlar ichida muhim o'ringa ega. Ultratovush to'liqlari yuqori mexanik energiyaga ega

bo'lib, bir qator fizik, kimyoviy va biologik o'zgarishlarga olib keladi. Shuning uchun ushbu fiziologik omilning biologik ob'ektlarga ta'sir etishi va u sabab sodir bo'ladigan o'zgarishlarning mexanizmlarini o'rganish katta qiziqish uyg'otadi^{55, 56}.

Ultratovush to'liqlari to'qima va hujayrada mikromassajni yuzaga keltiradi, ta'sir zonasida haroratning o'rishiga olib keladi, organizmda fizik-kimyoviy, biokimyoviy va biofizikaviy jarayonlarning kechishida katalizator vazifasini bajaradi. Ultratovush bakteriositik, bakteriosid, shamollashga qarshi, metabolitik, immunologik va analgetik effektlarni yuzaga keltiradi. Ushbu effektlar turli patologik holatlar va ikkilamchi profilaktikada keng qo'llaniladi. Ultratovushni turli dori preparatlar bilan qo'llash yuqori samara beradi.

Ultratovush to'liqlari deb, qayishqoq akustik to'liq xususiyatiga ega bo'lgan va turli muhtilal (qattiq, suyuq va gaz)da tarqalish xususiyatiga ega to'liqlarga aytiladi⁵⁷. Ultratovush to'liqlarining quyidagi chegarasi 16-20 Gs, yuqori chegarasi bir necha o'n megagertsgacha boradi. Har ikki chegara ham yetarli darajada shartli bo'lib, insonlar eshitishi mumkin bo'lgan chegaradan ancha farq qiladi⁵⁵.

Ultratovush to'liqlari suvi muhida tarqalganda o'zgaruvchan bosim yuzaga keladi. Tashqi kuchlar ta'siri natijasida yuzaga kelgan qayishqoqlik muhit zarrachalarini dastlabki holatiga qayitishini ta'minlaydi. Bunda zarrachalar to'liq yo'nalishi bo'yicha uzatilmaydi, balki muvozanat atrofida to'planadi. Muvozanat holatidagi har bir qavat atrofida zarrachalarning to'liqlanishi, keyingi qavatga to'liqlarining tarqalishi yo'nalishiga mos ravishda uzatiladi. Shunday qilib, akustik to'liqda energiyaning uzatilishi moddaning uzatilishisiz amalga oshadi. To'liqlar ko'ndalang va bo'yлама to'liqlarga bo'linadi. Agar

⁵⁵ Анопин, В. Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. - 224 с.

⁵⁶ Демин, И. Ю., Прончатов-Рубцов, Н. В. Современные акустические методы исследования в биологии и медицине (учебно-методические материалы) [Электронный ресурс] // Электронный курс лекций. URL: <http://www.unn.ru/pages/issues/ids2007/37.pdf> (дата обращения: 20.01.2013).

⁵⁷ Гайдамака, И. И. Физическая характеристика и механизм действия ультразвука [Электронный ресурс] / Сайт медиков-радиобиологов. URL: <http://smm.ucoz.ru/publ/2-1-0-55> (дата обращения: 05.05.2009).

zarrachalar tebranishi yo'nalishi to'liqlar tarqalishi yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, to'liqlar bo'ylama, agar ta'sirlar o'zaro perpendikulyar yo'nalgan bo'lsa ular ko'ndalang to'liqlarga bo'linadi. Gazsimon va suvli muhitda, shu jumladan 75% ni suv tashkil qiluvchi makro organizmlarning yumshoq to'qimalari va mikroorganizmlarning hujayralarida bo'ylama to'liqlar tarqaladi⁵⁸.

Ultratovush to'liqlarining biologik ob'ektlarga ta'sir mexanizmlaridan biri – tovushli kimyoviy reaksiyalardir. Kimyoviy o'zgarishlar ultratovush to'liqlarining intensivligi bir necha V/sm^2 dan, o'n hatto ki yuz V/sm^2 gacha bo'lganda va 1 kGs dan bir necha MGs bo'lgan chastotalarda kuzatiladi. Zero bu chastotalar molekulaning tebranish chastotalaridan bir necha barobar kichik bo'lib, UZlning rezonans yutilishi natijasida tizimda kimyoviy o'zgarishlar kuzatilmaydi va mazkur diapozonda chastotaning tebranishi unchalik sezilmaydi hamda biosistemada yuzaga keladigan reaksiyalar xarakteriga unchalik ta'sir qilmaydi⁵⁸.

Ultratovush to'liqlarining biologik ta'siri ko'p xollarda kavitatsiya bilan bo'g'lanadi⁵⁵. Kavitatsiya bu suyuq muhitda yuqori qarshiliklar natijasida yuzaga kelgan va muhit suyuqligi bilan to'lgan pufakchalalar bo'lib, ularning yoritilishi yuqori bosim ostida kuzatiladi va muhitning lokal isishiga olib keladi. Kavitatsiya lokal xarakterda bo'lib, muhitda ko'chish xususiyatiga ega emas. Kavitatsion kavetmlarning to'qnashuvi natijasida yuzaga keladigan bosim impulslari, nafaqat qattiq yoki suyuq tanalarni, balki boshqa bioob'ektlarni ham parchalash xususiyatiga ega bo'lib, shu jumladan mikroorganizmlarni ham parchalash xususiyatiga ega^{55, 58}.

Kavitatsiya holatida UZlning kimyoviy ta'siri kavitatsion bo'shiq devorlarida elektrik mikrozarjadlarning paydo bo'lishi va keyinchalik elektronning uzatilishiga asoslangan. Biroq, ko'pchilik eksperimental tadqiqotlarni bu yo'l bilan isbotlash qiyinchilik tug'diradi. Shuning uchun, bunda aksariyat hollarda kavitatsiya kimyoviy ta'sirining issiqlik mexanizmi haqida fikr yuritiladi, zero bunda kavitatsion pufakning

ollababit sig'ilishida unda harorat 104 K gacha ko'tariladi⁵⁹. UZI ta'sirida yuzaga keladigan ko'pchilik kimyoviy jarayonlar suvli muhitda amalga oshiradi. Yuqori harorat ta'sirida kavitatsion pufak ichidagi suv molekularini qo'zg'algan holatga o'tadi va H^+ hamda OH^- radikalilariga parchalanadi. Shuningdek, ionlarga ajralishi va gidratlangan elektronlar (meytral suv molekularining elektron bilan birikishi hosilasi)ning hosil bo'lishi ham kuzatiladi. Radikalalar qisman rekombinatlanadi, bunda ultratovush natijasida suvning radikal va molekulyar mahsulotlarga parchalanish muhitda erigan gaz tabiatiga bog'liq bo'ladi. Masalan, agar havo erigan suvli muhitga UZI ta'sir qildirilganda, azot oksidi va vodorod peroksid hosil bo'ladi⁵⁷. Bundan tashqari moddadan UZlning o'tkazilishi bir qator kimyoviy jarayonlarning kechishini tezlashtiradi. Odatda, H_2O_2 va H^+ lar ishtirokida ketadigan reaksiyalar tezlashadi, ayniqsa, atomar kislorod natijasida ketadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tez ketadi. UZI ta'sirida dioxlorazotning detonatsiyasi kuzatiladi, bu esa og'sil molekularining parchalanishiga sabab bo'ladi. Shunday qilib, ultratovush tebranislari kimyoviy jarayonlarni intsiirlashda, bir qancha yangi sintez jarayonlarini amalga oshirishda va organik tizimda sekin kechadigan jarayonlarni tezlatishda qo'llaniladi.

UZI biologik ob'ektlarga mexanik ta'sir ham ko'rsatadi. Kichik intensivlikda ($2-3 V/\text{sm}^2$) zarrachalarning tebranish chastotasi 105-106 Gs bo'lganda biologik muhitda to'qimalarda o'ziga xos mikromassaj kuzatiladi. UZI intensivligining ortishi biologik muhitda kavitatsiyaning yuzaga kelishiga olib keladi, u esa o'z navbatida to'qima va hujayralarning mexanik buzilishiga sababchi bo'ladi.

UZlning biologik muhitda tarqalishi natijasida doimo unig yutilishi va akustik energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi kuzatiladi. Issiqlikning hosil bo'lishi barcha to'qima bo'ylab bir xilda amalga oshmaydi, to'liq qarshiliklari yaqin namoyon bo'lgan chegarada u o'shaqan sezilarli bo'ladi. Biroq, UZlning uzoq vaqt ta'siri natijasida

⁵⁸ Сорока С. А. Влияние акустических колебаний на биологические объекты // Вибрации в технике и технологиях. 2005. № 1. – С. 39 – 41.

⁵⁹ Байжанов, А. Н., Чипленко, Ф. А. Сонохимический анализ в химическом анализе (Обзор) [Электронный ресурс] // Методы и объекты химического анализа. 2006. Т. 1, № 2. С. 105-107. URL: http://www.lbcv.gov.ua/portal/chem_biol/tpocsa2006_2008/pdf/0102200_6-105.pdf (дата обращения: 11.04.2011).

biologik sistemalarda qizish kuzatiladi, bu esa o'z navbatida ular strukturasining buzilishiga olib keladi.

UZining biologik ob'ektlarda ta'siri murakkab jarayon hisoblanadi, zero ob'ektlarning struktura murakkab va turli tumandir. Shunga ko'ra, ultratovush to'liqlari hujayrani parchalashi yoki uning hayotiy jarayonlarini stimullashi mumkin.

19-jadval

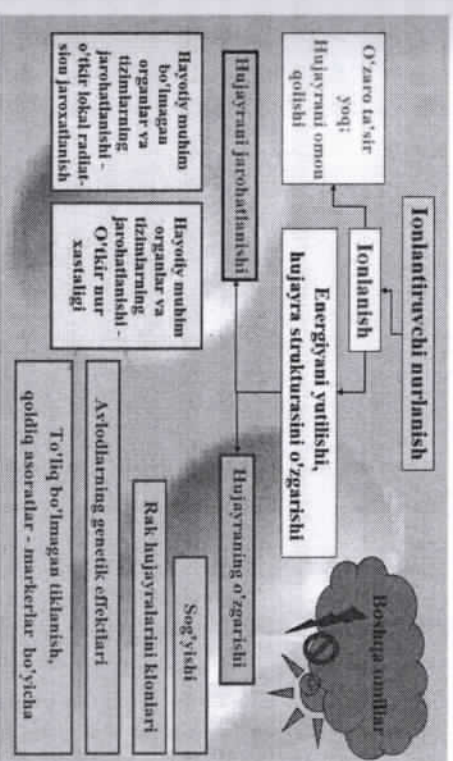
Odami immun tizimini ba'zi hujayralarining radiosezigirliigi
(A.A. Yartilin, 1989, 1997; T. Szepesi, T.M. Fiedner, 1989 ma'lumotlari asosida)

Hujayra turi	D ₀ , Gr
Polipotent o'zak qon ishlab chiqaruvchi hujayralar	0,9-1,0
Oldingi granulotsit hujayralar	1,15-1,20
Qon neytrofillari	15,0 dan ortiq
Oldingi monotsit hujayralar	1,12-1,17
Qon monotsitlari	10,0-15,0
Hujayra TQ lari (tabiiy qotillari)	10,0 dan ortiq
Limfotsidlardan oldingi hujayralar:	0,5-0,8
boshlang'ich bosqich	
Kechki bosqich	1,3-1,9
Qon limfotsidlari: T-limfotsidlar	1,3-2,5
V-limfotsidlar	1,2-1,8
Oldingi timotsid hujayralar – timusning kambial hujayralari	2,5-3,7
Timusning epithelial hujayralari	8,0-10,0
Timusning dendrit hujayralari	2,0-4,0

Nazorat savollari:

1. Radiatsion zararlanshda organizmning yuqumli kasalliklarga tug'unliklarining pasayishiga sababchi bo'ladigan omillarni sanab bering?
2. Antimikrob immuniteining izdan chiqishiga asosiy sabab nima?
3. Nurlangan organizmda paydo bo'ladigan autoantigenlarga nimalar kiradi?
4. Hujayralar zararlanshining ikkinchi fazasi - immun faza jarayonini tushuntiring.

5. Nur toksimiyasining rivojlanishiga sabab bo'ladigan omillarni aytib bering.
6. Odami immun tizimi hujayralarining radiosezigirliigini sanab bering.



53 -rasmi. Ionlantiruvchi nur ta'sirida inson salomatligidagi ikki tur o'zgarishlari

VI bob. RADIATION ZARARLANISHDAN SO'NG ORGANIZMDA KECHADIGAN TIKLANISH JARAYONLARI

Radiation zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish (tiklanish davri yoki "biologik tiklanish") nur xastaligi davridagi tiklanishdan farqlanib, biologik tashkillinganlikning 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 bo'luvchi 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.

6.1. Postradiation zararlanish va uni baholash

Postradiation 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 dozalarini o'rtasidagi farq aniqlanadi. Masalan, hayvonlar halokatlarga 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, naybatdagi nurlantirishlar orasidagi vaqt o'zgargan sari talab etiladigan $LD_{50/30}$ ham oshib boradi.

O'tgan asr o'rtalarida, Bier⁶⁰ (H.A. Blair, 1958) tadqiqotlari asosida, Davidson⁶¹ (H.O. Davidson, 1960) tomonidan amaliy muammolarni hal qilish uchun mo'ljallangan postradiation tiklanish eksperimental

qonunga binoan bir xil tezlikda amalga oshib, tiklanish zararlanishning qaytar ulushiga proporsional, qaytmas ulushi esa jamlangan umumiy doza kattaligiga proporsional, degan taxmini ilgari surildi.

"Sof zararlanish" effektiv dozasi quyidagi formulaga binoan hisoblab topiladi.

$$D_e = D [f + (1 - f) e^{-\lambda t}];$$

bu erda D – nurlanishning dozasi; f – qaytarib bo'lmaydigan radiatsiya zararning nisbati; $(1 - f)$ – qaytariladigan nurlanish zarari ulushi; λ – bir sutkadagi tiklanish tezligi (tiklanish doimiyi) (%), t – nurlanishdan keyin o'tgan vaqt, e – tabiiy logarifmlarning asosi.

Masalan, buyrak transplantatsiyasida immunietni bostirish uchun 300 rad (3 Gy) dozada to'liq gamma nurlanishi bilan 56 kundan keyin qoldiq zarar 75 rad (0,75 Gy) ni tashkil qiladi, shundan 30 rad (0,3 Gy) deb atalmish tarkibni tuzing, qaytarib bo'lmaydigan zarar (10%). Agar bir xil samaradorlik bilan qayta nurlantirish zarur bo'lsa, takroriy ta'sir qilish dozasi 75 rad (0,75 Gy) dan kam, ya'ni 225 rad (2,25 Gy) dan kam bo'lishi kerak.

Statistik tahlil metodidan foydalanib, organizmning yarim tiklanish davrini ham hisoblab topsa bo'ladi. **Yarim tiklanish davri**, bu shunday bir vaqtdi, 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 dozasi bog'liq holda o'zgarishi mumkin.

Nur ta'siriga yo'liqqan organizmda, bir vaqtning o'zida, organizmning turli darajalarida zararlanish va tiklanishdan iborat ko'plab qarama – qarshi jarayonlar avj oladi. Postradiation tiklanishlar turli to'qimalarda turlicha tezlikda amalga oshib, faol bo'luvchi to'qimalarda u jadal kechadi, bunda zararlanishlarning ba'zi bir ulushlari tiklanmaydi ham.

6.2. Nurdan zararlangan odam organizmda uzoq vaqtdan so'ng

ro'y beradigan asoratlari

Agar nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida hujayralar halokati yuz bermasa, bunday holda, ularda hujayralar bo'linishiga bevosita

⁶⁰ Експеримент и восстановление клеток после комбинированного действия химических агентов с ионизирующим излучением или гипертермией, 2015 г. стр. 53-56

⁶¹ Радионуклидное загрязнение окружающей среды и здоровье населения / Под ред. И. Я. Васильева, Л. А. Булакова, - М.: ОАНО «Издательство «Медицина», 2004. - 400 с.

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 mutan, ammo hayotchan hujayralarning paydo bo'lishi bilan shartlanib, ular irsiy begarorlikka olib keladi. Bu xil begarorlik nurlantirilgan hujayra avlodlarida yuz beradigan hujayralar halokati, transformatsiyalanish, o'zak hujayralarga xos xossalarning yo'qolishi singari hodisalar tarzida namoyon bo'ladi. Irsiy begarorlik hujayra genomida, alohida genlarning boshqaruvchi sistemalariga daxldorl mutatsion, mutatsiya oldi o'zgarishlarning to'planishi bilan shartlanadi.

Ko'p hujayrali organizmlarda, uzoq vaqtdan so'ng paydo bo'ladigan asoratlarni – havfli shishlar, umrning qisqarishi, qarilik belgilarining erta paydo bo'lishi, immunitetning susayishi kabilar shaklida namoyon bo'ladi. Bu xil asoratlarni odatda, organizm radiatsiyaning katta dozalariga duchor bo'lgan hollarda ko'p yillar o'tgandan so'ng paydo bo'ladi. Masalan, Xirosima va Nagasakida portatilgan 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, havfli shishlar paydo bo'lishi mumkin. Bunday hodisa **radiatsion kantserogenez** deb ataladi. Radiatsion kantserogenez ehtimoligini baholashda, radiatsiya tashqi manbalarning organizmga ta'siri yoki to'qimalarga kirib qolgan radionuklidlardan zararlanish darajasini inobatga olinishi zarur bo'lgan muhim shartlardandir. Radiatsion kantserogenez mexanizmlari, atidan, hujayra genomining buzilishiga bog'liq.

Nazorat savollari:

1. "Biologik tiklanish" tushunchasini izohlab bering.
2. Postradiatsion tiklanishni miqdoriy baholash usulini aytib bering.
3. "Sof zararlanish" effektiv dozasi hisoblab chiqadigan formulani yozing va tushuntiring.

4. Yarim tiklanish davri tushunchasini izohlab bering, bu qanday kattalik?

5. Radiatsiyaning uzoq vaqtdan so'ng namoyon bo'ladigan asorati deb nimaga aytiladi?

6. Radiatsion kantserogenez hodisasini tushuntiring.

6.3. Nurlanishga qarshi organizmning biologik kurashi

Kimyoviy birikmalarning soddal molekulyar tizimlarining nurdan zararlanishini pasaytirishi haqidagi dastlabki ma'lumotlar 1940 yillarda V.Deyl⁶² ishlarida keltirilgan. Fermentlari eritmalarga nurning bilvosita ta'siri mexanizmini o'rganish orqali u tiomochevina, kolloid olingurgurt va format ferment radiolizini kamaytirishni aniqlab, shu asosida kuzatilayotgan himoya effekti suv radiolizi natijasida hosil bo'lgan mahsulotlarga raqobatlashish asosida kelib chiqishini taxmin qildi. 1948 yilda R.Latarje va E.Efrati⁶³ bakteriofag bilan o'tkazilgan tadqiqotlarda tsistein, glutation, triptofan va boshqa moddalarning radiatsion himoyalovchi xususiyatlarini ochib berdilar. 1949 yilda jahonning ikki laboratoriyasida bir-biridan bexabar holda olamshumul kashfiyot ochildi: H.Pat⁶⁴ hamkasblari bilan tsistein kalamushlari radiatsiya ta'siridan himoya qilishini, Z.Bak va A.Erv⁶⁵ esa sichqonlarda o'tkazilgan tajribalar natijasida siyanidning himoyalovchi ta'sirini aniqladilar. Ushbu ishlarni turli kimyoviy birikmalar sinfiga radiatsiyadan himoyalovchi birikmalarni izlash imkonini berdi. 1950 yilda G.Limpers va V.Mosher tiomochevinaning, 50–yillar boshida Z.Bak tsisteamin, serotonin, glutamin, triptofan, noradrenalinlarning radiatsiyadan himoyalovchi xususiyatiga ega ekanligini aniqladilar⁶⁶. Barcha aniqlangan preparatlar hayvonlarga nurlanishga qadar kiritilgandagina samarali ta'sir ko'rsatgan va shuning uchun ular **radioprotektorlar** nom olgan. 1965 yilga kelib

⁶² M.M. Филимонов Радиобиология (конспект лекций). 2008 г. стр. 206

⁶³ Г.Дейль, Кузнецова А.Г., Москалёв А.А. Радиобиология с основами радиэкологии. Учебное пособие. Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2015 г., 512 с.

⁶⁴ Митрошенко С.П. Радиобиология человека и животных. М., Выс. шк. 1988 г. - 424 с.

⁶⁵ Бак З. Защитное действие аминов и, в частности, цистемина против радиационных клеток. Радиобиология: Основные черты действия излучений на живые организмы-М.: Иностранная литература, 1955, с. 481–491.

⁶⁶ Тимофеев-Рессовский Н. В., Савич А. В., Шалымов М. И. Введение в молекулярную радиобиологию, 1981 г., с. 249–251

uch mingga qadar kimyoviy birkamalar o'rganilib, ularning ayniqsa, 2 sinfi - **aminoetillar** va **indolilalkilaminlar** radiatsiya ta'siridan yuqori himoyalovchi effektga ega.

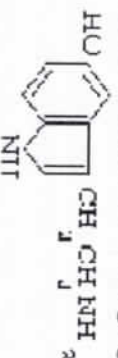
Indolilalkilaminlar

Ushbu sinfga kiruvchi birkamalarga triptofanning hosilatlari deb qarash mumkin:

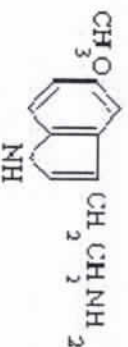


Sichqonlar qorin bo'shlig'iga triptamin nurlantirilgunga qadr 5 – 20 minut avval yuborilganda, ularning yashovchanligi nazoratdagi sichqonlarga nisbatan 25 – 30% gga oshgan.

Radiatsiya ta'siridan yanada samaraliroq effektga 5 – **oksitriptamin(5-OT)** ega bo'lib, u yana **serotonin** deb ham yuritiladi, qorin bo'shlig'iga nurlanishdan oldin 10 – 60 mg/kg yuboriladi:



P.G.Jerebenko va N.N.Suvorov⁶⁷ tadqiqotlari natijalari ko'rsatishicha, triptamin indol halqasining 5 – holatiga ko'pgina radikalarning joylashishi (**5-MOT**) hosil bo'lgan birkama effektivligini oshirar ekan. Jumladan, **5-metoksitriptamin**, u yana **meksamin** deb ham nomlanadi. Uning himoyalovchi effekti sichqon, kalamush, it va maymunlarda o'rganilgan bo'lib, qorin bo'shlig'iga 10 – 60 mg/kg yuborilganda samarali natijaga olib kelgan:



Merkaptoalkilaminlar

Sisteinning radiatsiyadan himoyalovchi xususiyatga egali miqdangandan so'ng (Bak, 1952)⁶⁸, ushbu aminokislotalaning dekarboksillanish mahsuloti – **sisteinamin (sisteamin, 2-merkaptioetilanin – MEK, bekapton, merkanin)** yana kuchliroq himoyalovchi xususiyatga ega ekanligi isbotlandi.

Sichqon yoki kalamushlarga sistemin qorin bo'shlig'iga nurlanishdan 5–15 daqiqa oldin 120 – 150 mg/kg miqdorda berilganda 80 – 100% hayvonlar nurlanishning halokati ta'siriga turg'un bo'lgan. 7 Gr nurlanish 100% halokatga olib keladi, bunda nurlantirilgandan so'ng MEA sichqonlarga yuborilganda hech anday samaraga olib kelmagan. Agar sichqonlarga nurlantirilgunga qadar 10 minut oldin radioprotektorlar 120 – 150 mg/kg miqdorda berilsa, u holda 7 Gr miqdordagi doza 30 kunga qadar hech qaysi bir hayvonda halokatni yuzuga chiqarmagan. Doza miqdori ortib borishi bilan MEAning himoyalovchi ta'siri ham kamayib boradi. 9 Gr doza himoyalangan hayvonlarning 30%da, 11 Gr doza esa nurlanishga qadar radioprotektor olgan barcha hayvonlarda halokatni yuzuga chiqargan.

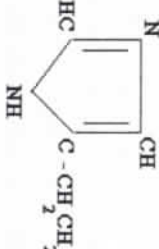
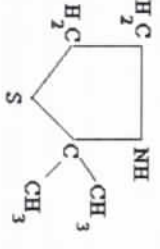
Quyidagi 17-jadvalda ba'zi bir samarali radioprotektorlarning tavsifi keltirilgan.

20- jadval
Radioprotektorlar va ularning tuzilishi

Birkama	Preparat-ning shartli nomi	Preparatning kimyoviy formulasi	Qorin bo'shlig'iga yuborila digan effektiv doza miqdori, mg/kg
Disulfid β - Merkaptioetilanin	Sistamin	$\begin{array}{c} \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \\ \\ \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \end{array}$	150 – 180
S – β - Aminoetilizoturoniy	AET	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SC}(\text{NH}_2) = \text{NH} \end{array}$	200 – 250

⁶⁷ Химия гетероциклических соединений. - 2012 г. - № 10. - с. 1689 - 1690

⁶⁸ О. М. Храченко. Основы радиобиологии. – Гомель: УО «ГТУ» им. Ф. Скоринца», 2003. – 238 с.

N-aminofosfor kislotasi Na- li tuzi	Sitofos	$H_2NCH_2CH_2S-P(=O)(OH)O-Na$	300 – 400
β -Aminoetiloolingugur t kislota	Bunte tuzi	$H_2NCH_2CH_2S-SO_2H$	300 – 400
B-imidozolietylamin	Gistamin		100 – 200
2,2 - dimetiltiazolidin	Tiazolidin		100 – 150

6.4. Ionlantiruvchi radiatsiyaning tabiiy foni

Biosferaning hamma qismida - atmosferada, tog' jinslarida, tuproqda, tabiiy suvlarda va tirik organizm to'qimalarida har doim radiativ moddalar mavjud bo'lib, ular nurlanishning **tabiiy fonti** tashkil etadi.

Biosferada uchraydigan radiativ moddalar tarkibida uran va toriy oilalariga mansub radiativ elementlar uchraydi, ular ichida keng tarqalganlari ^{40}K , ^{14}C va 3H izotoplaridir. Tabiiy radiativ elementlar jumlasiga yadro qurollarini sinash maqsadida o'tkazilgan portlatishlar natijasida (uran yemirilishi natijasida) hosil bo'ladigan strontsiy - ^{90}Sr , seziriy - ^{131}Cs va bir qator boshqa radionuklidlar ham qo'shildi.

Uran, toriy oilalariga mansub tabiiy radionuklidlar tabiatda o'ta tarqoq va tuban konsentratsiyalar holida uchraydi. Ammo Yer kurrasida shunday joylar borki, ulardagi tog' jinslari o'zida katta miqdorda uran yoki toriy ma'danlari tutadi.

O'simlik va hayvon to'qimalaridagi radiativlikning asosini kaliy izotoplari tashkil etadi.

Tabiiy radionuklidlar yemirilish davomida gamma nurlar, alfa va beta zarrachalar hosil qiliadi.

Yerning tabiiy radiativlik foni koinot nurlari ham ko'shildi. Demak, o'simlik va hayvonlar har doim ichki va tashqi manbalar hosil qiladigan nurlanishlar ta'sirida bo'ladi. Ammo, odam tanasi to'qimalari tomonidan bir yil davomida yutiladigan radiativ nurlarning umumiy dozasi uncha katta emas.

Tashqi manbalar hisobiga nurlanish (mGr):

Tuproqdagi radionuklidlar γ -nuri hisobiga.....0,32.

Koinot nurlanining ionlantiruvchi tarkibi hisobiga.....0,28.

Koinot nurlanining neytronlar tarkibi hisobiga.....0,35x10⁻²

Ichki manbalar hisobiga (mGr):

^{40}K hisobiga.....0,15-0,27

^{14}C hisobiga.....0,5x10⁻²

3H hisobiga.....1x10⁻⁵

Uran va toriy oilasiga mansub radionuklidlar alfa zarrachalar manbai bo'lib, faqat radon bilan poloniy hisobiga, o'pka to'qimalari tomonidan yutiladigan doza 0,3 Gr ni tashkil etadi.

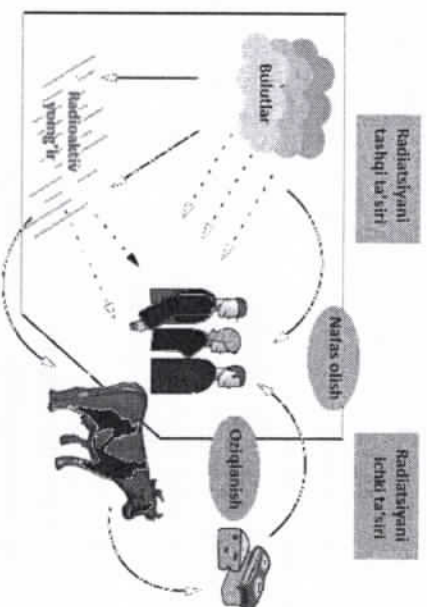
Odam tanasi to'qimalari tomonidan tabiiy manbalar hisobiga yutiladigan nurlanish dozalari (mGr):

Gonadlar.....0,78

O'pkalar.....1,10

Qizil ilik.....0,92

Suyak to'qimasi.....0,87



54-rasm. Radiativ nurlanish turlari

Odamning radon bilan ichki nurlanishi

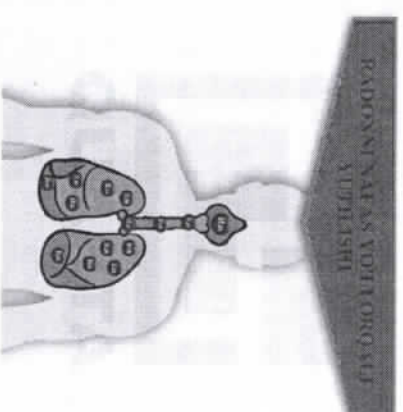
Bu omil yashirin tarzda ishlaydi, sezilmaydi, ammo bu uning xavfli emas deganimas. Tabiiy radon gazi tabiiy radionuklidlarning parchalanishi natijasida yerning qalinligida hosil bo'ladi. Uning ikkita izotoplaridan biri radiativ zararlarni chiqaradi. Ular nafas olayotganda tanaga kirib, uni ichkaridan nurlantiradilar. Radonning ko'p qismi ko'p qavatli xonadonlarda to'planadi. U xonadonlarga quyidagi yo'llar orqali boradi:

- gaz piliyasi ishlayotganda;
- artezion buloqlari suvi bilan suv ta'minoti tizimi orqali uyga kirish;
- binolar ichidagi yerto'lalardan radonga to'yingan liftlar havosi

bilan;

- tarkibida radiativ elementlari bo'lgan qurilish materiallari orqali.

Radon gazi yerto'lalarda to'planadi, u erdan shift balandligi va bo'shiqlar orqali baland ko'tariladi – inson yashaydigan uylarga kirib boradi. Agar siz shahar tashqarisidagi uyda yashasangiz va artezion qudug'idan suv iste'mol qilsangiz, aynan shu suv orqali nurlanish mumkin.



55-rasm. Radon moddasini odamning nafas yo'llari orqali yutib olish sxemasi.

Nazorat savollari:

1. 1949 yilda jahonning ikki laboratoriyasida ochildigan olamshumul kashiyotni aytib bering.
2. Radiatsiyadan himoyalovchi xususiyatga ega moddalar nima deb nomlanadi?
3. Sistemining radiatsiyadan himoyalovchi xususiyatini tushuntirib bering.
4. Radioprotektorlar va ularning tuzilishi ko'rsatib bering.
5. Biosferaning tabiiy fonini tashkil qiluvchi elementlarini sanab bering.
6. Odam tanasi to'qimalari tomonidan bir yil davomida yutiladigan radiativ nurlarning umumiy dozasi sanab bering.

VII bob. XAVFLI O'SMALARNING PAYDO BO'LISHIDA

RADIATSIYANING TA'SIRI

7.1. Inkorporatsiya qilingan radionuklidlarning organizmga

kirish yo'llari

Hozirgi atom davrida inson nafaqat qo'shimcha tashqi murlanishga, balki **inkorporlangan radiaktiv moddalar** ta'siriga ham beriluvchan hisoblanadi. Organizmga tashqi muhitdan kirgan radionuklidlar ta'sirida yuzaga keladigan radiobiologik effektlarni miqdoriy baxolash o'ta muhim va mustaqil muammolardan sanaladi. Ushbu muammolarning kompleks yechimi bilan radiatsion gigienistlar, radiotoksikologlar va fizik – dozimetristlar shug'ullanadilar.

Radiaktiv moddalar organizmga uch xil yo'l bilan tushishi mumkin: suv va ovqat orqali oshqozon-ichak yo'liga, o'pkalar hamda teri orqali. Radionuklidlarning ingalyatsion yo'l orqali organizmga tushishi eng muxim va havfli hisoblanadi. Bunga alveolalarning juda katta nafas olish yuzasiga egalligi sabab bo'lib, uning maydoni 100 m^2 (teri yuzasiga nisbatan 50 barobar ko'p) teng.

Radiaktiv izotoplarning organizmga kirishining asosiy yo'llari:

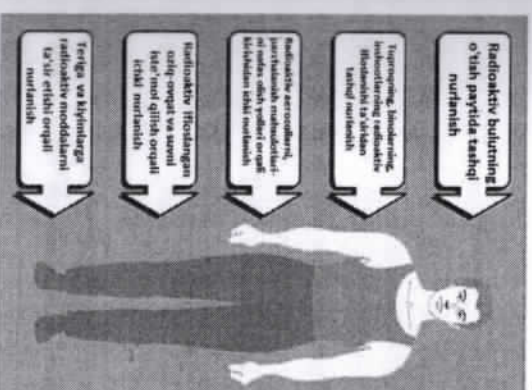
1) **Ingalyatsion (nafas olish) yo'li** - radiaktiv aerosollar bilan ifloslangan havodan nafas olish yo'li. Nafas olish yo'llari bo'ylab burunning vestibulasidan o'pkaning chuqur, alveolyar bo'limlarigacha radiaktiv moddalar saqlanishi. Nafas olgan zarrachalarning diametri qanchalik kichik bo'lsa, ular yuqori nafas yo'llarida, bronxlarda kamroq saqlanib qoladi va o'pkaning alveolyar qismlariga shunchalik ko'p kirib boradi, bu erda bronxlar va traxeyalardagi zarrachalarni olib tashlaydigan mexanizmlar mavjud emas.

a) eriydigan yoki kam eriydigan radionuklidlar yuqori nafas yo'llari, traxeya, bronxlar shilliq qavatiga birikib, epiteliy orqali shilliq qavat va og'iz bo'shlig'iga o'tib, oshqozonga kiradi.

b) o'pkaning alveolyar qismiga kiradigan eruvchan radionuklidlar yaxshi va tezda qon oqimiga so'riladi, bunga sabab kapillyarlar tarmog'i keng rivojlanganidir.

v) radiokolloidlar yoki kam eriydigan gidroksidlarni hosil qiluvchi va o'pkaning alveolyar qismiga kiradigan radionuklidlar fagotsitozlanib,

o'pka to'qimasida notekis taqsimlanadi. O'pka orqali tanaga kiradigan kam eriydigan radiaktiv moddalarning umumiy miqdori o'pkaning katta so'rilish yuzasi tufayli, ichaklar orqaliso'rilishga nisbatan yuqori bo'ladi.



56-rasm. Odam va hayvonlarga radiatsiya ta'sirining turlari

O'pkadan ajralib chiqish tezligiga ko'ra, barcha radionuklidlar biologik yarim yemirilish davri (Tb) bo'yicha uch sinfga bo'linadi:

1-sinf. K (kun) - 1-guruhdagi radiaktiv elementlarning eruvchan aralashmalari, shuningdek davriy sistemaning 1, 2 va qisman 3-davr elementlarining aralashmalari;

2-sinf. H (hafta);

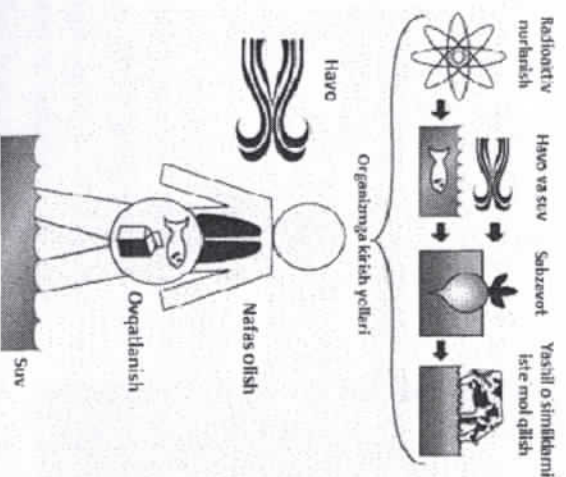
3-sinf. Y (yillar) - mis, kumush, oltin, sink, kadmij, ittridiy, aktiniy, merkuriy va platina guruhidagi metallarning aralashmalari.

2) **Teri orqali** - terining radiaktiv moddalarga o'tkazuvchanligi quyidagilarga bog'liq:

1. Radionuklidlarning agregat holati, ularning gidroliz va murakkablashishga moyilligi;
2. Radiaktiv moddalar mavjud eritmaning kislotaliligi;
3. Teri to'sig'ining holati va radionuklidlarni u bilan aloqa qilish muddati.

3) **Alimentar** - oshqozon-ichak trakti orqali suv va ovqat bilan. Shu yo'l bilan yuqori darajada eriydigan radionuklidlar organizmga kiradi.

Organizmdagi kimyoviy elementlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ularning tizimlar, organlar va to'qimalarga nisbatan muttasi va qat'iy taqsimlanishidir.



57-rasm. Radiativ moddalarni rganizmga kirish yo'llari

Elementlarning turg'un va radiativ izotoplari tanada aynan bir hil harakat qiladi, shuning uchun ular bir xil organ va to'qimalarda to'planadi⁶⁹.

Havoning radiativligi uning tarkibida chang, tuman yoki tutun shaklidagi radiativ gaz yoki aerosollarning bo'lishi bilan belgilanadi. Nafas olish tizimida tutib qolingani radionuklidlar miqdori zararcha o'lanimga, nafas olish chastotasi va daqiqalik xajmiga bog'liq.

Nafas olish yo'llarida tutib qolingani radionuklidlarning keyingi taqdiri radiativ zararchalar o'lanini, ularning fizik – kimyoviy xossalari va organizmda harakatlalish xususiyatiga bog'liq. Yaxshi etiydigan moddalar tezlik bilan qon aylalish doirasiga rezorbsiyalanadi (so'rtladi), keyin moddalar almashinuvi jarayonida organizmning maxsus organ va tizimlarda to'planadi yoki tashqariga chiqariladi. Yuqorigi

nafas olish yo'llarida ushlab qolingani, erimaydigan yoki qiyin eruvchan moddalar u erdan so'lak orqali oshqozon – ichak tizimiga tushadi va ichaklar orqali so'rtladi. O'pka to'qimasining alveolarida tutib qolingani zararchalar fagotsitlar tomonidan tutib qolinadi va yo'qotiladi yoki limfatik tugunlarga migratsiyalanadi.

Inson organizmiga etiydigan va erimaydigan radionuklidlarning og'iz orqali va ingalatsiya yo'llari orqali o'tishining qiyosiy xususiyatlari:

1. O'pka ventilyatsiyasining katta miqdori tufayli radionuklidni ingalatsiya yo'lli tana uchun eng xavflidir;

2. Nafas olish orqali turti xil eruvchanlikdagi radionuklidlar o'pkaning alveolyar qismlariga kirishi mumkin, asosan yuqori darajada etiydigan radionuklidlar og'iz orqali tanaga kiradi;

3. Radionuklidlarning o'pkaning alveolyar qismlariga nafas olish yo'llini aniqlovchi omil - bu nafas olayotgan zararchalarning diametri (u qanchalik kichik bo'lsa, ular o'pkaning alveolyar qismlariga shunchalik ko'p kirib boradilar). Radionuklidni og'iz orqali qabul qilish uchun so'rilgan zararchalarning diametri muhim emas;

4. O'pka alveolyar qismiga kiradigan radionuklidlarning ingalatsiyalash yo'lli bilan ularning taqdiri eruvchanligiga qarab farqlanadi:

a) etiydigan radionuklidlar yaxshi va tezda qon oqimiga so'rtladi,

b) kam etiydigan gidroksidlar va kolloidlarni hosil qiluvchi radionuklidlar yuqori nafas yo'llarida, traxeya, bronxning shilliq qavatida to'planib, u yerdan farenksa, so'ngira silindrlangan epiteliya yordamida oshqozonga tushadi,

b) kam etiydigan gidroksidlar va kolloidlarni tashkil etuvchi radionuklidlar yuqori nafas yo'llarida, traxeya, bronxning shilliq qavatida to'planib, u yerdan tebranuvchi kiprikchalari epiteliy yordamida tomoqqa, so'ngira oshqozonga tushadi,

c) gidroksid va kolloid hosil qiluvchi, qiyin etiydigan radionuklidlarning bir qismi o'pka to'qimasida fagotsitlanadi va o'pka to'qimalarida notekis taqsimlanadi, keyin ular asta-sekin limfa tomirlari

⁶⁹ Л.И. Баторов, Курс лекций по сельскохозяйственной радиологии/Учебное пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2009 г. – 112 с.

organi o'pkaga, traxeyaga va mediastinumga, keyin yanada sekinroq - qon tomirlariga o'tadi⁷⁰.

Harakatlanmaydigan va yashovchanligi kichik ko'rsatkichni tashkil etgan radionuklidlar nafas olish organi nafas olish organlarida to'planganda, bu organ kritik organga aylanadi. Yuqori transportabellik (harakatlanuvchanlik)ka ega moddalar yarim parchalanish davriga muvofiq o'pka to'qimalarining o'zidayoq so'riladi, shuningdek, oz miqdorda ovqat - xazm qilish tizimi - ichaklar organi so'rilib, qonga o'tadi.

Radionuklidlarning organizmga tushishining ikkinchi muhim yo'li bu ularning ozuqa va suv organi tashilishidir. Ozuqa moddalari tabiiy radiativ moddalardan tashqari ozuqa zanjiri organi qishloq xo'jaligi o'simliklariga, ulardan hayvon organlariga va nihoyat oziq-ovqat mahsulotlariga tushgan sun'iy radionuklidlar bilan ifloslangan bo'lishi mumkin. Radionuklidlarning keyingi taqdiri ularning oshqozon-ichak tizimi suyuq (uning turli pH ko'rsatkichida ega)ligida erish xususiyatiga bog'liq. Masalan, nuklidlarning ko'pchilik eruvchan birikmalari - ishqoriy-yer metallar va transuran elementlari, jumladan, plutoniy ichakning ishqoriy pH ko'rsatkichida erimaydigan gidrooksidlarga aylanadi. Organizmga ichakka tushgan radionuklidlarning oz qismigina etib boradi, uning katta qismi "tranzit" holida ichakdan chiqariladi.

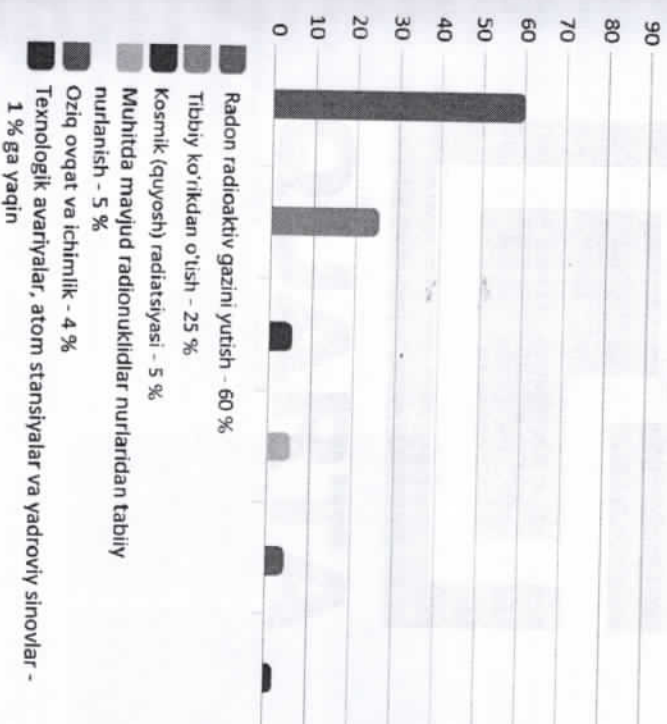
Radiativ moddalar ovqat hazm qilish tizimi yo'llarida mavjud bo'lgan hollarida ichaklarda nurlanish kuzatiladi, jumladan, α - va β -zarraчалar uning devorini zararlasa, γ -kvantlar qorin bo'shlig'i va ko'krak qafasida joylashgan boshqa organlarni ham zararlardi. Natijada oshqozon - ichak yo'li kritik organga aylanadi.

Inson tanasi organlari shundaygina kritik organ hisoblanadiki, qachonki ular:

- eng ko'p dozani qabul qilisa yoki ko'p miqdorda radionuklidlarni o'zlashtirsa;
- organizmning normal faoliyat yuritishida muhim vazifani bajarsa;

v) eng katta radiosezgirlikka ega bo'lsa, ya'ni boshqa organlarga nisbatan eng kichik dozalarda ham nurlanish ta'siriga uchrasa.

RADIATSIYA MANBALARI



58-rasm. Radiatsiyaning tabiiy manbalari

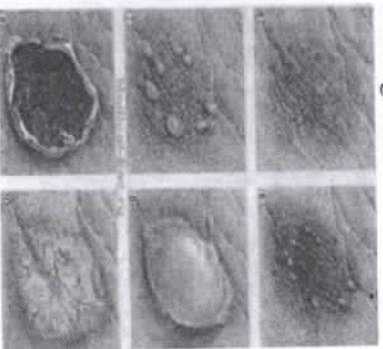
Bitta organning turli qismlari turlicha radiosezgirlikka ega bo'lishi mumkin, bu ayniqsa, inkorporirlangan radionuklidlar ta'sirida yaqqol namoyon bo'ladi. Masalan, teri epidermisining bazal qavati, ichak kripti epitelysi, bronxlar epitelysi va skelet osteoblastlari radionuklidlar ta'siriga beriluvchan hisoblanadi.

Shu kunlarga qadar radionuklidlarning teri organi organizmga kirishi mumkin emas deb hisoblanib kelingan. Biroq so'ngi vaqtlarda ular ham yuq va gaz holatda bo'lganda teri organi organizmga kirishi

⁷⁰ Радиационная медицина: Учебно-методическое пособие / А.Н.Сюжаров и др. М.: ЕИМВ, 2007 г. - 144 стр.

mumkinligi isbotlandi. Masalan, tritiy oksidi bug'lari va gazsimon yodning organizmga zararlanmagan teri orqali kirish tezligi bu moddalarning nafas olish yo'llari orqali kirish tezligi bilan bir xil bo'lsa, plutoniyning eruvchan birlikmalar bilan zararlangan teri orqali kirishi bu moddaning oshqozon orqali kirish tezligiga teng. Olimlar rodonli yanna qo'llanganda 20 minut ichida organizmga 4% rodon kirishini aniqlaganlar⁶².

Teri o'tkazuvchanligi unga turli xil kimyoviy birlikmalar ta'sir etirilganida ortadi. Masalan, terida to'siq vazifasini bajaruvchi epidermisning shox (muguz) qavati turli xil yog'sizlantiruvchi erituvchilar ta'siriga sezgir hisoblanadi. Terida turli yoritishlar, yaralar va boshqa zararlanishlar bo'lganda ularga radionuklidlar kirish ehtimolligi ortadi.



59-rasm. Odam terisining radioaktiv nurdan zararlangandan keyingi jarayon.

Radionuklidlarning teri osti orqali yutilishiga sezilarli ravishda harorat va namlik ham ta'sir ko'rsatadi. Teri orqali kiradigan radionuklidlar terining o'zida va qon orqali ular yetib boradigan organlarning nurlanish ehtimolligining o'rtasiga sabab bo'ladi.

Terining nurlanishini baholashda asosan 50 – 150 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchi hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.

Ichki organlarning radionuklidlar bilan radiatsion zararlanishida ularning teri orqali ham, nafas olish organlari orqali ham, oshqozon – ichak yo'li orqali kirishi ham bir xil effektga olib keladi.

Nazorat savollari:

1. Inkorporlangan radiativ moddalar deb nimaga aytiladi?
2. Radiativ izotoplarning organizmga kirishining asosiy yo'llarini sanab bering.
3. Radiativ izotoplarni ingalyatsion (nafas olish) yo'lini tushuntiring.
4. Radiativ izotoplarni teri orqali yo'lini tushuntiring.
5. Radiativ izotoplarni alimenter yo'lini tushuntiring.
6. Inson organizmiga radionuklidlarning og'iz orqali va ingalyatsiya yo'llari orqali o'tishining qiyosiy xususiyatlarini sanab bering.
7. Inson tanasi organlari qanday hollarda kritik organ hisoblanadi?
8. Teri o'tkazuvchanligi qanday hollarda ortadi?

7.2. Inkorporlangan radionuklidlarning organizmga tarqalishi

Organizmga kirgan radionuklidlarning keyingi taqdiri ularning xossalari va kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'ladi. Ularning ba'zilar erimalar holida siydik bilan birga tashqi muhitga chiqarilsa, ba'zilar esa organizmga ma'lum muddatlarga tutib qolinadi.

Organizmga radionuklidlar taqsimlanishining uchta asosiy tipi farqlanadi: *skelet*, *retikuloendotelial* va *diffuz*. Birinchi tipga ba'zi ishqoriy-yer metall elementlari – kalsiy, strontsiy, bariy va radiylarni skeletning mineral qismiga joylanishi va plutoniyni hamda toriyni ba'zi birlikmalarining suyak to'qimasida tutib qolinishi kiritiladi. Retikuloendotelial tarqalish asosan nodir yer elementlari (iseriy, prazexodim va prolikey, shuningdek, sink, toriy, ameritsiy va transuran elementlari) nuklidlariga xos hisoblanadi. Diffuz tip bo'yicha ishqoriy – yer metallari – kaliy, natriy, seziy, rubidiy, shuningdek, vodorod, azot, uglerod, poloniy va boshqa element nuklidlari tarqaladi. Shuningdek, ba'zi nuklidlar "tanlab" tarqatilish xususiyatiga ega. Masalan, yod izotoplari faqatgina qat'iy ravishda qalqonsimon bezda to'planadi.

Aniqlanishicha, "organotrop" radionuklidlar "diffuz" radionuklidlarga qaraganda havfiyroq hisoblanadi. Chunki ular to'qimalarda ko'p miqdorda uchraydi va bunga mos ravishda to'qima dozasi ham yuqori ko'rsatkichni tashkil qiladi⁷¹.

⁷¹Улаков А.В. Радиология: текст лекций / А.В. Улаков. Республиканский университет имени Ф. Скорины, 2010 г. – 67 с.

Tanadagi bunday taqsimlanish turlari faqat qon oqimiga kiradigan radionuklidlarning ulushiga tegishli; radionuklidlarni ingalyatsiyasida o'pkada ularning tarkibi va kontsentratsiyasi maksimal darajada bo'ladi.

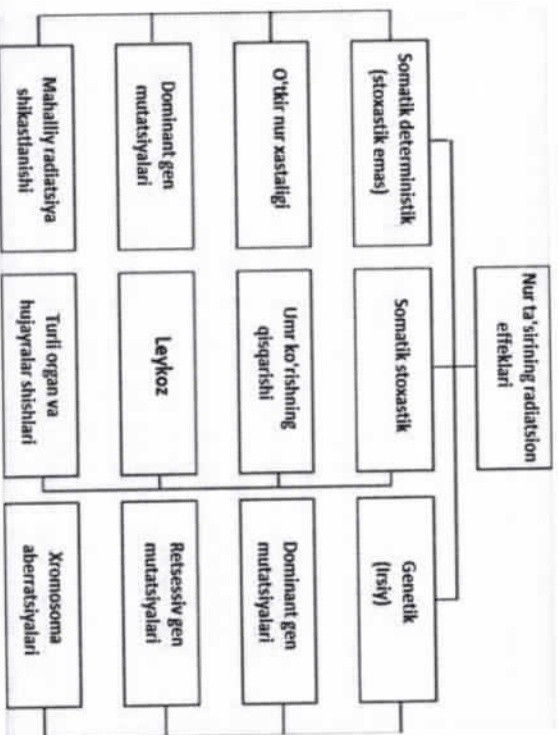
21-jadval
Radionuklidlarni organizmda taqsimlanish tiplari

№	Taqsimlanish tipi	To'planish joyi va oqibati	Elementlar
1	"Diffuz" (bir tekis)	Asosan muskul to'qimalarida to'planadi	I. Mendeleyev davriy sistemasining I guruh elementlari: H, Li, Na, K, Rb, Cs, Ru, Cl, Br, Po va boshq.
2	Osteotrop (skelet)	Skeletning mineral qismida to'planadi, ya'ni. suyaklarda, qizil suyak iligi yonidagi suyaklarda konsentrlanadi, gematopoetik tizimga ta'sir qiladi, immunitet tizimi zararlanadi va qonning degeneratsiyasi rivojlanishi mumkin – leykemiya kasalligiga sabab bo'ladi	Ishqoriy-yer metall elementlari: Be, Ca, Sr, Ra, Zr, Ir, F va boshq.
3	Retikuloendotelial tipi	oq qon hujayralari (limfotsitlar) hosil bo'ladigan taloq, limfa tugunlarida kontsentrirlanadi. Limfotsitlar sonining kamayishi natijasida immunitet pasayadi.	Nodir yer elementlari – La, Ce, Pr, Pm, Zn, Am, Th, Pu, Ca va boshq.
4	Neftrotrop tipi (Buyrak)	Buyrakda inson tanasiga kiradigan radionuklidlar umumiy sonining 5 foizigacha to'planadi.	Ge, Bi, U, Cd, As, Pt, Ru va boshq.
5	Gepatotrop tipi (jigar)	Ushbu radionuklidlarning 60% gacha jigarda to'planadi.	La, Ce, Pm, Pu, Th, Mn va boshq.
6	Tireotrop tipi	Qalqonsimon bezda yod	I, At, Re, Te, Tc

(qalqonsimon bez)	tanlab to'planadi, uning bezdagi kontsentratsiyasi boshqa to'qimalarga qaraganda 100-200 baravar yuqori. Katta dozalarda nurlantirilganda, degeneratsiya, qalqonsimon bez funksiyasining buzilishi va qon tomir sklerozii paydo bo'ladi. Kelgusida bezning xavfsiz va xavfli o'smalarining hosil bo'lish chastotasi oshadi.	
-------------------	--	--

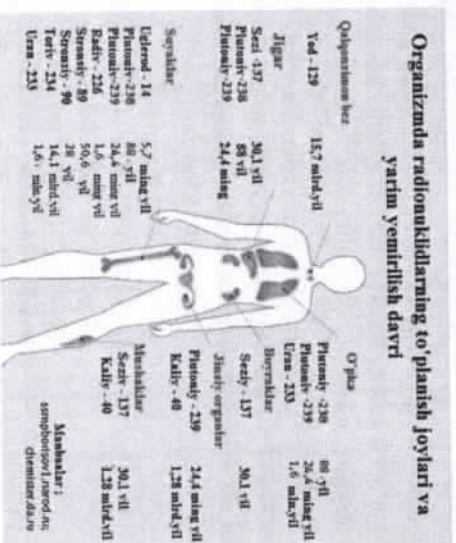
Radionuklidlar organizmda tarqalganda ular shunday to'qimalarda ushlab qolinkadi, bu to'qimalar ushbu nuklidlarga kimyoviy tarkibi bo'yicha o'xshash tur'gun elementlarning mavjudligi bilan farqlanadi. Hozirgi vaqtda inson organ va to'qimalarining kimyoviy tarkibi yaxshi o'rganilganini hisobga olgan holda, u yoki bu radionuklidning qaysi organ va to'qimada to'planishini oldindan aytib berish mumkin.

Radionuklidlarning hujayralaro suyuqlikdan organlarga o'tishi ma'lum masofa va vaqt oralig'ida sodir bo'lib, tadqiqotlar ko'rsatishicha, bu vaqt ancha katta ko'rsatkichni tashkil qiladi. Masalan, qon plazmasi skeletga o'tadigan strontsiy va kaltsiydan 4 – 10 soatda tozalanadi. Organizmga vena qon tomiri orqali kiritilgan yod qalqonsimon bezda bir necha minutlardan so'ng aniqlanadi, uning qonda to'liq qalqonsimon bezga o'tishi 10 – 15 soatda yakunlanadi. Qon oqimidan uran 12 soatda chiqariladi.



60-rasm. Radiatsiyani odam organizmiga ta'siri

Yuqorida qayd qilinganidek, organizmda radionuklidlarning makro tarqalishlaridan tashqari, ularning inson va hayvonlar organ hamda to'qimalarida mikrotarqalishlari ham mavjud.



61-rasm. Odam organizmida radionuklidlarni tarqatishi.

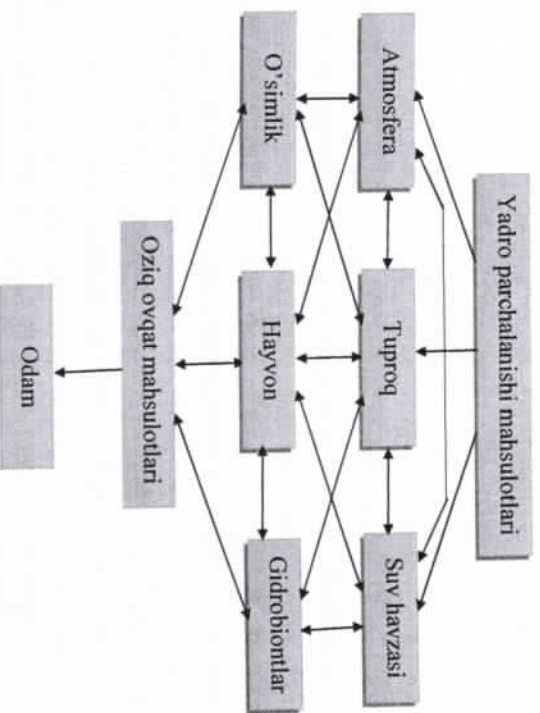
To'qimalarda radionuklidlarning notekis mikrotarasimlanishiga mahsus patologik jarayonlar, masalan, jigar serrozlari, o'pkalardagi skleroz holat va suyak to'qimasidagi o'zgarishlar, jumladan, osteosarkomalarning nobud bo'lishi sabab bo'ladi.

Yadroning parchalanish mahsulotlari bilan zararlanshining o'ziga xosliklari. Inkorporirlangan radionuklidlarning organizmdagi biologik ta'sirini o'rganish muhim masalalardan iborat bo'ladi. Shu bilan birga urush vaqtlarida, yadro qurilmalarining halokatga uchrashi natijasida organizmga yadroning parchalanish mahsulotlari (YaPM) ham kirib keladi. I.Ya.Vasilenko fikricha⁷², bunday zararlanshning klinikasi va patogenizmi o'ziga xos xususiyatlarga ega.

Uran va plutoniyni yadrovii parchalanishi natijasida D. I. Mendeleevning Davriy elementlar jadvalini o'rta qismini 200 dan ortiq radionuklidlardan iborat murakkab aralashma hosil bo'ladi. Faollikni asosiy qismini 95-103 va 130-140 ommaviy sonli radionuklidlar tashkil qiladi. Organizmga tushganda ular moddalar almashinuvi jarayonida turg'un elementlar o'rni egallaydi va parchalanganda qo'shni guruh elementlarini hosil qiladi. Bunday transmutant effektlar, shuningdek β -zarrachalar va neytronlar emissiyasi natijasida kimyoviy o'zganishlarning vujudga kelishi organizm tomonidan yutilgan radionuklidlarning dozasini va yarim parchalanish vaqtiga bog'liq holda YaPM larning biologik tasiridagi o'ziga xosliklarini belgilab beradi.

Organizmga kirgan radionuklidlar organlarda quyidagi tartibda joylashadi: qalqonsimon bez (maksimum), jigar, ichak, buyraklar, skelet, muskullar. Organizmdagi radionuklidlarning radiaktivlik ko'rsatkichi izotoplarining parchalanishi natijasida tezda pasayib ketadi. Masalan, ildarda o'tkazilgan tajribada ularga YaPM kiritilgandan so'ng 6-8 soat o'tgach, radiaktivlik ko'rsatkichi dastlabkisiga qaraganda bir necha foizga kamaygan, 1 oydan so'ng 1% ga, 3 oydan so'ng bir necha o'n foizga kamaygan.

⁷² Василенко О.И. Радиационная экология / О.И. Василенко. — М.: Медицина, 2004. — 216



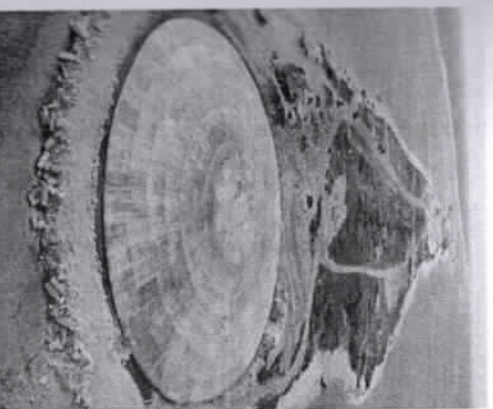
62-rasm. Yadro parchalanish mahsulotlarining biologik zanjirlar bo'ylab harakalanish yo'llari⁷³

Marshal orolining jabr ko'rgan aholisida radiaktiv mahsulotlar miqdori 82 - kunga kelib 57 barobar kamaygani aniqlangan⁷⁴.

"*Marshall orollari hududiga 29 ta atollar va 5 orollar kiradi. AQShning yadroviy sinovlari asosan ikkita arxipelagning shimolida joylashgan Enivetok va Bikiniqa qaratilgan edi. Ko'plab sinovlar jarliklar ichida amalga oshirildi. Ba'zi sinovlar, portlashlardan keyin deyarli yo'qolib ketgan kichik orollarda o'tkazilgan. Garchi bu erda portlatilgan 67 bomba Amerika Qo'shma Shtatlari tomonidan o'tkazilgan yadroviy sinovlarining atigi 6 foizini tashkil etsa-da, Marshall orollari sinovdan o'tgan portlovchi moddalarning umumiy zaryadining yarmidan ko'prog'ini tashkil etadi: 196,5 million tonna, TNT 108,5 million tonna.*"

⁷³ Л.И. Баторов. Курс лекций по сельскохозяйственной радиологии/Учебное пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2009 г. – 112 с.

⁷⁴ Бэртотт, Джим. Энвисток // Тайная история атомной бомбы. — М.: Эксмо, 2011 г. - 640 с.



63-rasm. Runit orolidagi yadroviy chiqindilarni saqlash inshootining gumbazining aerofotolavhasi. "Kaktus gumbazi" yoki "Tobut" sifatida ham tanilgan Runit gumbazi, gumbaz qilib yopilgan 84000 kubometrli chuqurlikka Envetok atoli orollaridan Tinch okeanidagi sinov maydonchasida "Hardak I" operatsiyasining qator yadroviy sinovlari natijasida paydo bo'lgan, turti xil ifloslangan radiaktiv tuproqlar olib kelinib ko'milgan.

Organizmdan nuklidlarni chiqarish bo'yicha esa organlar birmuncha o'zgacharoq tartibda joylashgan: qalqonsimon bez (maksimum), jigar, buyraklar, qora taloq, teri, muskullar, skelet. Bunda organlar yutilgan dozalar ko'rsatkichi bo'yicha farqlanadi (10 dan 103 gacha). Masalan, YaPM lari 36 soat "yosh"dagi iltarga yuborilganda qalqonsimon bez, ichak, jigar va skeletlardagi dozalar nisbati quyidagiga teng bo'lgan: 1000: 100: 10: 1. Organlarda radionuklidlar notekis taqsimlanganligi uchun bu nisbatdagi farqlar oshib boradi, bu hodisa radioavtografiyada o'z isbotini topgan.

YaPM lari bilan zararlanshning eng havfli ko'rinishi bu kasallikning surunkali formaga o'tishi va o'limdir. O'limga olib keluvchi asosiy sabablardan biri oshqozon – ichak yo'li va nafas olish organlarining zararlanshi bo'lib, natijada organizmning suvsizlanishi, tuz miqdorining kamayishi va intoksikatsiya kuzatiladi. Boshqa organlarda destruktiv o'zgarishlarning yuzaga kelishi o'tkir tomir etishmovchiligidan rivojlanishiga sabab bo'ladi.

Qayta tiklanish jarayonlari YaPM organizmga tushgan vaqtdan oq boshlanadi, biroq ular nurlanish jarayoni bilan bir vaqtda kechadi va jarayonning qanday yakunlanishi organizmning umum holati hamda nuklidarning fizikaviy xossalriga bog'liq bo'ladi.

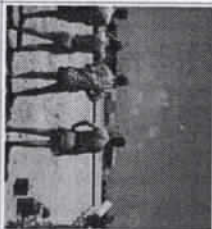
Nazorat savollari:

1. Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining nechta asosiy tipi mavjud?
2. Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining skelet tipiga qayday elementlar kiradi va ularning asosiy to'planish joyini ayting?
3. Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining diffuz tipiga qayday elementlar kiradi va ularning asosiy to'planish joyini ayting?
4. Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining retikuloendotelial tipiga qayday elementlar kiradi va ularning asosiy to'planish joyini ayting?
5. Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining asosiy tiplirida tashqari yana qanday tirlari mavjud?
6. Yadroning parchalanish mahsulotlariga nimalar kiradi va ular qanday hosil bo'ladi?
7. Yadro parchalanish mahsulotlarining biologik zanjirlar bo'ylab harakatlanish yo'llarini ko'rsatib bering.
8. Organizmga kirgan radionuklidlar organlarda qanday tartibda joylashadi?
9. Organizmdan nuklidlarni chiqarish bo'yicha organlar tartibini aytib bering.
10. YaPM bilan zararlantirishning eng xavfli, o'linga olib keluvchi sababni ko'rsating.

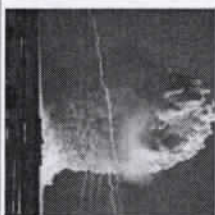
ILOVALAR

Yadroviy portlashlar ro'yxati (Hardtack I)

Ilova-1

Sinovlar	Sana	Manzil (joyi)	Ku Chi	Baland ligi	Fotolavhalar
<i>Yucca</i>	1958 yil 28 aprel 02:40:00. 3	Tinch okeanidagi sinov poligoni, 12°37'01" sh. k. 167°01'30" sh. u. HGRO	1,7 Kt	26,21 km acrosiat	
<i>Cactus</i>	1958 yil 5 may 18:15:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°33'09" sh. 162°20'50" sh. u. HGRO	18 kt	1 m Qatiq sirt	
<i>Fir</i>	1958 yil 11 may 17:50:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Namu (Charlie), Atoll Bikini 11°41'27" sh. k. 165°16'24" sh. u. HGRO	1,4 M t	3 m barja	
<i>Butter nut</i>	1958 yil 11 may 18:15:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°32'19" sh. k. 162°20'37" sh. u. HGRO	81 kt	3 m barja	
<i>Kou</i>	1958 yil 12 may 18:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Teiter (Gene), Enivetok 11°40'12" sh. k. 162°11'54" sh. u. HGRO	1,4 M t	0,81 m qatiq sirt	
<i>Wahoo</i>	1958 yil 16 may 01:30:00. 5	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Pokon (Irvin), Enivetok 11°19'35" sh. k. 162°09'47" sh. u. HGRO	9 kt	150 m suv osti	
<i>Holly</i>	1958 yil	Tinch okeanidagi	5,9	4 m barja	

	20 may 18:30:00. 1	sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°32'25" sh. k. 162°21'01" sh. u. HGRO	KT		
<i>Nutmeg</i>	1958 yil 21 may 21:20:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enimmen (Tare), atoll Bikini 11°30'13" sh. k. HGRO 165°22'20" sh. u.	25,1 k 1	3 m barja	
<i>Yellow ood</i>	1958 yil 26 may 02:00:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), Enivetok 11°39'27" sh. k. HGRO 162°13'18" sh. u.	330 kt	3 m barja	
<i>Magnoli a</i>	1958 yil 26 may 18:00:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°32'22" sh. k. HGRO 162°20'54" sh. u.	57 kt	4 m barja	
<i>Tobacco</i>	1958 yil 30 may 02:15:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), Enivetok 11°39'38" sh. k. HGRO 162°13'36" sh. u.	11,6 k 1	2,7 m barja	
<i>Sycamore</i>	1958 yil 31 may 03:00:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Nammu (Charlie), atoll Bikini 11°41'50" sh. k. HGRO 165°16'29" sh. u.	92 kt	3 m barja	
<i>Rose</i>	1958 yil 2 iyun 18:45:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°32'21" sh. k. HGRO 162°20'45" sh. u.	15 kt	4,5 m barja	

<i>Umbrell a</i>	1958 yil 8 iyun 18:15:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Pokon (Irvin), Enivetok 11°22'30" sh. k. HGRO 162°11'38" sh. u.	8 kt	50 m suv osti	
<i>Maple</i>	1958 yil 10 iyun 17:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Yurochi aka Irioj (Dog), atoll Bilini 11°41'29" sh. k. HGRO 165°24'57" sh. u.	213 kt	3 m barja	
<i>Aspen</i>	1958 yil 14 iyun 17:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Nammu (Charlie), atoll Bikini 11°41'27" sh. k. HGRO 165°16'24" sh. u.	319 kt	3 m barja	
<i>Walnut</i>	1958 yil 14 iyun 18:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), Enivetok 11°39'27" sh. k. HGRO 162°13'18" sh. u.	1,5 M Mt	2 m barja	
<i>Linden</i>	1958 yil 18 iyun 03:00:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), Enivetok 11°32'26" sh. k. HGRO 162°21'04" sh. u.	11 kt	2,5 m barja	
<i>Red wood</i>	1958 yil 27 iyun 17:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Yurochi aka Irioj (Dog), atoll Bikini 11°41'29" sh. k. HGRO 165°24'57" sh. u.	412 kt	3 m barja	
<i>Elder</i>	1958 yil 27 iyun 18:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), Enivetok 11°39'38" sh. k. HGRO 162°13'36" sh. u.	880 kt	2,7 m barja	

<i>Oak</i>	1958 yil 28 noyabr 19:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Bogallua (Alice), <u>Enivetok</u> <u>11°36'11" sh. k.</u> <u>162°06'09" sh. u.</u> HG80	8,9 <u>Mt</u>	1,8 m barja	
<i>Hickory</i>	1958 yil 29 iyun 00:00:00. 9	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enimmen (Tare), <u>aatoll</u> <u>Bikini 11°29'46" sh. k.</u> <u>162°22'15" sh. u.</u> HG80	14 <u>kt</u>	3 m barja	
<i>Sequoia</i>	1958 yil 1 iyul 18:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), <u>Enivetok</u> <u>11°32'26" sh. k.</u> <u>162°21'04" sh. u.</u> HG80	5,2 <u>kt</u>	2 m barja	
<i>Cedar</i>	1958 yil 2 iyul 17:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Nannu (Charlie), <u>atoll</u> <u>Bikini 11°41'50" sh. k.</u> <u>165°16'29" sh. u.</u> HG80	220 <u>kt</u>	3,4 m barja	
<i>Dog wood</i>	1958 yil 5 iyul 18:30:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), <u>Enivetok</u> <u>11°39'38" sh. k.</u> <u>162°13'36" sh. u.</u> HG80	397 <u>kt</u>	3 m barja	
<i>Poplar</i>	1958 yil 12 iyul 03:30:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Nannu (Charlie), <u>atoll</u> <u>Bikini 11°41'49" sh. k.</u> <u>165°16'01" sh. u.</u> HG80	9,3 <u>Mt</u>	3 m barja	
<i>Scaevola</i>	1958 yil 14 iyul 04:00:00.	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), <u>Enivetok</u> <u>11°32'48" sh. k.</u> <u>162°21'07" sh. u.</u> HG80		6 m barja	
<i>Pisonia</i>	1958 yil 17 iyul 23:00:00.	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), <u>Enivetok</u> <u>11°33' sh. k.</u> <u>162°19' sh. u.</u> HG80	255 <u>kt</u>	2 m barja	

<i>Juniper</i>	1958 yil 22 iyul 04:20:00. 1	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enimmen (Tare), <u>atoll</u> <u>Bikini 11°30'13" sh. k.</u> <u>165°22'20" sh. u.</u> HG80	65 <u>kt</u>	3 m barja	
<i>Olive</i>	1958 yil 22 iyul 20:30:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), <u>Enivetok</u> <u>11°39'38" sh. k.</u> <u>162°13'36" sh. u.</u> HG80	202 <u>kt</u>	3 m barja	
<i>Pine</i>	1958 yil 26 iyul 20:30:00. 2	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Enjebi (Janet), <u>Enivetok</u> <u>11°39'05" sh. k.</u> <u>162°12'51" sh. u.</u> HG80	2 <u>Mt</u>	3 m barja	
<i>Piñon (rad edilgan)</i>	Avqust 1958 yil	Tinch okeanidagi sinov poligoni <u>12° sh. k.</u> <u>162° sh. u.</u> HG80		3 m samolyot dan tashlangan	
<i>Teak</i>	1958 yil 1 avqust 10:50:05. 6	<u>atoll</u> <u>Dionston (ishga tushirish)</u> <u>16°44'01" sh. k.</u> <u>169°31'31" g. u.</u> HG80 , <u>atoll</u> <u>Dionston</u> (portlash) <u>16°44'38" s h. k.</u> <u>169°32'00" g. u.</u> HG80	3,8 <u>Mt</u>	81,3 km	
<i>Quince</i>	1958 yil 6 avqust 02:15:00.	Tinch okeanidagi sinov poligoni, Runit (Yvonne), <u>Enivetok</u> <u>11°32'54" sh. k.</u> <u>162°21'03" sh. u.</u> HG80		1 m qatiq sirt	

IONLANTIRUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI (RADIOBIOLOGIYA) FANIDAN GLOSSARIY

(o'zbek, rus, ingliz tillarida)

Авария (халокат) – Удрили qurilmani ish jarayonida buzilishi, bu jarayonda radiaktiv material yoki ionlantiruvchi nurlarning tashqari muhitga, belgilangan chegaradan tashqariga chiqishi natijasida ishchi hodimlari, aholini va atrofi muhitni nurlanishiga olib kelishi. (m-p: atom stansiyasi)

Авария - Нарушение эксплуатации ядерной установки (например, атомной станции), при котором произошел выход радиоактивных материалов и/или ионизирующих излучений за границы, предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации, в количествах, приводящих к значительному облучению персонала, населения и окружающей среды.

Accident - Violation of the operation of a nuclear installation (for example, an nuclear power plant) at which radioactive material and / or ionizing radiation has escaped the boundaries foreseen by the project for normal operation, in quantities that result in significant exposure of personnel, the public and the environment.

AES hududidagi avariya - atom reaktoriging yadrosga qisman zarar etkazadigan va nurlanishni qisqartirish bilan xavfsizlik to'siqlarini buzgan atom stansiyasidagi voqea, ba'zi NPP xodimlarining haddan tashqari ta'sirini keltirib chiqardi; aholini belgilangan sanitariya me'yorlaridan o'tirgacha nurlantirish amalga oshirilmaydi. Ammo aholi o'zi-qovqat mahsulotlarini nazorat qilish talab etiladi. Xalqaro miqyosga ko'ta birlayda falokat 4-darajali tasniflanadi.

Авария в пределах АЭС - событие на АЭС, при котором произошло нарушение барьеров безопасности с частичным повреждением активной зоны реактора и выходом радиации, приводящем к пере облучению части персонала АЭС; при этом облучение населения выше установленных санитарных норм не происходит. Однако требуется контроль продуктов питания населения. По международной шкале такая авария классифицируется 4-м уровнем.

Accident within the nuclear power plant - an event at the nuclear power plant, in which there was a violation of safety barriers with partial damage to the core of the reactor and the release of radiation, leading to overexposure of some NPP personnel; while irradiation of the population above the established sanitary standards does not occur. However,

control of the population's food products is required. According to the international scale, such an accident is classified by the 4th level.

Radiation avariya – Uskunaning nosozligi, ishchi personalning notog'ri ish yuritishi, tabiiy ofatlar sababli ionlantiruvchi nurlanish manbai bo'sharuvining izdan chiqishi, buning natijasida atrofi muhitning radiaktiv ifloslanishi e'ki nisonlarni normadan yuqori darajada nurlanish olinishi olib keladi.

Авария радиационная - потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм и/или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Radiation accident - loss of control of the source of ionizing radiation caused by equipment malfunction, improper actions of employees (personnel), natural disasters or other causes that could lead or resulted in exposure of people above the established norms and / or radioactive contamination of the environment.

Atrof-muhitni zararlantirishga sabab bo'luvchi xalokat - atom elektrostansiyasida sodir bo'lgan voqea bo'lib, xavfsizlik to'siqlari va fission mahsulotlarining atrof-muhitga salbiy ta'sirini yuzaga keltirdi va natijada yuzlab TBQ 1131 chiqishi va yadroling ko'r qismini vaugon qilish radiologik ekvivalenti bo'lgan loyila baxtsiz hodisalar uchun doz chegaralarini sezilarli darajada ko'payishga olib keldi. Xalqaro miqyosga ko'ta, avariya 5-darajali bilan tasniflanadi.

Авария с риском для окружающей среды - событие на АЭС, при котором произошло нарушения барьеров безопасности и выброс в окружающую среду продуктов деления и которое привело к незначительному превышению дозовых пределов для проектных плавний, радиологических эквивалентных выбросу порядка сотни Тбк 1131 и разрушению большей части активной зоны. По международной шкале авария классифицируется 5-м уровнем.

An accident with a risk to the environment - is an event at the nuclear power plant, in which safety barriers and releases to the environment of fission products occurred and which resulted in an insignificant excess of the dose limits for design accidents radiological equivalent to the release of about a hundred TBq of 1131 and the

destruction of most of the core. According to the international scale, the accident is classified by the 5th level.

Faollik - Bir vaqtning o'zida ma'lum miqdorda radiativ materialda spontan yadroviy parchalanishlar soni. Bakkereillarda (Bq) yoki kurlarda (Ki) o'lchanadi.

Активность - число самопроизвольных ядерных распадов в данном количестве радиоактивного материала за единицу времени. Измеряется в беккерелях (Бк) или кюри (Ки).

Activity - is the number of spontaneous nuclear decays in a given amount of radioactive material per unit time. Measured in becquerels (Bq) or curies (Ki).

Aktivdilar - atomlarning 89 dan 103 gacha bo'lgan elementlari uchun umumiy nomi. Ushbu ketma-ketlikdagi (aktin, toriy, protaktin va uran) davlatki to'rt element tabiiatda uchraydi. Yadroviy reaksiyalarni natijasida boshqa transuran elementlari deb ataladi. Ushbu elementlarning barcha izotoplari radiativdir.

Актиноиды - общее название элементов с атомными номерами от 89 до 103. Первые четыре элемента в этом ряду (актиний, торий, протактиний и уран) встречаются в природе. Другие, так называемые трансурановые элементы, могут быть получены в результате ядерных реакций. Все изотопы этих элементов радиоактивны.

Actinides - are a common name for elements with atomic numbers from 89 to 103. The first four elements in this series (actinium, thorium, protactinium and uranium) are found in nature. Other, so-called transuranium elements, can be obtained as a result of nuclear reactions. All isotopes of these elements are radioactive.

Alfa radiatsiyasi - bir xil ionlashituvchi parchalanish - radiativ parchalanish va yadroviy reaksiyalarda tarqalgan muvbat zarqadlangan alfa zarrachalarining oqimi. Alfa radiatsiyasining kiritib kelishi kuchsiz (qog'oz vaqtg'i bilan kesikilgan). Tananing ichidagi alfa radiatsiya manbalari o'zid-ovqat, havo yoki teridagi shikastlanishlar bilan olish juda xavfli.

Альфа-излучение - вид ионизирующего излучения - поток положительно заряженных альфа-частиц, испускаемых при радиоактивном распаде и ядерных реакциях. Проникающая способность альфа-излучения невелика (задерживается листом бумаги). Чрезвычайно опасно попадание источников альфа-

излучения внутрь организма с пищей, воздухом или через повреждения кожи.

Alpha radiation - is a kind of ionizing radiation - a stream of positively charged alpha particles emitted during radioactive decay and nuclear reactions. The penetrating power of alpha radiation is small (delayed by a sheet of paper). It is extremely dangerous to get sources of alpha radiation inside the body with food, air or through skin damage.

Alfa zarrachasi - radiativ yadrolanish alfa parchalanishida yoki yadroviy reaksiyalarni natijasida chiqadigan geliy-4 atomining yadrosidir.

Альфа-частица - ядро атома гелия-4, испускаемое при альфа-распаде радиоактивных ядер или в результате ядерных реакций.

The alpha particle - is the core of the helium-4 atom emitted during the alpha decay of radioactive nuclei or as a result of nuclear reactions.

Atom - umumiy xususiyatlarini saqlaydigan kimyoviy elementlarning eng kichik zarrachasi. U yadro atrofida harakatlanaётган proton va neytronlar va elektronlar bilan yadrodan iborat. Atomdagi elektronlar soni yadrodagi protonlar soniga teng.

Атом - наименьшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. Состоит из ядра с протонами и нейтронами и электронов, движущихся вокруг ядра. Число электронов в атоме равно числу протонов в ядре.

Ан атом - is the smallest particle of a chemical element that preserves its properties. It consists of a nucleus with protons and neutrons and electrons moving around the nucleus. The number of electrons in an atom is equal to the number of protons in the nucleus.

Атом birliklari - atom, molekullar va elementar zarrachalar massasini ifodalash uchun ishlatiladigan va uglerod-12 nuklid massasining 1/12 qismiga teng bo'lgan birlikdir.

Атомная единица - единица, используемая для выражения масс атомов, молекул и элементарных частиц и равная 1/12 массы нуклида углерод-12.

The atomic unit - is the unit used to express the masses of atoms, molecules and elementary particles and is equal to 1/12 of the carbon-12 nucleide mass.

Atom massasi - atom massa birliklari ifoda etilgan kimyoviy element atomlarning massasi. 1 amu uchun Uglerod-12 izotop massasining 1/12 qismi qabul qilindi. Bu $1,66 \times 10^{-27}$ kg gacha. Atom massasi ma'lum bir atomdagi barcha proton va neytronlarning massasidan iborat.

Атомная масса - атомная масса химического элемента, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.). За 1 а.е.м. принята 1/12 часть массы изотопа углерода-12. Она равна $1,66 \times 10^{-27}$ кг. Атомная масса складывается из масс всех протонов и нейтронов в данном атоме.

Atomic mass - is the mass of an atom of a chemical element, expressed in atomic mass units (amu). For 1 amu 1/12 part of the mass of the carbon-12 isotope was adopted. It is equal to 1.66×10^{-27} kg. The atomic mass consists of the masses of all protons and neutrons in a given atom.

Атом энергетikasi - elektrlashtiruvchi va isitish ushul atom energiyasidan foydalangan energiya sektori. Fan va texnologiya sohasida yadro energiyasini elektr va issiqlik energiyasiga aylantirish usullari va vositalarini ishlab chiqadi.

Атомная энергетика - отрасль энергетики, использующая ядерную энергию для целей электрификации и теплофикации. Как область науки и техники, разрабатывает методы и средства преобразования ядерной энергии в электрическую и тепловую.

Nuclear power - is an energy sector that uses nuclear energy for electrification and heating purposes. As an area of science and technology, develops methods and means of converting nuclear energy into electrical and thermal

Атом уадроси - elektrolning aylanadigan va deyarli barcha atom massasi kontsentrlangan atomning mustab zaryadlangan markaziy qismidir. U proton va neytronlardan iborat. Yadro zaryadlari yadroda protolarning iminiyu zaryadlari bilan belgilanadi va elementlarning davtuyi tizimida kimyoviy elementning atomik soniga mos keladi.

Атомное ядро - положительно заряженная центральная часть атома, вокруг которой вращаются электроны и в которой сосредоточена практически вся масса атома. Состоит из протонов и нейтронов. Заряд ядра определяется суммарным зарядом протонов в ядре и соответствует атомному номеру химического элемента в периодической системе элементов.

The atomic nucleus - is the positively charged central part of the atom around which electrons rotate and in which practically the entire mass of the atom is concentrated. It consists of protons and neutrons. The charge of the nucleus is determined by the total charge of the protons in the nucleus and corresponds to the atomic number of the chemical element in the periodic system of elements.

Атом raqami - elementlarning davtuyi jadvalidagi kimyoviy elementlarning soni; atom uadrosida proton soniga teng.

Атомный номер - номер химического элемента в периодической системе элементов; равен числу протонов в атомном ядре.

Atomic number - the number of the chemical element in the periodic table of elements; is equal to the number of protons in the atomic nucleus.

Radiaktiv aerosol - tupan yoki tupun shaklidagi havo-da, radiaktivlik bilan eng kichik qat'iq yoki suyuq zarralar; radiaktiv izotoplar kiritilganda atmosferada hosil bo'ladigan va ularning parchalanadigan mahsulotlari odatda chang zarrachalari ustida cho'keir.

Аэрозоль радиоактивный - взвешенные в воздухе в виде тумана или дыма мельчайшие твёрдые или жидкие частицы, обладающие радиоактивностью; образуются в атмосфере при поступлении радиоактивных изотопов и осаждении их продуктов распада на частицах обычной пыли.

Aerosol radioactive - suspended in the air in the form of fog or smoke, the smallest solid or liquid particles with radioactivity; are formed in the atmosphere when radioactive isotopes enter and their decay products precipitate on particles of ordinary dust.

Bekkerel - radiaktiv mahbada nuktalarning bir birligi, nuklid faolligiga teng, 1 sda bir parchalanish yuz betadi.

Беккерель - единица активности нуклида в радиоактивном источнике, равная активности нуклида, при которой за 1 с происходит один распад.

Becquerel is a unit of nucleide activity in a radioactive source, equal to the nucleide activity, in which a single decay takes place in 1 s.

Beta parchalanish - elektron va pozitroni ionlashtiruvchi radiatsiya, yadro transformatsiyalida farqalagan doimiy energiya spektri.

Бета-излучение - электронное и позитронное ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях.

Beta-radiation - electron and positron ionizing radiation with a continuous energy spectrum, emitted during nuclear transformations

Beta mahbai - bu beta-radiatsiya emissiyasi bilan parchalanadigan radiaktiv yadro; beta-radiatsiya hosil qiluvchi qurilma.

Бета-источник - радиоактивное ядро, распадающееся с испусканием бета-излучения; устройство, создающее бета-излучение.

Beta source - is a radioactive nucleus that decays with the emission of beta radiation; a device that creates beta radiation.

Beta-radiaktivlik - beta-radiatsiya emissiyasi bilan bog'liq radiativlik.

Бета-радиоактивность - радиоактивность, обусловленная испусканием бета-излучения.

Beta-radioactivity - radioactivity, caused by the emission of beta radiation.

Beta parchalanishi - bu neytronning protonga o'zbo'shimchalik bilan aylanishi va atom uadrosi ichida neytronga proton, spinningdek erkin neytronni protonga aylantirish, bu elektronning uoki pozitron va neytrino uoki antineytrino emissiyasi bilan birga bo'ladi.

Бета-распад - самопроизвольные превращения нейтрона в протон и протона в нейтрон внутри атомного ядра, а также превращение свободного нейтрона в протон, сопровождающееся испусканием электрона или позитрона и нейтрино или антинейтрино.

Beta decay - is the spontaneous transformation of a neutron into a proton and a proton into a neutron inside an atomic nucleus, as well as the conversion of a free neutron into a proton, accompanied by the emission of an electron or a positron and a neutrino or antineutrino.

Beta zargarachalari - elektronlar uoki pozitronlar, ularning beta-parchalanishida atom uadrolari uoki erkin neytronlar shiqaradi.

Бета-частица - электроны или позитроны, испускаемые атомными ядрами или свободными нейтронами при их бета-распаде.

Beta particles are electrons or positrons emitted by atomic nuclei or free neutrons in their beta decay.

Xarakatchan neytronlar - kinetik energiyasi ma'lum bir qitmadan uqdori bo'lgan, ko'pincha 0.1 MeV ga teng bo'lgan neytronlardir.

Быстрые нейтроны - нейтроны, кинетическая энергия которых выше некоторой определенной величины, чаще всего равной 0,1 МэВ.

Fast neutrons - are neutrons whose kinetic energy is above a certain value, most often equal to 0.1 MeV.

Ber - tizimda bo'lmagan ekvivalent dozani tashkil qiladi. 1ber = 0.01 Sv.

Бэр - внесистемная единица эквивалентной дозы. 1бэр = 0,01 Зв.

Baer - is a non-systemic equivalent dose unit. 1ber = 0.01 Sv.

Tashqari purlanish - tapani uning tashqarisidagi ionlashituvchi purlanish mabvalaridan purlanishidir.

Внешнее облучение - облучение организма от находящихся вне него источников ионизирующего излучения.

External exposure - exposure of the body from sources of ionizing radiation that are outside it.

Ichki purlanish - talaning ichkasida joylashgan uoki ichiga kitgan ionlashituvchi purlanish mabvalaridan purlanishi.

Внутреннее облучение - облучение организма от находящихся или попавших внутрь источников ионизирующего излучения.

Internal exposure - exposure of the body from sources of ionizing radiation that are inside.

Radiaktiv shiqindilar - atmosfera'dagi radiaktiv moddalarni Yer yuzasiga yirikitish.

Выпадение радиоактивное - осаждение радиоактивных веществ, находившихся в воздухе, на поверхность земли.

Radioactive fallout - deposition of radioactive substances in the air to the surface of the earth.

Uqdori dарада bo'yitilgan uran - uran-235 izotop massasi 20% teng uoki undan uqdori bo'lgan uran hisoblanadi.

Высокообогащенный уран - уран с содержанием изотопа урана-235 по массе равным или более 20%.

Highly enriched uranium - is uranium with a uranium-235 isotope content of mass equal to or greater than 20%.

Sattma purlanishi - radiativ parchalanish davrida tarqalgan elektromagnit ionlashituvchi purlanish va uotug'lik tezligida tarqalgan va uqdori energiya va penetratsion qobiliyatga ega uadro reaksiyalari. O'g'ir elementlar, masalan, qo'tug'oshin bilan ta'sir o'tkazish orqali natijalari zaiflashmoqda.

Гамма-излучение - вид электромагнитного ионизирующего излучения, испускаемого при радиоактивном распаде и ядерных реакциях, распространяющегося со скоростью света и обладающего большой энергией и проникающей способностью. Эффективно

ослабляется при взаимодействии с тяжелыми элементами, например, свинцом.

Gamma radiation - is a kind of electromagnetic ionizing radiation emitted during radioactive decay and nuclear reactions, propagating at the speed of light and possessing high energy and penetrating ability. Effectively weakened by interaction with heavy elements, for example, lead

Гамма манбаи - Гамма манбаи - гамма нурланishiining emissiyasi bilan parchalanadigan radiativ yadro.

Гамма-источник - радиоактивное ядро, распадающееся с испусканием гамма-излучения; устройство, создающее гамма-излучение.

Gamma source - a radioactive nucleus that decays with the emission of gamma radiation; a device that generates gamma radiation.

Radiation genetics - bu o'simlik va hayvon organizmlarining irsiy xususiyatlarini o'zgaritishga ionlashituvchi nurlanish ta'sirini o'rganadigan genetika bo'limi.

Радиационная генетика - раздел генетики, изучающий влияние ионизирующего излучения на изменение наследственных свойств растительных и животных организмов.

Radiation Genetics - is a division of genetics that studies the effect of ionizing radiation on the variation of hereditary properties of plant and animal organisms.

Radiatsiyaning genetik oqibatlari - tirik organizmga ionlashituvchi nurlanishning kituvchi radiatsiya ta'siri, uning irsiy xususiyatlarini o'zgaritishi bilan bog'liq va nurl organizmlarning paslida namoyon bo'ladi.

Генетические последствия излучения - нежелательные радиационные последствия воздействия ионизирующих излучений на живой организм, связанные с изменением его наследственных свойств и проявляющиеся у потомства облученного организма.

Genetic consequences of radiation - undesirable radiation effects of ionizing radiation on the living organism, associated with a change in its hereditary properties and manifested in the offspring of the irradiated organism.

Global halokat - sodir bo'lgan yadroviy inshootda sodir bo'lgan vovda bo'lib, undagi barcha xavfsizlik to'siqlari yadroga to'liq zarat etkazilishi, reaktor yadrosida to'plangan radiativ mahsulotlarning aksariyatini atrof-muhitga va atrofdagi seziqlari mavdonga tushirilishi

bilan parchalanib ketgan. Mumkin radiation shikastlanishlar, atrof muhitga va sog'liqni saqlashga uzoq muddatli ta'sir. Halqaro miqyosga ko'ta, u 7-darajali deb tasniflanadi.

Глобальная авария - событие на АЭС, при котором произошло разрушение всех барьеров безопасности с полным повреждением активной зоны, выбросом в окружающую среду большей части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне реактора, на территорию АЭС и значительную территорию вокруг нее. Возможны острые лучевые поражения, длительное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. По международной шкале классифицируется 7-м уровнем.

A global accident - is an event at the nuclear power plant, in which all the safety barriers have collapsed with complete damage to the core, the release of most of the radioactive products accumulated in the reactor core into the environment, and a significant area around it. Possible acute radiation injuries, long-term effects on the environment and public health. According to the international scale, it is classified as the 7th level.

Grey - SI birlik tizimida so'tilgan dozaning birligi. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg} = 100 \text{ rad}$.

Грей - единица поглощенной дозы в системе единиц СИ. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$.

Gray - is the unit of absorbed dose in the SI unit system. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg} = 100 \text{ rad}$.

Taqiidiy organlarning guruhlari - I, II va III guruhlariga ajratilgan organlar bo'lib, ular asosiy doza chegarasining turli xil qiymlarini aniqlangan radiosensitivitviani kamaytirish maqsadida belgilanadi. Kritik organlarning I guruhida butun tana, gonadalar, qizil ilik suvagi, II guruhida - mushkullar, qalqonsimon bez, yog' to'qimasi, jigat, buyraklar, tiroq, oshqozon-ichak trakti, o'rka, ko'zning ko'zia va I va III guruhlariga mansub bo'lmagan boshqa organlarni o'z ichiga oladi, III guruhida - teri, suyak, batmoqlar, bilaklar, boldir va uyuoqlar.

Группы критических органов - органы, относенные к I, II или III группам в порядке убывания радиочувствительности, для которых устанавливаются разные значения основного дозового предела. В группу I критических органов включены все тело, гонады, красный костный мозг, в группу II - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, не

относящиеся к группам I и III, в III группу - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Groups of critical organs - are organs assigned to groups I, II or III in order of decreasing radiosensitivity, for which different values of the basic dose limit are established. The group I of critical organs includes the whole body, gonads, red marrow, in group II - muscles, thyroid gland, adipose tissue, liver, kidneys, spleen, gastrointestinal tract, lungs, lens eyes and other organs not belonging to groups I and III, in group III - skin, bone, brushes, forearms, shins and feet.

Dezenfeksiya - mashinadan, qurollardan, binolardan, turroqdan, kiyim-kechak, oziq-ovqat, suv va boshqa ifloslangan narsalardan radiaktiv ifloslanishni olib tashlash.

Деактивация - удаление радиоактивных загрязнений с техники, вооружения, зданий, почвы, одежды, продовольствия, из воды и других зараженных объектов. **Decontamination** - removal of radioactive contamination from machinery, weapons, buildings, soil, clothing, food, from water and other contaminated objects.

Deuteriy - vodородning "og'ir" izotopi bo'lib, atom massasi 2 ga teng.

Дейтерий - «тяжелый» изотоп водорода с атомной массой, равной 2.

Deuterium - is a "heavy" isotope of hydrogen with an atomic mass equal to 2.

Bo'linuvchi nuklid - neytronlarning seklinlashuvi natijasida hosil bo'ladigan uydrosimon nuklid. Yadro energiyikasi sohasidagi eng muhim uchta nuklidlar mavjud. Ulardan biri tabiiatda (uran-235) mavjud, qolgan ikkitasi sun'iydir (uran-233 va plutonium-239).

Делящийся нуклид - нуклид, способный претерпеть ядерное деление в результате взаимодействия с медленными нейтронами. Существуют три наиболее важных делящихся нуклида, представляющих интерес в ядерной энергетике. Один из них существует в природе (уран-235), а два других являются искусственными (уран-233 и плутоний-239).

The fissile nuclide - is a nuclide capable of undergoing nuclear fission as a result of interaction with slow neutrons. There are three most important fissile nuclides of interest in nuclear power engineering. One of them exists in nature (uranium-235), while the other two are artificial (uranium-233 and plutonium-239).

Ionlashituvchi nurlanish detektori - ionlashituvchi nurlanishni qayd etish uchun mo'ljallangan o'lchov moslamasining sezgir elementidir. Uning ta'siri nurlanishni moddadan o'tganda sodir bo'ladigan hodisalarga asoslanadi.

Детектор ионизирующего излучения - чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для регистрации ионизирующего излучения. Его действие основано на явлениях, возникающих при прохождении излучения через вещество.

The detector of ionizing radiation - is a sensitive element of the measuring instrument intended for recording ionizing radiation. Its action is based on phenomena that arise when radiation passes through matter.

Radiation nurlanishning dozasi - bu biologik ob'ekta, xususan, insonga ionlashituvchi nurlanish ta'sirligining o'lchovidir. Ekspozitsion, yutilgan, integral va ekvivalent dozalar mavjud.

Доза излучения - мера воздействия ионизирующего излучения на биологический объект, в частности человека. Различают экспозиционную, поглощенную, интегральную и эквивалентную дозы.

The dose of radiation - in radiation safety - is the measure of the effect of ionizing radiation on a biological object, in particular a person. There are exposure, absorbed, integral and equivalent doses.

Dozimetr - so'ntilgan dozalni yoki ionlashituvchi nurlanishning dozasi ni o'lchash uchun qurilma.

Дозиметр - прибор для измерения поглощенной дозы или мощности дозы ионизирующего излучения.

The dosimeter - is a device for measuring the absorbed dose or dose rate of ionizing radiation.

Dozimetriya - bu ionlashituvchi nurlanishning turli ob'ektlarga ta'sirini xarakterlovchi fizik kattaliklarni o'rganadigan amaliy yadro fizikasi sohasi.

Дозиметрия - область прикладной ядерной физики, в которой изучают физические величины, характеризующие действие ионизирующего излучения на различные объекты.

Dosimetry - is a field of applied nuclear physics in which physical quantities characterizing the effect of ionizing radiation on various objects are studied.

Dozali yuklama - yadrovu yuqilma, yoki atom elektrostantsiyasini jihozlash, ta'mirlash, almashitish yoki demontaj qilish ishlari uchun

qabul qilingan yoki qabul qilish rejalashtirilgan xodimlarning individual nurlanish dozalarining yig'indisi.

Дозовая нагрузка - сума индивидуальных доз излучения персонала, полученных или планируемых при выполнении работ по эксплуатации, обслуживанию, ремонту, замене или демонтажу оборудования ядерной установки, например, атомной станции.

Dose load - is the sum of individual radiation doses of personnel received or planned for the operation, maintenance, repair, replacement or dismantling of equipment of a nuclear installation, for example, a nuclear power plant.

Рухсат етиган консентратсия - havo, suvda radioaktivlikning ruhsat etilgan hajmi faollik darajası.

Допустимая концентрация - допустимый уровень объемной активности радионуклида в воздухе, воде.

Permissible concentration - is the permissible level of volumetric radionuclide activity in air, water.

Рухсат етиган sirt ifloslanishi - radiaktiv ifloslanish tufayli odamlarning tashqi va ichki nurlanishiga yo'l qo'yulaydigan ruhsat etilgan darajada.

Допустимое радиоактивное загрязнение поверхности - устанавливается на уровне, не допускающем внешнего и внутреннего облучения людей за счет радиоактивного загрязнения выше предельно допустимой дозы или предельной дозы.

Рухсат етиган tarkib - inson tanasida radioaktivlik tarkibining ruhsat etilgan darajası.

Допустимое содержание - допустимый уровень содержания радионуклида в организме человека.

Permissible radioactive contamination of the surface - is set at a level that does not allow external and internal exposure of people due to radioactive contamination above the maximum permissible dose or the maximum dose.

Рухсат етиган chiqindi meyorı (radiaktiv moddalar) - yadroviy qurilma uchun o'tatiladigan (masalan, atom stantsiyasi) bir kalendar yilida ventilyatsiya tizimi organi atmosfera havosiga tashlangan radioaktivliklar faolligining qiymati.

Допустимый выброс (радиоактивных веществ) - установленное для ядерной установки (например, атомной станции) значение активности радионуклидов, удаляемых за календарный год в атмосферный воздух через систему вентиляции.

Permissible release (radioactive substances) - the value of the activity of radionuclides, removed for a calendar year into the atmospheric air through the ventilation system, installed for a nuclear installation (for example, an atomic station)

Рухсат етиган chiqindi (radiaktiv moddalar) - yadro qurilmasi uchun o'tatilgan, oqava suv bilan tashqi muhimga chiqariladigan (masalan, atom elekt stantsiyasi) radioaktivliklar faolligining qiymati.

Допустимый сброс (радиоактивных веществ) - установленное для ядерной установки (например, атомной станции) значение активности радионуклидов, поступающих во внешнюю среду со сточными водами.

Permissible discharge (radioactive substances) - the value of the activity of radionuclides entering the external environment with wastewater, established for a nuclear installation (for example, an atomic station).

Рухсат етиган daraja - kalendar yili uchun inson tanasiga radioaktivliklarni qabul qilish normasi hisoblanadi.

Допустимый уровень - норматив для поступления радионуклидов в организм человека за календарный год.

The permissible level - is the norm for the intake of radionuclides into the human body for a calendar year.

Yordamchi mahsulot - parchalanish zarfida ma'lum radioaktivlikdan hosil bo'lgan har qanday nuklid.

Дочерний продукт - любой нуклид, образующийся из данного радионуклида в процессе распада.

A daughter product - is any nuclide formed from a given radionuclide in a chain of decays.

Radiaktivlik birligi - radiaktivlik yoki radiaktiv moddalarning miqdorini o'lchash uchun ishlatiladigan birliklardir.

Единицы радиоактивности - единицы, применяемые для измерения радиоактивности или количества радиоактивного вещества.

Units of radioactivity - are units used to measure radioactivity or the amount of radioactive material.

Tabiiy radiatsiya fondi - kosmik nurlanish va tabiiy tavishda tarqalgan tabiiy radioaktivliklar (Yer yuzida, havo, oziq-ovqat, suv, inson tanasi va boshqalar) organi hosil qilingan ionlashituvchi nurlanishdir.

Естественный радиационный фон - ионизирующее излучение, создаваемое космическим излучением и излучением

естественно распределенных природных радионуклидов (на поверхности Земли, в воздухе, продуктах питания, воде, организме человека и др.).

Natural radiation background - is ionizing radiation created by cosmic radiation and radiation of naturally distributed natural radionuclides (on the surface of the Earth, in air, food, water, human body, etc.).

Radiaktiv ifloslanish - radiaktiv moddalar atrof muhitdagi, materiallar yuzasida, asbob-uskuna va boshqalarda radiatsiyaviy xavfizlikning apardagi me'yorlari va qoidalarida belgilangan qiyomatlardan oshib ketishi yoki tarqalishi.

Загрязнение радиоактивное - наличие или распространение радиоактивных веществ в окружающей среде, на поверхности материалов, оборудования и пр. в количествах, превышающих величины, установленные действующими нормами и правилами радиационной безопасности.

Pollution is radioactive - the presence or spread of radioactive substances in the environment, on the surface of materials, equipment, etc., in quantities exceeding the values established by the current norms and rules of radiation safety.

Ruxsat etilgan radiaktiv ifloslanish - bu odatlarning ruxsat etilgan maksimal dozasi yoki doz chegarasidan tashqari tashqi va ichki ta'sirga olib kelmashligi, shuningdek, radiaktiv moddalarning katta qismiga aylanishiga yo'l qo'yilmaydi.

Допустимое радиоактивное загрязнение - радиоактивное загрязнение, не вызывающее внешнего и внутреннего облучения людей выше предельно допустимой дозы или предела дозы, а также не допускающее большой разнос радиоактивных веществ.

Pollution is radioactive - radioactive contamination, which does not cause external and internal exposure of people above the maximum permissible dose or dose limit, and also does not allow a large disruption of radioactive substances.

Yoriq tanba - bu ionlashituvchi nurlanishning tanbai bo'lib, uning qurilmasi uning tarkibida mavjud bo'lgan radionuklidlarning tabiiy muhitga kirtilishi va uni ishlatisht shartlari bo'yicha hisobga olinishi shart emas.

Закрытый источник - источник ионизирующего излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем

радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

A closed source - is the source of ionizing radiation, the device of which excludes the entry of the radionuclides contained in it into the environment under the conditions of use and wear on which it is calculated.

Yoriq yadroviy yonilg'i sikli (aylanishi) - yadro yonilg'isi yadro yonilg'isi yadro yonilg'isini davta ishlab chiqarish uchun utgan va plutoniumni davta tiklash uchun reaktordan chiqarilgan yadroviy yonilg'i hisoblanadi.

Замкнутый ядерный топливный цикл - ядерный топливный цикл, в котором отработавшее ядерное топливо, выгруженное из реактора, перерабатывается для извлечения урана и плутония для повторного получения ядерного топлива.

A Closed Nuclear Fuel Cycle - is a nuclear fuel cycle in which spent nuclear fuel discharged from a reactor is processed to recover uranium and plutonium to re-produce nuclear fuel

Radiaktiv chiqindilarni yo'q (utilizatsiya) qilish - radiaktiv chiqindilarni saqlash joylarida yoki muayyan joylarda, chiqindilarni yo'qotishdan tashqari, radiaktiv moddalarni atrof muhitga chiqarish ehtiyoji bilan xavfsiz joylashtirish hisoblanadi.

Захоронение радиоактивных отходов - безопасное размещение радиоактивных отходов в хранилищах или каких-либо определенных местах, исключаящее изъятие отходов и возможность выхода радиоактивных веществ в окружающую среду.

Disposal of radioactive wastes - is the safe placement of radioactive waste in storage facilities or in certain places, excluding waste removal and the possibility of release of radioactive substances into the environment.

Zivert - SI bitiklarida - ekvivalent dozalash birligi. 1 sv = 1 J / kg = 100 prot.

Зиверт - единица эквивалентной дозы в системе единиц СИ -. 1 Зв = 1 Дж/кг = 100 бэр.

Sievert - in the SI units - equivalent dose unit. 1 Sv = 1 J / kg = 100 rem.

Kuzatuv zonasi - radiaktiv chiqindilar va yadroviy reaktorlarning yoki yadroviy sanoati korxonalarning chiqindilarning ta'siri mavjud bo'lgan va jonli aholining ta'sir qilish darajasi belgilangan doz

chegarasiga yetadigan hudud. Monitoring zonasida radiatsiya monitoringi olib boriladi.

Зона наблюдения - территория, где возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов АС или предприятий атомной промышленности и где облучение проживающего населения может достигать установленного предела дозы. В зоне наблюдения проводится радиационный контроль.

The observation zone is the territory where the impact of radioactive discharges and emissions of nuclear reactors or nuclear industry enterprises is possible and where exposure of the living population can reach the established dose limit. In the monitoring zone, radiation monitoring is carried out

Izobar - nuklidlar bir xil atom massasi va nuklonlarning soni bilan, lekin proton va neytronlarning turli sonlari.

Изобары - нуклиды с одинаковой атомной массой и числом нуклонов, но разным количеством протонов и нейтронов.

Isoyary - nucleides with the same atomic mass and number of nucleons, but different number of protons and neutrons.

Izotoplar - bir xil atom miqdoriga ega bo'lgan nuklidlardir, ammo ular turli atom massalari (masalan, uran-235 va uran-238).

Изотопы - нуклиды, имеющие одинаковый атомный номер, но различные атомные массы (например, уран-235 и уран-238).

Isotopes - are nucleides with the same atomic number, but different atomic masses (for example, uranium-235 and uranium-238).

Nurlanishning individual dozasi - bir kishidan radiatsiya ekvivalent dozasi hisoblanadi.

Индивидуальная доза облучения - эквивалентная доза излучения отдельного индивидуума.

The individual dose of radiation is the equivalent dose of radiation from an individual.

INES - xalqaro yadroviy voqealar ko'lamini (INES). Atom sanoati, ommaviy axborot vositalari va ommaviy axborot vositalari muxassislarga yadroviy voqealar bo'yicha hisobotlarni ekanligi berishni osonlashtirish maqsadida joriy etildi. Vaziyat polidan (xavfsizlik uchun muhim bo'lmagan hodisa) etinchisi (katta xavfsiz hodisa) darajasiga ega.

ИНЕС - международная шкала ядерных событий (INES). Была введена с целью обобщить передачу сообщений о ядерных событиях специалистам атомной промышленности, средствам

массовой информации и обществу. Шкала охватывает уровни от нулевого (события, не существенного для безопасности) до седьмого (крупная авария).

INES - is the international scale of nuclear events (INES). It was introduced to facilitate the transmission of reports on nuclear events to specialists in the nuclear industry, the media and the public. The scale covers levels from zero (an event not essential for safety) to the seventh (major accident).

Ion - elektronlarning yo'qolishi yoki biriktirish natijasida hosil bo'lgan zaryadlangan atomdir. Ionlar o'z navbatida musbat (elektron yo'qotish bilan) va manfiy (elektronlar qo'shilishi bilan) bo'lishi mumkin.

Ион - заряженный атом, образующийся при потере или присоединении электронов. Ионы, соответственно, могут быть положительными (при потере электронов) и отрицательными (при присоединении электронов).

Ion - is a charged atom formed when electrons are lost or attached. Ions, respectively, can be positive (with loss of electrons) and negative (with the addition of electrons).

Ionizatsiya kamerasi - ikkita elektrod orasidagi bo'sh maydonda elektr maydoni hosil bo'lgan kamerasidir. Kamera ionlashtiruvchi nurlanish oqimiga duch keladi va radiatsiya nurlanishining intensivligiga proportsional ravishda hosil bo'ladi.

Ионизационная камера - камера, в которой в пространстве между двумя электродами создается электрическое поле. Камера подвергается воздействию потока ионизирующих излучений и образует ток, пропорциональный интенсивности облучения.

The ionization chamber - is a chamber in which an electric field is created in the space between two electrodes. The chamber is exposed to a stream of ionizing radiation and forms a current proportional to the intensity of irradiation.

Ionlanish - elektr neytral atomlardan va molekullardan musbat va manfiy ionlarning hosil bo'lishi.

Ионизация - образование положительных и отрицательных ионов из электрически нейтральных атомов и молекул.

Ionization - the formation of positive and negative ions from electrically neutral atoms and molecules.

Ionlashtiruvchi nurlanish - radiatsiya, uning shovqinlanishi muhit bilan ionlash va uning atomlarini va molekullarini uyg'otishga olib

keladi. Ionlashituvchi nurlanish gamma nurlanishi, rentgen nurlari, elektronlar va pozitronlarning nurlari, protonlar, neytronlar va alfa zarrachalari. Ionlashituvchi nurlanish zarrachalarning energiyasi oft-tizim bitliklari - elektron-volts (eV) da o'lchanadi. $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Ионизирующее излучение - излучение, взаимодействие которого со средой приводит к ионизации и возбуждению ее атомов и молекул. Ионизирующим излучением является гамма-излучение, рентгеновское излучение, пучки электронов и позитронов, протонов, нейтронов и альфа-частиц. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах - электрон-вольтах (эВ). $1 \text{ эВ} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$.

Ionizing radiation - is radiation, the interaction of which with the medium leads to ionization and excitation of its atoms and molecules. Ionizing radiation is gamma radiation, X-ray radiation, beams of electrons and positrons, protons, neutrons and alpha particles. The energy of particles of ionizing radiation is measured in off-system units - electron-volts (eV). $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Ionlashituvchi nurlanish manbai - radiativ moddasi yoki ma'lum bir sharoitda ionlashituvchi nurlanishni chiqaradigan yoki chiqaradigan texnik qurilma bo'lgan ob'ekt.

Источник ионизирующего излучения - объект, содержащий радиоактивный материал или техническое устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать ионизирующее излучение.

The source of ionizing radiation - is an object containing radioactive material or a technical device emitting or capable of emitting ionizing radiation under certain conditions.

Nurlantirgan shaxslarning toifalari - shartli ajratilgan, ionlashituvchi nurlanish manbari bilan aloqa qilish shartlari asosida, nurlangan shaxslar guruh.

Категории облучаемых лиц - условно выделяемые, исходя из условий контакта с источниками ионизирующих излучений, группы облучаемых лиц.

Categories of irradiated persons - conditionally allocated, based on conditions of contact with sources of ionizing radiation, a group of irradiated persons.

Kollektiv nurlanish dozasi - ma'lum bir vaqt mobaynida nurl shaxslarning turli toifalari uchun alohida nurlanish dozalarining yig'indisi hisoblanadi. U inson-sievert (inson-Sv) bilan o'lchanadi.

Коллективная доза излучения - сумма индивидуальных доз излучения различных категорий облучаемых лиц за определенный промежуток времени. Измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Collective dose of radiation - is the sum of individual radiation doses of various categories of irradiated persons for a certain period of time. It is measured in man-sievert (person-Sv).

Kosmik nurlanish - kosmosdan keladigan asosiy nurlanishni o'z ichiga olgan fon ionlashituvchi nurlanish va asosiy nurlanishning atmosfera ta'sirlanishidan kelib chiqadigan sekonddiradiatsiya.

Космическое излучение - фоновое ионизирующее излучение, которое состоит из первичного излучения, поступающего из космического пространства, и вторичного излучения, возникающего в результате взаимодействия первичного излучения с атмосферой.

Cosmic radiation - background ionizing radiation, which consists of primary radiation coming from outer space, and secondary radiation resulting from the interaction of primary radiation with the atmosphere.

Nurlanish sifati ko'effitsienti - Nisbiy biologik nurlanish samaradorligi ko'effitsienti

Коэффициент качества излучения - Коэффициент относительной биологической эффективности излучения

The radiation quality factor - see Coefficient of relative biological efficiency of radiation.

Nisbiy biologik nurlanish samaradorligi ko'effitsienti - ekvivalent dozani aniqlashda turli xil ionlashituvchi nurlanishlarning biologik samaradorligini hisoblash uchun (Q) ko'effitsienti. Uetari dozani olish uchun ushbu nurlanishning qabul qilingan dozasi sifat omiliga ko'raytirilishi kerak. R-rentgen, beta va gamma nurlanishi uchun Q = 1 ko'effitsienti, neytron radiatsiyasi (tez neytron) Q = 10-15 va alfa radiatsiya uchun Q = 10-20.

Коэффициент относительной биологической эффективности излучения - коэффициент (Q) для учета биологической эффективности разных видов ионизирующего излучения в определении эквивалентной дозы. Для получения эквивалентной дозы поглощенная доза рассматриваемого излучения должна быть умножена на коэффициент качества. Для рентгеновского, бета- и гамма-излучения коэффициент Q=1, нейтронного излучения (быстрые нейтроны) Q=10-15, а для альфа-излучения Q=10-20.

Coefficient of relative biological efficiency of radiation - coefficient (Q) to account for the biological effectiveness of different

types of ionizing radiation in determining the equivalent dose. To obtain an equivalent dose, the absorbed dose of the radiation in question must be multiplied by the quality factor. For X-ray, beta and gamma radiation, the coefficient $Q = 1$, neutron radiation (fast neutrons) $Q = 10-15$, and for alpha radiation $Q = 10-20$

Kritik guguh - bu guruh ichida eng katta radiatsiya ta'siri ostida ishg'ol, yashash sharoitlari, yoshi yoki boshqa omillarga ta'sir qiladigan shaxslar majmua.

Критическая группа - совокупность лиц, которые по роду занятий, условиям жизни, возрасту или другим факторам подвергаются наибольшему радиационному воздействию среди данной группы людей.

Critical group - a set of persons who, by occupation, living conditions, age or other factors are exposed to the greatest radiation impact among this group of people

Kritik massa - yadro bo'limlasining o'z-o'zini ushlab tutuvchi zanjirli reaksiyasi sodir bo'lishi mumkin bo'lgan eng kam radionuklid massasi.

Критическая масса - наименьшая масса радионуклида, в которой может протекать самоподдерживающаяся цепная реакция деления ядер.

The critical mass - is the lowest mass of a radionuclide in which a self-sustaining chain reaction of nuclear fission can occur.

Kritik organ - organ yoki to'qimadir, tananing bir qismi, shamollatish va sharoitda purti insonning yoki uning avlodlarining sog'lig'iga eng katta zarar etkazishi mumkin. Tanadagi organlarning uchta guruhini mavjud.

Критический орган - орган или ткань, часть тела, обучение которых в данных условиях может причинить наибольший ущерб здоровью обученного лица или его потомства. Различают три группы критических органов.

A critical organ - is an organ or tissue, part of the body, irradiation of which under the given conditions can cause the greatest damage to the health of the irradiated person or his offspring. There are three groups of critical organs.

Kyuri - radium-226 izotopining 1 g faolligini ifodalovchi, ofitizimning birligi. 1 Cu = $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq.

Кюри - внесистемная единица активности, первоначально выражала активность 1 г изотопа радия-226. 1 Ки = $3.7 \cdot 10^{10}$ Бк.

The Curie - is an off-system unit of activity, initially expressing the activity of 1 g of radium-226 isotope. 1 Cu = $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq.

Nur kasalligi - radiatsion shikastlanish oqibatida rivojlanayotgan o'ziga xos alomatlariga ega keng tarqalgan kasallikdir. Radiatsiya umumiy dozasi va ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga qarab, radiatsiya kasalligining o'lkir va surunkali shakllari farqlanadi.

Лучевая болезнь - общее заболевание со специфическими симптомами, развивающееся вследствие лучевого поражения. В зависимости от суммарной дозы излучения и времени воздействия ионизирующего излучения различают острую и хроническую формы лучевой болезни.

Radiation disease - is a common disease with specific symptoms that develops as a result of radiation damage. Depending on the total dose of radiation and the time of exposure to ionizing radiation, the acute and chronic forms of radiation sickness are distinguished.

Nur sterilizatsiyasi - ionlashtiruvchi nurlanish ta'siri natijasida hayvonlar va odamlarning avlodlarini davta tiklash qobiliyatini yo'q qilish; oziq-ovqat mahsulotlari, kiyim-kechak va jatrohlik asboblari dezinfektsiyalash maqsadida radiatsiya ta'siri ostida mikroorganizmlarni yo'q qilish, biologik tadqiqotlar uchun ozuqa vositalari, ichimlik suvi va boshqalar.

Лучевая стерилизация - уничтожение способности животных и человека к воспроизведению потомства в результате действия ионизирующего излучения; уничтожение микроорганизмов под действием излучения с целью обеззараживания пищевых продуктов, перевязочного материала и хирургических инструментов, питательных сред для биологических исследований, питьевой воды и т.д.

Radiation sterilization - the destruction of the ability of animals and humans to reproduce the offspring as a result of the action of ionizing radiation; destruction of microorganisms under the influence of radiation for the purpose of disinfecting food products, dressings and surgical instruments, nutrient media for biological research, drinking water, etc.

Radiatsion zararlantish - ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida qon, to'qimalar, organlar va ularning funktsiyalaridagi patologik o'zgarishlar.

Лучевое поражение - патологические изменения крови, тканей, органов и их функций, обусловленные воздействием ионизирующего излучения.

Radiation damage - pathological changes in blood, tissues, organs and their functions, caused by exposure to ionizing radiation.

Sekin neutronlar (thermal neutronlar) - erkin neutronlar, ularning kinetik energiyasi xona haroratidagi gaz molekulasining termal harakatining o'tlasha energiyasiga yaqin (taxminan 0.025 eV).

Медленные нейтроны (тепловые нейтроны) - свободные нейтроны, кинетическая энергия которых близка к средней энергии теплового движения молекул газа при комнатной температуре (примерно 0.025 эВ).

Slow neutrons (thermal neutrons) - are free neutrons whose kinetic energy is close to the average energy of the thermal motion of gas molecules at room temperature (about 0.025 eV).

Атом энергияси bo'yicha xalqaro agentlik (МАГАТЭ) - energetika sohasida tinch maqsadlarda foydalanish va yadro qurollarini tarqatmaslik nazoratini amalga oshirishda hamkorlik qilish bo'yicha etakchi xalqaro tashkiloti; atom energiyasidan tinch maqsadlarda foydalanish, elektr energiyasini ishlab chiqarish, tibbiyot, qishloq xo'jaligi, sanoat va boshqa sohalardagi ishlatilgan tivojlanishda tivojlanayotgan mahsulatlarga texnik yordam ko'rsatmoqda.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) - ведущая международная организация по сотрудничеству в мирном использовании энергии и по контролю за нераспространением ядерного оружия; она оказывает техническую помощь развивающимся странам в развитии работ по использованию атомной энергии в мирных целях, в производстве электроэнергии, в медицине, в сельском хозяйстве, промышленности и других областях.

The International Atomic Energy Agency (IAEA) - is the leading international organization for cooperation in the peaceful use of energy and for the control of the non-proliferation of nuclear weapons; it provides technical assistance to developing countries in the development of work on the use of atomic energy for peaceful purposes, in the production of electricity, in medicine, in agriculture, industry and other fields.

Radiaktiv moddaning metabolizmi - organizmdagi metabolik jarayonlardagi radiaktiv moddaning ishtiroki.

Метаболизм радиоактивного вещества - участие радиоактивного вещества в обменных процессах организма.

Metabolism of a radioactive substance - is the participation of a radioactive substance in the metabolic processes of the body.

Ekvivalent doza quvvati - bu dozani oshirish vaqt oraliqidagi intervalgacha. Ekvivalent dozalar birligi sekunda zivert (Zv/c) va sekundiga ber (ber/s).

Мощность эквивалентной дозы - отношение приращения дозы за интервал времени к этому интервалу. Единицами мощности эквивалентной дозы являются зиверт в секунду (Зв/с) и бэр в секунду (бэр/с).

Equivalent dose rate - is the ratio of dose increment over a time interval to this interval. Equivalent dose rate units are sievert per second (Sv / s) and rem per second (rem / s).

Neutron - massasi proton massasiga deyarli teng bo'lgan neytral, zaryadsiz yadro zattasi; neytronlarning maibai yadro reaktori bo'lib, ular utan yadrolarining parchalanishida vujudga keladi yoki tezlashtirilgan zattalarning o'zaro ta'siri natijasida neytronlar paydo bo'ladigan tezlashtiruvchi vositalar (masalan, maqsadli atomlarning yadrolari bilan ishlaydigan deuterionlar, masalan, berilliy).

Нейтрон - нейтральная, не обладающая зарядом ядерная частица с массой, почти равной массе протона; источником нейтронов служат ядерные реакторы, где они возникают при делении ядер урана, или ускорители, в которых нейтроны возникают при взаимодействии ускоренных частиц (например, дейтронов с ядрами атомов мишени, сделанной, например, из бериллия).

The neutron - a neutral, chargeless nuclear particle with a mass almost equal to the mass of a proton; the source of neutrons are nuclear reactors, where they arise in the fission of uranium nuclei, or accelerators in which neutrons arise in the interaction of accelerated particles (for example, deuterons with nuclei of target atoms made, for example, of beryllium).

Нептуний - химический элемент III группы периодической системы; первый из искусственно полученных (1940 г.) радиоактивных элементов семейства актиноидов; атомный номер 93, массовое число наиболее распространенного изотопа 237.

Нептуний - davlati tizimining III guruhining kimyoviy elementi; akinnidlar oilasining sin'iy ravishda olingan birinchi (1940) radiaktiv elementlari birinchi; Atom soni 93, eng ko'r izotop 237 ning massa soni.

Neptunium - is a chemical element of group III of the periodic system; the first of the artificially obtained (1940) radioactive elements of the family of actinides; atomic number 93, the mass number of the most abundant isotope 237.

Nekroz - bu hujayralar o'limining shakli bo'lib, DNKda havo uchun notqanosib mirdorda to'plangan zarar mirdori.

Некроз - форма клеточной гибели, реализуемая в случае накопления в ДНК несовместимого с жизнью количества повреждений, а также вследствие повреждения мембран.

Necrosis - is a form of cell death, which is realized in case of accumulation of incompatible with life amounts of damage in DNA, as well as due to damage to membranes.

Нуклид - вид атома с определенным числом протонов и нейтронов в ядре, характеризующийся атомной массой и атомным (порядковым) номером.

Nuklid - atom yadrosida atomik (ordinal) raqam bilan ifodalangan yadroda talim mirdordagi proton va neytronga ega atomning bir turi.

Nuclide - is a kind of atom with a certain number of protons and neutrons in the nucleus, characterized by atomic mass and atomic (ordinal) number.

Radiaktiv bulut - bu shamol tomonidan to'plangan radiaktiv aerosol zatlardan hosil bo'lgan bulut; harakatlanaotganda ob-havo, shamol tezligi va boshqalarga qarab bulut doimiy ravishda yo'q qilinadi. uning harakati radiaktivlikning balandligi, tabiati va mirdori, atmosfera sharoiti va shamol tezligiga bog'liq.

Облако радиоактивное - облако, сформированное из радиоактивных частиц аэрозолей, подхваченных ветром; при перемещении облако постоянно размывается в зависимости от погоды, скорости ветра и т.д.; его поведение зависит от высоты, природы и количества выброса радиоактивности, атмосферных условий и скорости ветра.

A radioactive cloud - is a cloud formed from radioactive aerosol particles picked up by the wind; when moving, the cloud is constantly eroded depending on the weather, wind speed, etc.; its behavior depends on the altitude, nature and amount of the release of radioactivity, atmospheric conditions and wind speed.

Nurlanish - ionlashituvchi nurlanishning atrofi muhit bilan o'zaro ta'siri (inson tanasi).

Облучение - процесс взаимодействия ионизирующего излучения со средой (в том числе с организмом человека).

Irradiation - the process of interaction of ionizing radiation with the environment (including the human body).

Nurlanish texnologiyasi (sanoat) - ishlab chiqarish jarayonida barcha ishlab chiqarilgan va tabiiy ionlashituvchi nurlanish manbalaridan ishchilarga ta'sir ko'rsatish.

Облучение технологическое (производственное) - облучение работников от всех техногенных и природных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

Irradiation technogenic (industrial) - exposure of workers from all man-made and natural sources of ionizing radiation in the process of production.

Оружие ядерное - оружие взрывного действия, основанное на использовании ядерной энергии, освобождающейся при цепной реакции деления тяжелых ядер или термоядерной реакции синтеза легких ядер.

Yadro qurollari - og'ir yadrolatning bo'limishi yoki uyengil yadrolatning termodinamika termodinamika reaksiyalardagi zararli reaksiyalarda chiqarilgan yadro energiyasidan foydalanishga asoslangan portlovchi harakatlari qurollari.

Nuclear weapons - are weapons of explosive action, based on the use of nuclear energy released in the chain reaction of fission of heavy nuclei or thermonuclear fusion reaction of light nuclei.

O'tkir nurlanish kasalligi - o'tkir nurlanishdan so'ng tivojlanaotgan radiatsion kasallik (inson uchun 1 Gy dan yuqori dozalarda).

Острая лучевая болезнь - лучевая болезнь, развивающаяся после острого облучения (для человека - в дозах, превышающих 1 Гр).

Acute radiation sickness - is a radiation sickness that develops after acute irradiation (for a person - in doses exceeding 1 Gy).

O'tkir nurlanish - uning holatiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan radiatsion doza bilan birga biologik o'zgarishlarni qisqa muddatli nurlanishdir.

Острое облучение - однократное кратковременное облучение биологического объекта, сопровождающееся получением им дозы излучения, вызывающей неблагоприятные изменения его состояния.

Acute irradiation - is a single short-term irradiation of a biological object, accompanied by a radiation dose that causes adverse changes in its state.

Ochiq tanba - ionlashituvchi partlash tanbai bo'lib, uni ishlatganda yning tarkibidagi radiaktiv moddalar atrofga kinishi mumkin.

Открытый источник - источник ионизирующего излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радиоактивных веществ в окружающую среду.

An open source - is a source of ionizing radiation, when using it, the radioactive substances contained in it can enter the environment.

Radiaktiv chiqindilar - radiaktiv moddalar bilan ifoslangan mahsulotlar, materiallar, moddalar va biologik ob'ektlar belgilangan me'yorlardan oshib ketadigan miqdorlarda va undan foydalanishga yo'l qo'yilmaydi.

Отходы радиоактивные - изделия, материалы, вещества и биологические объекты, загрязненные радиоактивными веществами в количествах, превышающих значение установленных норм, и не подлежащие дальнейшему использованию.

Radioactive waste - products, materials, substances and biological objects contaminated with radioactive substances in quantities exceeding the value of established norms, and not subject to further use

Период полураспада радионуклида - время, в течение которого число ядер данного радионуклида в результате самопроизвольного распада уменьшается вдвое.

Radionuklidning yarimparçalanish davri - ma'lum radionuklid yadrolari soni o'z-o'zidan parchalanish natijasida ikki barobar kamayadigan vaqt.

The half-life of a radionuclide - is the time during which the number of nuclei of a given radionuclide is halved as a result of spontaneous decay.

Elementlarning davriy tizimi - kimyoviy elementlarning tashqi, davriy qopshining grafik ifodasi Mendeleev, kimyoviy elementlarning xususiyatlarini atomlarning yadrolari sonining ko'rayishi bilan mulazim ravishda o'zgartirishni belgilaydi.

Периодическая система элементов - классификация химических элементов, графическое выражение периодического закона Д.И. Менделеева, устанавливающего периодическое изменение свойств химических элементов при увеличении зарядов ядер их атомов.

Periodic system of elements - classification of chemical elements, graphic expression of the periodic law Mendeleev, which establishes a periodic change in the properties of chemical elements with increasing charges of the nuclei of their atoms.

Xodimlar - ionlashituvchi partlash tanbalari bilan bevosita ishlaydigan professional xodimlardir (nurlı shaxslarning A toifasi).

Персонал - профессиональные работники, которые непосредственно работают с источниками ионизирующих излучений (категория А обслуживаемых лиц).

Personnel - are professional workers who directly work with sources of ionizing radiation (category A of irradiated persons).

Plutoniy - bu sun'iy ravishda ishlab chiqarilgan kimyoviy radiaktiv element (metall), atom raqamiga 94. Tabiiyki, u uranli rudalar uchun juda oz miqdorda bo'ladi. Plutoniyning 16 ta izotopi mavjud.

Плутоний - искусственно полученный химический радиоактивный элемент (металл) с атомным номером 94. В природе встречается в ничтожных количествах в урановых рудах. Известно 16 изотопов плутония.

Plutonium - is an artificially produced chemical radioactive element (metal) with atomic number 94. It is naturally found in insignificant quantities in uranium ores. There are 16 isotopes of plutonium.

Plutoniy-239 - atomning massasi 239 va u yagim umr 24,400 yil bo'lgan plutoniym izotopidir. Yadrovıy energıyaga uoyılg'i sıfatıda uchta asosıy nuklıdlardan bıti. Reaktor ishlaganda partlangan yadro uoyılg'ida uıg'ılıb, keyın kimyovıy ishlov berish usulları bılan ayrıtılıshı mumkin.

Плутоний-239 - изотоп плутония с атомной массой 239 и периодом полураспада 24,4 тыс. лет. Один из трех главных делющихся нуклидов, представляющих интерес для ядерной энергетики в качестве топлива. Накапливается в обогащенном ядерном топливе при работе реактора и впоследствии может быть выделен методами химической переработки.

Plutonium-239 - is an isotope of plutonium with an atomic mass of 239 and a half-life of 24,400 years. One of their three major fissile nuclides of interest to nuclear power as fuel. Accumulated in irradiated nuclear fuel when the reactor is operating and subsequently can be isolated by chemical processing methods.

Yutilgan radiatsion dozasi - nurlangan tananing massasi tomonidan so'rilgan ionlashituvchi nurlanish energiyasining miqdori. SI tizimida so'rilgan dozaning birligi kulrang (Гr) hisoblanadi. $1 \text{ Гr} = 1 \text{ Дж} / \text{кг}$.

Поглощенная доза излучения - количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела. В системе СИ единицей поглощенной дозы является грей (Гр). $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

The absorbed dose of radiation - is the amount of energy of ionizing radiation absorbed by the unit of mass of the irradiated body. In the SI system, the unit of the absorbed dose is gray (Gy). $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg}$.

Rozitron - elektron massasiga teng bo'lgan massali elektronning antipartiklari, ammo musbat elekt zaradidir.

Позитрон - античастица электрона с массой, равной массе электрона, но положительным электрическим зарядом.

A positron - is an antiparticle of an electron with a mass equal to the mass of an electron, but a positive electric charge.

Протий - «легкий» изотоп водорода с атомной массой 1 (содержание в природном водороде 99,98% по массе).

Proity - atomning massasi 1 ga teng bo'lgan vodородning "yengil" izotopi (tabiiy vodородdagi tarkib massa tomonidan 99,98%).

Prothium - is an "easy" isotope of hydrogen with an atomic mass of 1 (content in natural hydrogen is 99.98% by mass).

Proton - $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ gacha bo'lgan barchaor musbat zaradlangan elementar zaradidir. Proton "nur" vodород izotopining (prothium) yadrosini tashkil qiladi. Har qanday elementning yadrosidagi proton soni uning zaradini va elementning atom sonini aniqlaydi.

Протон - стабильная положительно заряженная элементарная частица массой $1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Протон образует ядро «легкого» изотопа водорода (протия). Число протонов в ядре любого элемента определяет его заряд и атомный номер элемента.

The proton - is a stable positively charged elementary particle with a mass of $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$. The proton forms the core of the "light" hydrogen isotope (prothium). The number of protons in the nucleus of any element determines its charge and the atomic number of the element.

Rad - so'rilgan radiatsiya dozasi qo'shimcha tizimidir. $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ gr}$.

Rad - внесистемная единица поглощенной дозы излучения. $1 \text{ рад} = 0.01 \text{ Гр}$.

Rad - is an extrasystem unit of the absorbed radiation dose. $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gr}$.

Erkin radikalalar - erkin atomlar yoki cheksiz elektronlar bilan kimyoviy birliklar. Qisqa muddatli radikalalar ko'rab kimyoviy reaksiyalarda o'ralib zatlardir. Aytim erkin radikalalar bitma-bit holatda barchaor va xavfsiz holatga keliradi.

Радикалы свободные - атомы или химические соединения с неспаренным электроном. Короткоживущие радикалы - промежуточные частицы во многих химических реакциях. Некоторые свободные радикалы стабильны и выделены в индивидуальном состоянии.

Free radicals - are free atoms or chemical compounds with an unpaired electron. Short-lived radicals are intermediate particles in many chemical reactions. Some free radicals are stable and isolated in an individual state.

Radiatsion avariya - radiaktiv materiallarning yoki ta'lim chegaralar uchun ionlashituvchi nurlanishning notal ishlash uchun belgilangan qutmadan oshadigan miqdorda xavfsiz ishlashi chegaralarini buzish.

Радиационная авария - нарушение пределов безопасной эксплуатации, при котором произошел выход радиоактивных материалов или ионизирующего излучения за предусмотренные границы в количествах, превышающих установленные для нормальной эксплуатации значения.

Radiation accident - violation of the limits of safe operation, in which the release of radioactive materials or ionizing radiation for the specified boundaries in quantities exceeding the values established for normal use.

Radiatsion mutagenез - ionlashituvchi nurlanish va ultraviolet nurlar ta'sirida irsiy o'zgarishlar (mutatsiyalar) ning paydo bo'lishi. Genetik tadqiqotlar, sanoat mikroorganizmlari, qishloq xo'jaligi va bezak o'simliklarini tanlashda qo'llaniladi.

Радиационный мутагенез - возникновение под влиянием ионизирующих излучений и ультрафиолетовых лучей наследственных изменений (мутаций). Используются в генетических исследованиях, в селекции промышленных микроорганизмов, сельскохозяйственных и декоративных растений.

Radiation mutagenesis - the emergence of hereditary changes (mutations) under the influence of ionizing radiations and ultraviolet

rays. Used in genetic studies, in the selection of industrial microorganisms, agricultural and ornamental plants.

Радий - радиоактивный химический элемент II группы периодической системы, атомный номер 88, атомная масса 226,03; сыграл основополагающую роль в исследовании строения атомного ядра и явления радиоактивности; применяется как гамма-источник в дефектоскопии и медицине.

Радий - элементlar davtiy tizimning II guruhi II radiaktiv elementi, atomik raqami 88, atom massasi 226.03; atom yadrosining strukturasi va radiaktivlik hodisasini o'rganishda asosiy rol o'ynadi; Kamchiliklarni aniqlash va davolashda gamma namba sifatida foydalaniladi.

Radium - radioactive chemical element of group II of the periodic system, atomic number 88, atomic mass 226.03; played a fundamental role in the study of the structure of the atomic nucleus and the phenomenon of radioactivity; It is used as a gamma source in flaw detection and medicine.

Radiaktiv modda - radionuklidlarni o'z ichiga olgan moddadir.

Радиоактивное вещество - вещество, в состав которого входят радионуклиды.

A radioactive substance - is a substance that contains radionuclides.

Radiaktiv ifloslanish - bu tabiiy muhitdan, materiallar yuzasidan yoki suyuqlik hajmida, inson tanasida va boshqa nasarlardan tabiiy ravishda radiaktiv moddalarni mavjudligi yoki tarqalishi.

Радиоактивное загрязнение - наличие или распространение радиоактивных веществ сверх их естественного содержания в окружающей среде, на поверхности материалов или в объемах жидкостей, в теле человека и других объектах.

Radioactive contamination - is the presence or spread of radioactive substances in excess of their natural content in the environment, on the surface of materials or in the volumes of liquids, in the human body and other objects.

Radiaktivlik - bu beqaror nuklidning boshqa nuklidga o'z-o'zidan aylanishi (radiaktiv parchalanish) va ionlashituvchi nurlanishning tarqalishi bilan birga.

Радиоактивность - самопроизвольное превращение (радиоактивный распад) нестабильного нуклида в другой нуклид, сопровождающееся выделением ионизирующего излучения.

Radioactivity - is the spontaneous transformation (radioactive decay) of an unstable nuclide into another nuclide, accompanied by the release of ionizing radiation.

Radiaktiv fon - tabiiy nurlanish manbalariining ta'siri natijasida shakllangan radiatsiya darajasi.

Радиоактивный фон - уровень радиации, образующийся в результате действия естественных источников радиации.

The radioactive background - is the level of radiation produced by the action of natural radiation sources.

Radiobiologiya - biologik ob'ektlarga biologik va tibbiyot sohasi, ionlashituvchi nurlanishdan foydalanishda tibbiy diagnostika, davolash va ionlashituvchi nurlanish ta'sirini o'rganishda ixtisoslashgan.

Радиобиология - область биологии и медицины, специализирующаяся на применении ионизирующих излучений в медицинской диагностике, лечении и изучении воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты.

Radiobiology - the field of biology and medicine, specializing in the use of ionizing radiation in medical diagnosis, treatment and study of the effects of ionizing radiation on biological objects

Radiometer - radionuklidning manba yoki namunadagi (ifloslangan sirtida suyuqlik, gaz, aerosol hajmida) faolligini o'lchash uchun mo'ljallangan qurilma; ionlashituvchi nurlanishning oqim zichligi.

Радиометр - прибор, предназначенный для измерения активности радионуклида в источнике или образце (в объеме жидкости, газа, аэрозоля, на загрязненных поверхностях); плотности потока ионизирующих излучений.

A radiometer is a device designed to measure the activity of a radionuclide in a source or a sample (in the volume of a liquid, a gas, an aerosol, on contaminated surfaces); the flux density of ionizing radiation.

Radiouniklid - radiaktivlikka ega bo'lgan nuklid (ma'lum bir kimyoviy elementning radiaktiv atomi).

Радионуклид - нуклид, обладающий радиоактивностью (радиоактивные атомы данного химического элемента).

Radionuclide - is a nuclide that possesses radioactivity (radioactive atoms of a given chemical element).

Radioprotektorlar - inson organizmiga ionlashituvchi nurlanishning zararli ta'sirini kamaytiradigan kimyoviy birikmalar.

Радиопротекторы - химические соединения, способные снижать вредное воздействие ионизирующего излучения на организм человека.

Radiorotectors - chemical compounds that can reduce the harmful effects of ionizing radiation on the human body.

Radioterapiya - ionlashituvchi nurlar ta'sirida davolash usuli.

Радиотерапия - метод лечения воздействием ионизирующего излучения.

Radiotherapy - a method of treatment by exposure to ionizing radiation.

Radio toksislik - radiativ moddaning radiatsiya shikastlanishiga olib kelishi.

Радиотоксичность - способность радиоактивного вещества оказывать лучевое поражение.

Radio toxicity - the ability of a radioactive substance to cause radiation damage.

Radio sezgirlik - bu biologik ob'ektning ionlashituvchi nurlanish ta'siriga sezgirlik o'lovidir. Radio-sezguvchanlik darajasi bir xil biologik turdan boshqasiga, bir turda juda farq qiladi va ma'lum bir shaxsning yoshi, fiziologik holati va jinsiga bog'liqdir. Biror organizmda turli hujayralar va to'qimalar radiosensitivlikda juda katta farq qiladi.

Радиочувствительность - мера чувствительности биологического объекта к действию ионизирующего излучения. Степень радиочувствительности сильно меняется при переходе от одного биологического вида к другому, в пределах одного вида, а для определенного индивидуума зависит также от возраста, физиологического состояния и пола. В одном организме различные клетки и ткани сильно различаются по радиочувствительности.

Radiosensitivity - is a measure of the sensitivity of a biological object to the action of ionizing radiation. The degree of radiosensitivity varies greatly from one biological species to another, within one species, and for a certain individual also depends on age, physiological state and sex. In one organism, different cells and tissues vary greatly in radiosensitivity.

Radon - uer qobig'ining tabiiy holatida joylashgan uran va toriuning radiativ parchalanishi paytida chiqarilgan radiativ gaz. Er yuzidaagi tabiiy radiatsiyaviy muhitga eng ko'r hissa qo'shadi (yatimga uqin).

Радон - радиоактивный газ, выделяющийся при радиоактивным распаде урана и тория, содержащихся в земной коре в естественном

состоянии. Радон вносит наибольший вклад (около половины) в естественный радиационный фон на Земле.

Radon - is a radioactive gas released during the radioactive decay of uranium and thorium contained in the earth's crust in a natural state. Radon makes the greatest contribution (about half) to the natural radiation background on Earth.

Рентген - X-nurlar rentgen nurlari va gamma nurlarining ta'sirlanish dozalarini o'lchash uchun qo'shimcha tizimlar bo'limlari, qutur atmosfera havosida shartlang ionlashituvchi ta'siri bilan belgilanadi. $1 \text{ P} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Cl / kg}$.

Рентген - внесистемная единица измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений, определяемая по их ионизирующему действию на сухой атмосферный воздух. $1 \text{ P} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

X-ray - is an extra-system unit for measuring the exposure dose of X-rays and gamma-rays, determined by their ionizing effect on dry atmospheric air. $1 \text{ P} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Cl / kg}$.

Rentgen nurlanishi - to'ldin uzunligi 10-7 dan 10-12 m gacha bo'lgan qisqa to'ldin elektromagnit ionlashituvchi radiatsiya, bu zararli zatlarchalar yoki fotonlar elektronlar bilan o'zaro ta'sirlashuvidan kelib chiqadi. Xususiyatlari bo'yicha rentgen nurlari gamma nurliga uqin.

Рентгеновское излучение - коротковолновое электромагнитное ионизирующее излучение с длиной волны от 10^{-7} до 10^{-12} м, возникающее при взаимодействии заряженных частиц или фотонов с электронами. По свойствам рентгеновское излучение близко к гамма-излучению.

X-ray radiation - is a short-wave electromagnetic ionizing radiation with a wavelength of 10-7 to 10-12 m, which arises from the interaction of charged particles or photons with electrons. By properties, the x-ray emission is close to gamma radiation.

Radiation xavf - bu insonda yoki uning zurguoida radiatsiya natijasida zararli ta'sir qilish ehtimoli.

Риск радиационный - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Radiation risk - is the probability of any harmful effect in a person or his offspring as a result of irradiation.

Трансмутация - bir yoki bir nechta uadto reaksiyalari natijasida bir nuklidni boshqasiga aylantirish (masalan, Uranus-233).

Трансмутация - превращение одного нуклида в другой в результате одной или нескольких ядерных реакций (например, уран-233).

Transmutation - is the conversion of one nuclide into another as a result of one or more nuclear reactions (for example, Uranus-233).

Chiqindilarni tashish - yadro mexanizmi bilan bog'liq barcha tabirlarda zararli bo'lganlik; uzoqlig'i va uzoq davrda chiqindilar issiqlik tarqalishi va radiatsiyaviy himoya uchun mo'ljallangan maxsus idishlarda uo'l uoki temir uo'l oqali tashiladi va yulniy poldi qilmashdan har qanday hodisa sodir bo'lgan avaryuga qarshi tushiga qodir.

Транспортировка отходов - необходимое звено во всей деятельности, связанной с ядерным циклом; отрабатываемое топливо и высокоактивные отходы перевозятся автомобильным или железнодорожным транспортом в специальных контейнерах, спроектированных с учетом рассеяния тепла и защиты от излучения и способных выдерживать любую гипотетическую аварию без потери целостности.

Waste transport - is a necessary link in all activities related to the nuclear cycle; spent fuel and high-level waste are transported by road or rail in special containers designed for heat dissipation and radiation protection and capable of withstanding any hypothetical failure without loss of integrity

Transuran elementlari - atomlar soni 92 dan o'tiq bo'lgan, aktivid setiyasining a'zolari bo'lgan kimyoviy elementlardir. Elementlarning davriy tizimida ular urandan keyin joylashgan. Yadrovii reaksiyalar orqali sun'iy ravishda olingan transuran elementlarning uatmini hayoti Uet yoshidan kamroqdir, shuning uchun bu elementlar tabiatda topilmaydi.

Трансурановые элементы - химические элементы с атомными номерами больше 92, члены актиноидного ряда. В периодической системе элементов они расположены после урана. Получены искусственным путем с помощью ядерных реакций, периоды полураспада трансурановых элементов меньше возраста Земли, и поэтому в природе эти элементы не встречаются.

Transuranium elements - are chemical elements with atomic numbers greater than 92, members of the actinide series. In the periodic system of elements, they are located after uranium. Obtained artificially

by nuclear reactions, the half-lives of transuranium elements are less than the age of the Earth, and therefore these elements are not found in nature.

Тритий - 3 ga teng bo'lgan vodородning "og'ir" izotopidir.

Тритий - «тяжелый» изотоп водорода с атомной массой 3.

Tritium - is a "heavy" isotope of hydrogen with an atomic mass of 3

Уран - атомик raqamli 92 va atomning eng ko'r tarqalgan izotopi 238 bo'lgan kimyoviy radiaktiv elementdir. Tabiiy uran uch izotop - uran-238, uran-235 va uran-234 atalashmasidir.

Уран - химический радиоактивный элемент (металл) с атомным номером 92 и атомной массой наиболее распространенного изотопа 238. Природный уран состоит из смеси трех изотопов - урана-238, урана-235 и урана-234, из которых практическое значение в ядерной энергетике имеют первые два.

Уран - is a chemical radioactive element (metal) with atomic number 92 and atomic mass of the most common isotope 238. Natural uranium consists of a mixture of three isotopes - uranium-238, uranium-235 and uranium-234, of which the practical two.

Уран природный - смесь изотопов урана. В природном уране содержится: 0,714% U^{235} , 99,28% U^{238} и 0,006% U^{234} .

Tabiiy uran - uran izotoplarining tabiiy aralashmasidir. Tabiiy uran tarkibida: U^{235} ning 0,714%, U^{238} dan 99,28% va U^{234} ning 0,006%.

Uranium is a natural - mixture of uranium isotopes. Natural uranium contains: 0.714% of U^{235} , 99.28% of U^{238} and 0.006% of U^{234} .

Sug'irishni qurilish - uzoq vaqt davomida doimiy uoki intervalda ta'sir qilish.

Хроническое облучение - постоянное или прерывистое облучение в течение длительного времени.

Chronic exposure - continuous or intermittent exposure for a long time.

Elektron - 1.6×10^{-19} jufta talatlar va 9×10^{-28} g massa bilan zarqadilgan sabbiy zarqadilgan elementlar zarqacha bo'lib, moddaning asosiy tarkibiy elementlaridan biri.

Электрон - стабильная отрицательно заряженная элементарная частица с зарядом 1.6×10^{-19} Кл и массой 9×10^{-28} г. Один из основных структурных элементов материи.

Electron - is a stable negatively charged elementary particle with a charge of 1.6×10^{-19} cells and a mass of 9×10^{-28} g. One of the basic structural elements of matter.

Elementar zarg'alar - jismoniy namunalarning eng kichik zarg'alaridir. Antipartikulyarlar bilan birga taxminan 300 elementar zarg'achalar toriladi. "Elementar zarg'alar" atamasi shartli, chunki ko'plab elementar zarg'alar mutakabab ichki tuzilishga ega.

Элементарные частицы - мельчайшие частицы физической материи. Вместе с античастицами открыто около 300 элементарных частиц. Термин «элементарные частицы» условен, поскольку многие элементарные частицы имеют сложную внутреннюю структуру.

Elementary particles - are the tiniest particles of physical matter. Almost 300 elementary particles are discovered together with antiparticles. The term "elementary particles" is conditional, since many elementary particles have a complex internal structure.

Ядерная реакция - превращение атомных ядер, вызванное их взаимодействием с элементарными частицами, или друг с другом и сопровождающееся изменением массы, заряда или энергетического состояния ядер.

Yadro reaksiyasi - atom yadrolanining o'zgarishi, element zarg'achalar bilan yoki bir-biri bilan o'zaro bog'liqligi va yadrolanining massa, zaryad yoki energiya holatidagi o'zgarish bilan birga sodir bo'lishi.

A nuclear reaction - is the transformation of atomic nuclei, caused by their interaction with elementary particles, or with each other and accompanied by a change in the mass, charge, or energy state of the nuclei.

Yadroviy qurilma - yadro xavfsizligi masalalarini hisobga olish kerak bo'lgan miqdorlarda radiaktiv yoki parchalanadigan materiallar hosil bo'ladigan, qayta ishlangan yoki avlanadigan har qanday o'rnatish.

Ядерная установка - любая установка, на которой образуются, обрабатываются или находятся в обращении радиоактивные или делющиеся материалы в таких количествах, при которых необходимо учитывать вопросы ядерной безопасности.

A nuclear installation is any installation on which radioactive or fissile materials are formed, processed or circulated in quantities in which nuclear safety issues must be taken into account.

Yadro energiyasi - atom yadrosining ichki energiyasi bo'lib, u yadro fizikasi yoki yadroviy reaksiyalarda qaytada chiqariladi.

Ядерная энергия - внутренняя энергия атомных ядер, выделяющаяся при ядерном делении или ядерных реакциях.

Nuclear energy - is the internal energy of atomic nuclei, which is released during nuclear fission or nuclear reactions.

Yadroviy parchalanishi - bu og'ir atomning yadrosini neytron yoki boshqa elementar zarg'achalar bilan o'zaro aloqada bo'lish bilan birga olib boruvchi jaraolon, natijada yengilroq yadrolar, yanagi neytronlar yoki boshqa elementar zarg'alar hosil bo'lad i va energiya chiqariladi.

Ядерное деление - процесс, сопровождающийся расщеплением ядра тяжелого атома при взаимодействии с нейтроном или другой элементарной частицей, в результате которого образуются более легкие ядра, новые нейтроны или другие элементарные частицы и выделяется энергия.

Nuclear fission - is a process accompanied by the splitting of the nucleus of a heavy atom when interacting with a neutron or other elementary particle, as a result of which lighter nuclei, new neutrons or other elementary particles are formed and energy is released.

Yadroviy reaktor - pазorat qilingan yadro zanjiri reaksiyasini amalga oshiradigan qurilma. Yadro reaktorlari mo'ljallangan maqsadlariga, neytron energiyasiga, sovutish va moderator tirliga, yadro tuzilishiga, tizimli dizayniga va boshqa o'ziga xos xususiyatlarga ko'ta tashlanadi.

Ядерный реактор - устройство, в котором осуществляется контролируемая цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы классифицируют по назначению, энергии нейтронов, типу теплоносителя и замедлителя, структуре активной зоны, конструкционному исполнению и другим характерным признакам.

A nuclear reactor - is a device in which a controlled nuclear chain reaction is carried out. Nuclear reactors are classified according to their intended purpose, neutron energy, type of coolant and moderator, core structure, structural design and other characteristic features.

Ionlaniruvchi nurlar biologiyasi fanidan (Radiobiologiya)

T E S Tlar

Variant №1. Fan nomi - Radiobiologiya; Fan bobi-1:

X- nurlarni birinchi bo'lib kim aniqlagan?

Vilgelm Konrad Rentgen 1895-yil

Anri Bekkerel 1896-yil

Mariya Skladovskaya Pier Kyuri 1898-yil

E. Rezerford

№2. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Tabiiy radiaktivlik xodisalarini kim aniqlagan?

Anri Bekkerel 1896-yild

Vilgelm Konrad Rentgen 1895-yil

Mariya Skladovskaya Pier Kyuri 1898-yil

E. Rezerford

№3. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Poloniya va radiyning radiaktivlik xususiyatini kim ochgan?

Mariya Skladovskaya Pier Kyuri 1898-yil

Anri Bekkerel 1896-yil

Vilgelm Konrad Rentgen 1895-yil

E. Rezerford

№4. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sun'iy radiaktivlik xodisalarini birinchi kim kuzatgan?

Enriko Rezerford 1919-yil (α -zarracha $\rightarrow$ N-14 $\rightarrow$ O-17), va 1934 -yil. I.

Kyuri va F. Jolio – Kyuri sun'iy radiaktivlik Al, Mg, B

Anri Bekkerel 1896-yil

Mariya Skladovskaya Pier Kyuri 1898-yil

Enriko Rezerford 1919 -yil (α -chastitsa $\rightarrow$ N-14 $\rightarrow$ O-17), va 1934 -yil I.

Kyuri va F. Jolio – Kyuri sun'iy radiaktivlik Al, Mg, B

№5. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Kimyoviy elementning atomi qanday qismlardan iborat?

Yadro va elektronlar

Yadro va elementar qism

Yadro va nuklonlar

Yadro va neytronlar

№6. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Yadro qanday elementar tarkibiy qismlardan iborat?

Musbat zaryadlangan (proton), neytral (neytron) va boshqa elementar qismlar

orasidagi ichki yadro kuchi birikishidan

Elektronlardan, pozitronlardan va nuklonlardan

Elektronlardan, energiya va nuklon kvantlaridan

Elektronlardan, energiya

№7. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Protonning atom massasi nechaga teng?

$p = 1,0076$ a.m.b.

$m = 1,10$ a.m.b.

$m = 100,758$ a.m.b.

$m = 170,643$ a.m.b.

№8. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Neytronning massasi nechaga teng?

$n = 1,00898$ a.m.b.

$n = 1,0-20$ a.m.b.

$n = 100,898$ a.m.b.

$n = 10,8$ a.m.b.

№9. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Neytronning massasi nechaga teng?

$m = 0,000548$ a.m.b.

$m = 20-100$ a.m.b.

$m = 548$ a.m.b.

$m = 0,548$ a.m.b.

№10. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Izotoplar qanday bo'ladi...

Bir xil miqdorda proton va har xil miqdorda neytron

Bir xil miqdorda proton va neytron

Bir xil miqdorda neytron va har xil miqdorda proton

Bir xil miqdorda neytron va har xil miqdorda elektron

№11. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Tabiiy radiaktivlik bu...

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi, energiya ionlanuvchi nur tarzida chiqishi

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi, kimyoviy hossalarni o'zgarishi bilan kuzatiladi.

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi, energiya ionlanuvchi nur tarzida chiqishiva α , β , η va ρ ta'siri ostida.

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi.

№12. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sun'iy radiaktivlik bu...

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi, energiya ionlanuvchi nur tarzida chiqishi va α , β , η va ρ ta'siri ostida.

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi, energiya ionlanuvchi nur tarzida chiqishi.

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi,

kimyoviy hosalarini o'zgarishi bilan kuzatiladi.

Bir kimyoviy elementning yadrosi boshqa elementning yadrosiga aylanishi

№13. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Alfa bo'linish bu...

Energiyani α va gamma nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi xosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda ikkinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani β va gamma nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi hosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi hosil bo'lishi, ona hujayradan o'ngroqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanishi tarzida chiqishi, atrofga tarqalishi

№14. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Beta elektron bo'linish...Gadrola neytronlar ortiqchaligi

Energiyani β nurlanish va antineytron tarzida chiqishi, atom elementning hosil bo'lishi, ona hujayradan o'ngroqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanish tarzida chiqishi, atom elementning hosil bo'lishi, ona hujayradan o'ngroqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani α gamma nurlanish tarzida chiqishi, atom elementning hosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda ikkinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanish tarzida chiqishi, atrofga tarqalishi

№15. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Beta pozitronli bo'linish (gadrola protonlar ortiqchaligi)

Energiyani 2 ta kvant gamma nurlanish tarzida chiqishi, elektron va pozitron orbitalarning annigilyatsiya hisobiga, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani β nurlanish va antineytron tarzida chiqishi, atom elementning hosil bo'lishi, ona hujayradan o'ngroqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani α gamma nurlanish tarzida chiqishi, atom elementning hosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda ikkinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanishi tarzida chiqishi, atrofga tarqalishi

№16. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Elektron tutish...

Energiyani rengen nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi hosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani α nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi hosil bo'lishi, ona hujayradan o'ngroqda ikkinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani 2 ta kvant gamma nurlanish tarzida chiqishi, elektron va pozitron orbitalarning annigilyatsiya hisobiga, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani gamma nurlanishi tarzida chiqishi, atrofga tarqalishi

№17. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Yadrolar bo'linishida nima kuzatiladi?

Neytron nurlanish, Kr – 90 va Ba – 140 larning og'ir yadrolari hosil bo'lishi.

Energiyani 2 ta kvant gamma nurlanish tarzida chiqishi, elektron va pozitron orbitalarning annigilyatsiya xisobiga, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani rengen nurlanishi tarzida chiqishi, kimyoviy elementning atomi hosil bo'lishi, ona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

Energiyani rengen nurlanishi tarzida chiqishona hujayradan chaproqda birinchi katakchada joylashganligi.

№18. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Ionlanuvchi nurlanish foton turlarini sanab bering.

Gamma nurlanish, rengen nurlanish.

Ultrabinafsha va infraqizil nurlanish.

Neytron nurlanish, Kr – 90 va Ba – 140 larning og'ir yadrolari hosil bo'lishi.

Beta nurlanish, neytron proton alfa nurlanish, ularni bo'linishidagi og'ir yadrolar.

№19. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Korpuskulyar ionlanuvchi nurlanish turlarini sanab bering.

Beta nurlanish, neytron proton alfa nurlanish, uranni bo'linishidagi og'ir yadrolar.

Ultrabinafsha va infraqizil nurlanish.

Neytron nurlanish, Kr – 90 va Ba – 140 larning og'ir yadrolari hosil bo'lishi.

Gamma nurlanish, rengen nurlanish.

№20. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Radiobiologiyada ishlatilgan muhim doza turlarini sanab bering.

Ekspozitsion, biologik, effektiv.

Radiativlik, radionuklonlar faolligi kuchli.

Nurlanish kuchi, numi zichligi, yorug'lik.

Rad, Grey

№21. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Tabiiy radiatsion jon qanday shakllanadi...

Kosmik va yer manbalaridan

Tabiiy va sun'iy ionlanuvchi nur manbalaridan

Yer va havo radionuklonlaridan

Radiatsion rudalardan

№22. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Ekspozitsion dozaning o'leov birligi nima?

Rentgen-X

Grey

- Rad
- K1/kg

№23. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Jismlarga neytron nurlanishi ta sir etganda nima kuzatiladi?

- Neytronlar, alfa zarrachalar, beta zarrachalar chiqish bilan yadro bo'linishi sodir bo'ladi,
- Fotoeffektiv hodisasi yuz beradi, elektron-pozitron juftliklar hosil bo'ladi.
- Kinetik energiyani ionlanishga va atomni qo'zg'atishga sarflanishi kuzatiladi.
- O'zgarish kuzatilmaydi.

№24. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Tabiiy ionlanuvchi nur manbalarini sanang.

- 1-gruppa kosmik birlamchi va ikkilamchi II, 2-gruppa tabiiy radionuklonlar - C-14, Be-7, -- Be-10, H-3, 3 gruppa - K-40, Rb-89, Ca-48 : 4 gruppa – tabiiy radiaktiv oilalar a) U-238 b) Th-232 v) U-235
- Havo, suv, yer, qurilish materiallari
- gamma -, beta -, rentgen, neytron, proton
- Yer radiatsiyasi

№25. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Kosmik TN manbani klassifikatsiyasi qanday?

- Birlamchi(qattiq), ikkilamchi (yumshoq)
- Proton, neytron, deyteriy, tritiy
- K-40, Rb-89, U-235, Ra-226
- gamma -, beta -, rentgen, neytron, proton

№26. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qaysi radionuklonlar tabiada keng tarqalgan..

- K-40, Rb-89
- U-238, Th-232, U-235
- I-131, Cs-137, Sr-90.
- Ra-226

№27. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sun'iy ionlanuvchi nurlar va radionukleotidlarning manbai...

- Atom va termoyadro portlashlar, atom energetikasi, antropogen manbalar
- Qishloq xo'jaligi, meditsina, ilm-fan
- Foydali qazilmalar qazib olish, maishiy chiqindilarni qayta ishlash, radiaktiv chiqindilarni ishlash
- Quyoshdagi geliy

№28. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sun'iy radionukleotidlarning manbai...

- Atom va termoyadro portlashlar, atom energetikasi, antropogen manbalar
- Qishloq xo'jaligi, meditsina, ilm-fan

- Foydali qazilmalar qazib olish, maishiy chiqindilarni qayta ishlash, radiaktiv chiqindilarni ishlash
- Quyoshdagi geliy

№29. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eng muhim sun'iy radionukleotidlarning nimalaridan kelib chiqadi?

- I-131, Cs-134 i 137, Sr-89 i 90, Pu-238
- U-238 b) Th-232 v) U-235
- K-40, Rb-89, C-14, Be-7, Be-10, H-3.
- Rudalardan

№30. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Yadro energetikasini texnologik jarayonlar tartibi va ifloslanish manbai...

- Rudani qazib olish, TVEL va AESda qayta ishlash
- Grafit, suv, suv-grafit ishlash
- Atom energetikasi ish jarayonida ekologik hisoblanadi
- K-40, Rb-89, C-14, Be-7, Be-10, H-3.

№31. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Normal tabiiy radiatsion fon...

- 10 - 40 R/s;
- 10 - 40 mR/s;
- 10 - 40 mR/s.
- 10-50 mR/s.

№32. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Radiatsion himoya qilish sohasidagi haddaro tashkilotlar...

- VOZ, IKAQ, UEFA
- MZ, RF
- MKRZ, NKDAR OON, MAGATE
- NATO, NASA

№33. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Aholini radiatsion himoya qilish sohasida asosiy me'yoriy hujjatlari...

- Aholini radiatsion himoya qilish to'g'risida» gi FZ, «Aholining sanitariya-epidemiologiya jihatidan farovonligi to'g'risida» gi FZ, OSPORB-99
- «Asosiy sanitariya. radiatsiyaviy xavfsizlikni ta'minlash qoidalarini », NRB-99 - " Radiatsiyaviy xavfsizlik normalari "
- Sanitariya qoidalarini va GOSTlar, texnik shartlar
- SNiP-lari, SN-lari, veterinariya-sanitariya qoidalarini.
- «Aholining sanitariya-epidemiologiya jihatidan farovonligi to'g'risida» gi FZ, OSPORB-99 - «Asosiy sanitariya. radiatsiyaviy xavfsizlikni ta'minlash qoidalarini », NRB-89 - " Radiatsiyaviy xavfsizlik normalari "

№34. Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; Qiyinlik darajasi-1;

Radionuklonlarning tashqi muhitdagi migratsiya sxemasi...

- Atmosfera havosi, tuproq, o'simlik, hayvon, odam
- Kosmos, atmosfera, tuproq, o'simlik, hayvonlar, odam
- Suy, havo, tuproq, o'simlik, hayvonlar, odam
- Kosmos, Atmosfera havosi

№35. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Ionlanuvchi nurlar ta'sir etish vaqtiga ko'ra nurlanish turlari...

- O'tkir, surunkali, fraksion
- Mahalliy, umumiy
- Tashqi, ichki, birlashgan
- Mahalliy, birlashgan

№36. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Ionlanuvchi nur manbasini joylashuv o'rni ko'ra nurlanish turlari...

- Tashqi, ichki, birlashgan
- Mahalliy, umumiy
- O'tkir, surunkali, fraksion
- Mahalliy, birlashgan

№37. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Radiativ emissiya darajasiga qarab ionlanuvchi nur dozalarning turlari...

- Kichik, subletal, o'lik: LD_{50/30}, LD_{100/30}
- Ekspozitsiya, so'rib olingan, ekvivalent
- Biologik, samarali, yillik samarali hisoblanadi.
- O'tkir, surunkali, fraksion

№38. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Hayvonlarda radiatsion zararlanish turlari...

- Nurlanish reaksiyalari, terining nur ta'sirida kuyishi,
- Disgornomonal holat, sklerotik jarayon, gipoplastik holat
- Shishish hosil qilish, shishish hosil qilmaslik
- Organlarni zararlanishi

№39. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Hayvonlarning letal do'za bilan kritik radiozararlanish holati...

- LD_{50/30}, LD_{100/30}
- Sog'ayib qolish yoki o'lim
- Periferik qonda, immunitet tizimida o'zgarishlar
- Shishish hosil qilish, shishish hosil qilmaslik

№40. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qishloq xo'jaligi ekinlarining radiosezish mezonlari...

- Gul va barklarni yoqotishi
- O'simliklarning o'limi
- Sutning 50 foizga kamayishi (Daxp = 2 - 25 kR), urug'ning urug'lik sifati
- (Daxp = 1 - 23,5 kR uchun yaroqli emas, o'simlikning turi va fazasiga bog'liq).
- Periferik qonda, immunitet tizimida o'zgarishlar

№41. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

O'tkir radiatsion kasallikning suyak iligi sindromi bu...

- Tashqi va ichki radiatsiya bilan suyak iligiga (tanqidiy organ) zarar.
- Asosiy tanqidiy organlarni - suyak iligi, ichak, asab tizimini yuqtirish.
- Suyak to'qimasini va tishlarning emalni yo'qotish.
- Suyak peristoni yemirilishi.

№42. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Subletal va o'ldirish dozalarida AI immunitetini mag'lub qilish ...

- Organizmning immunobiologik reaktivligining dozaga bog'liqligini oldini olish.
- Organizmning immunobiologik reaktivligining dozaga bog'liqligini
- Organizmning immunobiologik reaktivligining dozaga bog'liqligini
- Tananing o'ziga xos bo'lmagan himoya darajasini oshirish.
- Tananing o'ziga xos bo'lgan himoya darajasini pasaytirish.

№43. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Suyak iligi sindromi nima bilan harakterlanadi?

- Suyak iligi dozasi bog'liq gipoplaziya (aplaziya), ktning o'lishi va gemopoezning prekursorlari, abs. Leykopeniya (mutloq limfopeniya va neytropeniya), trombositopeniya, gemorragik sindromning rivojlanishi, eritrotsitlar miqdorini pasayishi va ulardagi gemogloblin darajasi.
- O'tkir va surunkali radiatsion kasallikning rivojlanishi
- Periferik qon, oshqozon-ichak trakti, depressiya, immunitet, CNS uchun keskin zararlanishning rivojlanishi.
- Periferik qon, leykopeniya (mutlaq limfopeniya va neytropeniya).

№44. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Gastrointestinal sindrom harakterlanadi ... so'rtlgan dozada rivojlanadi ...

- Suyak iligi dozalari bilan bog'liq bo'lgan dipoplaziya (Aplaziya), SCC va gematopoez prekursorlarining o'limi, mutloq lyukopeniya (mutloq limfopeniya va neytropeniya), trombositopeniya, gemorragik sindromning rivojlanishi, eritrotsitlar sonini kamaytirish va gemogloblin darajasini kamaytirish.
- Eng ko'p ingichka ichak shilliq qavatining mag'lubiyati. D 0 = 4-6 Gy.
- Plazma va shakllarning rentabelliklarga. Oziq-ovqat mahsulotlarini isse'mol qilish, oziq-ovqat, mikroorganizmlarning limfa va gonga singishi, avtotoksikatsiya, ikkilamchi infeksiyani rivojlanishi.
- Periferik qon, oshqozon-ichak trakti, zulum, immunitet tanqisligi, CNS ziyoniga keskin zarar yetkazish.
- SCC va gematopoez prekursorlarining o'limi, oshqozon-ichak trakti, eng ko'p ingichka ichak shilliq qavatining mag'lubiyati.

№45. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Tashqi radiatsiya bilan o'tkir radiatsion kasallik ... so'rtavonlik darajasi, so'rtlgan dozada rivojlanadi ...

- Eng ko'p ingichka ichak shilliq qavatining mag'lubiyati. D 0 = 4-6 Gy.
- Plazma va shakllarning rentabelliklarga. Oziq-ovqat mahsulotlarini isse'mol qilish, oziq-ovqat, mikroorganizmlarning limfa va gonga singishi, avtotoksikatsiya, ikkilamchi infeksiyani rivojlanishi.
- Periferik qon, oshqozon-ichak trakti, zulum, immunitet tanqisligi, CNS ziyoniga keskin zarar yetkazish.
- SCC va gematopoez prekursorlarining o'limi, oshqozon-ichak trakti, eng ko'p ingichka ichak shilliq qavatining mag'lubiyati.

№46. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qishloq xo'jaligi ekinlarining radiosezish mezonlari...

- Gul va barklarni yoqotishi
- O'simliklarning o'limi
- Sutning 50 foizga kamayishi (Daxp = 2 - 25 kR), urug'ning urug'lik sifati
- (Daxp = 1 - 23,5 kR uchun yaroqli emas, o'simlikning turi va fazasiga bog'liq).
- Periferik qonda, immunitet tizimida o'zgarishlar

№47. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Qishloq xo'jaligi ekinlarining radiosezish mezonlari...

- Gul va barklarni yoqotishi
- O'simliklarning o'limi
- Sutning 50 foizga kamayishi (Daxp = 2 - 25 kR), urug'ning urug'lik sifati
- (Daxp = 1 - 23,5 kR uchun yaroqli emas, o'simlikning turi va fazasiga bog'liq).
- Periferik qonda, immunitet tizimida o'zgarishlar

- Engil - 1-2 Gr, o'rta 2 - 4 Gr, og'ir - 4-6 Gr, juda og'ir - 6-10 Gr
- Suyak iligi sindromi - 1-10 Gr, ichak sindromi 10-40 Gr, miya yarim sindromi 40-100 Gr
- Suyak iligi shakllari - 1-10 Gr, ichak shakllari - 10-40 Gr, miya yarim shakli - 40-100 Gr
- Suyak iligi shakllari - 1-15 Gr, ichak shakllari - 20-40 Gr, miya yarim shakli - 50-100 Gr

№46. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Radiatsiya darajasi terining kuyish darajasi ... so'rilgan dozalarda rivojlanadi ...

- Yengil - 1-2 Gr, o'rta 2-4 Gr, og'ir - 4-6 Gr, juda og'ir - 6-10 Gr
- Yengil 5 Gr ga qadar o'rta 4-5-10 Gr Xevi 10 - 30 Gr
- Yengil - 3-5 mikron / kg, o'rta 0,1-0,5 mci / kg, og'ir - 1-3 mci / kg, juda og'ir - 3 mci / kg dan yuqori
- Yengil 4,5 Gr ga qadar o'rta 4-7-10 Gr Xevi 20 - 30 Gr

№47. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Diskromonal holat yuzaga keladi...

- Reproduktiv xususiyatlarining pasayishi (gonad va gipofiz bezlarini yutish), charchash (qalqonsimon bezak, oshqozon osti bezi).
- Hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epitelining almashinuvi.
- Birkitruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrof muhit o'zgarishi.
- Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, parenxim hujayralari o'rta birkitruvchi to'qimalarning distrofik proliferatsiyasi - sirtro, nefroskleroz, soat. Dermatit, ateroskleroz, katarakta.
- Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epitelining almashinuvi. Birkitruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya.

№48. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Gipoplastik holat yuzaga keladi...

- Reproduktiv xususiyatlarining pasayishi (gonad va gipofiz bezlarini yutish), charchash (qalqonsimon bezak, oshqozon osti bezi).
- Hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epitelining almashinuvi.
- Birkitruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrof muhit o'zgarishi.
- Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, parenxim hujayralari o'rta birkitruvchi to'qimalarning distrofik proliferatsiyasi - sirtro, nefroskleroz, Dermatit, ateroskleroz, katarakta.
- Hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epitelining almashinuvi. Birkitruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya, to'qimalar -

anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrof muhit o'zgarishi.

№49. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Sklerotik jarayonlar namoyon bo'ladi ...

- Reproduktiv xususiyatlarining pasayishi (gonad va gipofiz bezlarini yutish), charchash (qalqonsimon bezak, oshqozon osti bezi).
- Hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epitelining almashinuvi. Birkitruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrof muhit o'zgarishi.
- Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, parenxim hujayralari o'rta birkitruvchi to'qimalarning distrofik proliferatsiyasi - sirtro, nefroskleroz, soat. Dermatit, ateroskleroz, katarakt.
- Reproduktiv xususiyatlarining pasayishi, to'qimalar - anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrof muhit o'zgarishi.

№50. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Radiomuktilarning zaharilligi ...

- Radiatsiyaning turi va energiyasi, fizikaviy va kimyoviy xususiyatlari, organizmning holati, organizmga PHni kiritish usullari, masalan, tanadagi PHni taqsimlash;
- Ularni miqdordan
- Ular kandan-kam hollarda ionlashiruvchi Al shaklini chiqaradilar
- Organizmning holati, PHni ortishi

№51. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2

Eng ko'p radiozaxarlanish ...

- Gamma, beta nurlanish
- Har qanday nurlanishni fotonlari
- Alfa, proton, neytron nurlanish
- Alfa, beta nurlanish

№52. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Radiatsiya uchun stokastik ta'sirning qaysi turi harakterlidir

- Xromosomal buzquqliklarning paydo bo'lishi
- Radiatsiya uchun asosiy reaksiyani ishlab chiqish
- Naslda genetik anomalialar paydo bo'lishi
- Naslda mutatsiya paydo bo'lishi

№53. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Radiomuktilar qaysi a'zolaridan tezda chiqariladi ...

- Suyak va birkitruvchi to'qima;
- Yumshoq to'qimalar (mushak, epiteliy)
- Ichki organlar
- Tog'aylardan

№54. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Rengten trubkasidagi anod va katodlarga katia potentsiallar farqi qo'yilishi

natijasida...

- Katodda hosil bo'lgan elektronlar katta tezlik bilan anod tomon harakatlanadi.
- Anodni bombardimon qiluvchi elektronlarining bir qismi anodni tashkil etgan atomlarning ichki qavatidan elektronlarni urib chiqaradi.
- Fotoning maksimal energiyasi anodni bombardimon qiluvchi elektronlarning maksimal energiyasidan oshmaydi.
- Anodda hosil bo'lgan elektronlar katta tezlik bilan katod tomon harakatlanadi.

№55. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Rentgen trubkasidagi anod va katodlarga katta potentsiallar farqi qo'yilishi natijasida energiyaning necha foizni issiqlikka aylanadi?

- 98%
- 99,8%
- 98,9%
- 99,6%

№56. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Rentgen trubkasidagi anod va katodlarga katta potentsiallar farqi qo'yilishi natijasida energiyaning necha foizni rentgen nurlarga aylanadi?

- 2%
- 0,22%
- 0,02%
- 0,04%

№57. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Gamma nurlari qanday nurlardan iborat?

- Elektromagnit
- Elektron oqimi
- a-nurlar
- b-nurlar

№58. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Izotoplar qanday guruhlarga bo'linadi?

- Stabil va radiaktiv
- Plastifikator va radiaktiv
- Stabil va plastifikator
- Radiaktiv va plastifikator

№59. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

Radiaktiv a-yemirilishlar natijasida hosil bo'ladigan a-zarrachalar energiyasi nechadan oshmaydi?

- 4-9 MeV
- 2-9 MeV
- 3-9MeV

-5-9MeV

№60. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2:

a zarrachaning og'irligi qanchaga teng?

- 4
- 2
- 6
- 5

№61. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Hujayra sikli qanday fazalardan tashkil topgan?

- Presinetik, sintetik, replikativ, post – replikativ, mitoz
- Presinetik, meyoiz
- Replikativ, post – replikativ, interkinet
- Meyoz, mitoz

№62. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Agar nur dozasi katta bo'lmasa nurlantirilgan tez bo'linuvchi hujayralarda ko'zga tashlanadigan dastlabki reaksiya ... iborat

- Mitoz fazasiga kirishishning kechikishidan
- Mitoz fazasiga kirishishning tezlashishidan
- Mitoz bo'linmasligidan
- Mitozdan keyin

№63. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5:

Mitoz fazasiga kirishishning kechikishi nimaga bog'liq?

- Nur dozasining kattaligiga
- Hujayraning turiga
- Hujayraning qaysi fazasida turganligiga
- Hujayraning joylashishiga

№64. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Reproduktiv halokat nima?

- Nurlangan hujayralarda birinchi bo'linishdan so'ng halok bo'lgan hujayralar qayd etila boshlashi, ikkinchi va uchinchi bo'linishlardan keyin o'lgan hujayralarning soni ko'payib borishi.
- Tuxum hujayralarning mutatsiyalanishi
- Urug' hujayralarning mutatsiyalanishi
- Hujayrani olish

№65. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Nurlanish ta'sirida DNK molekulasida qanday o'zgarishlar ro'y beradi?

- Yakka va qo'sh uzilishlar
- DNK yemirilishi
- Nukleotidlarni joyini o'zgarishi
- Nukleotidlarni o'z joyida qolishi

№66. Fan bobi-1; Fan bo'lini-1; Qiyimlik darajasi-1;

Qaysi radionuklidlar (PH) tanada tarqalishning tarqoq turi?

- Na, K, Rb, Cs, H, Ru;
- Be, Ca, Sr, P, Ra, F, Ce, Ir;
- Pu, Th, Mn, La, Pm, Ce.
- Ca, H, La, Na, Mn.

№67. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5:

Radionuklidlarni tarqatish turlarini ro'yxatlash ...

- Bir xil (diffuz), skelet (osteotropik), jigar, buyrak, tirootropik;
- Organizm bo'ylab
- Suyaklarda va tishlar emalida
- Suyaklarda va tog'aylarda

№68. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Oshqozon-ichak trakti organi o'sadigan va yuqori mahsuldor hayvonlarda qanday kechadi?

- Radionuklidlarning assimilyatsiyasi sekinroq kechadi.
- Radionuklidlarning assimilyatsiyasi kechmaydi.
- Radionuklidlarning assimilyatsiyasi tez kechadi.
- Ta'sir qilmaydi.

№69. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Oshqozon - ichak trakti organi RNni singdirish to'g'ridan to'g'ri proportsionaldir ...

- Ulam suvda erishi
- Fosfat va yog' kislotalari bilan birikmalar hosil qilishi
- Oshqozon-ichak trakti organi PHni singdirish to'g'ridan to'g'ri proportsionaldir ...
- Ulam suvda erishi va yog' kislotalari bilan birikmalar hosil qilishi

№70. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

RNni hayvonlarning jismining ahamiyatiga qarab kiritish usullarini sanab o'ting.

- Ichki organlar, nafas olish organlari organi suv va ovqat bilan
- Nafas olish organlari, ichki organlar organi, suv va ovqat bilan
- Oshqozon ichak organi organi
- Nafas olish va oshqozon organi

№71. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Analoglarning elementlari mavjud bo'lsa, PH ning radiotoksikligi ...

- Kuchayadi
- Kamayadi
- Bog'liq emas
- Kuchayadi va kamayadi

№72. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

O'pka shilliq pardalarida mahalliy ta'sirida eng ko'p radiotoksik, oshqozon-ichak saraton shaklida ...

- Gazsimon moddalar
- Suvda erimaydigan molekular
- Aerazolalar, suvda eriydigan moddalar
- Suyiq moddalar

№73. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qanday qilib RN jismandan chiqadi?

- Bo'shatish organlari organi - buyrak, GIT, teri,
- Go'sht mahsulotlari bilan
- Chiqarilayotgan havo bilan
- Sut va tuxum mahsulotlari bilan

№74. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Organizmlarning o'ziga xos radiativligi ...

- Fizik parchalanish
- Biologik jarayonlar metabolism
- Fizik parchalanish va biologik jarayonlar
- Metabolizm va fizik parchalanish

№75. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Hujayralarning subletal zararlanshlardan tiklanishiga oid dastlabki qarashlar kimga tegishli?

- M.Elkind va uning hamkasblari
- P. Kyuriy
- E.Rezerford
- E.Gekkel

№76. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Achitqilarda tez postradiatsion tiklanishni kim aniqlagan?

- YU.G.Kapulsevich
- M.Elkind va uning hamkasblari
- P. Kyuri
- E. Rezerford

№77. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Reparatsiya jarayoni nimalar ishtirokida amalga oshiriladi?

- Reparatsiyalovchi sistemalar deb ataladigan maxsus sistemalar
- Ionlantiruvchi nurlar ta'sirida
- Ultrabinafsa nur ta'sirida
- Radiativ nurlar ta'sirida

№78. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Insiziya nima ishtirokida amalga oshiriladi?

- Endonukleazafermentlari
- Garnonlar

-Ionlantiruvchi nurlar
-Fermentlar

№79. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eksstziya nima?

-Zararlangan joy bilan birgalikda ma'lum sondagi nukleotid qoldiqlarning olinib tashlanishidan iborat jarayon
-Nukleotidlardan bir qismining uzib tashlanishi
-Nukleotidlarni ikki hissa ortishi
-Nukleotidlarni ko'payishi

№80. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eksstziya natijasida nima sodir bo'ladi?

-DNK zanjirida bo'sh joy paydo bo'ladi
-Nukleotidlarni ikki hissa kamayadi
-DNK zanjiri qayta sintezlanadi.
-DNK zanjiri uziladi

№81. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eksstziya nima ta'sirida sodir bo'ladi?

-Endonukleaza faolligi ta'sirida amalga oshadi
-Garmonlar
-Ionlantiruvchi nurlar
-Fermentlar

№82. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Amalga oshirish vaqtiga qarab reparatsiyaning qanday turlari bor?

-Replikatsiyaga qadar reparatsiya, postreplikativ reparatsiya, replikativ reparatsiya.
-Kechikuvchi
-Muddatdan oldin sodir bo'luvchi
-Tezlashtiruvchi

№83. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Replikativ reparatsiya nima?

-DNKning replikatsiya jarayonida qayta tiklanishi
-DNK ning industriyalangan zararlanishi
-DNKdagi haroratlarga qaramay o'z hayotchanligini saqlab qolishi
-DNK zanjirlari uziladi

№84. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Bir bosqichli DNK reparatsiyasi nima?

-Zararlangan DNKning eng oddiy reparatsiyasi
-DNK zanjirida bo'sh joy paydo bo'lishi
-Insertaza fermenti ta'sirida mos keladigan asos bilan to'ldirilishi
-DNK o'z hayotchanligini saqlab qoladi

№85. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining tiplarini sanang

-Skelet, retikuloendoteliyal va diffuz.

-Skelet, retikuloendoteli va korpuskulyar

-Skelet, diffuz va ion

-Retikuloendoteli va korpuskulyar va ion

№86. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining nechta tipi bor?

-3

-2

-4

-5

№87. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qon oqimidan uran nechta soatda chiqariladi?

-12

-14

-10

-16

№88. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Postradiatsion tiklanish nima?

-Radiatsion zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish

-Nur xastaligi davridagi tiklanish

-Radiatsiya paytidagi hujayraning bo'linishi

-Radiatsiya paytidagi hujayraning olishi

№89. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Qo'zg'atish energiyasi deb nimga aytiladi?

-Atom yoki molekulani qo'zg'atishga sabab bo'lgan energiya.
-Vodorod bog'ni uzishga ketgan energiya.
-Molekulani hosil qilgan energiya.

-Molekulani parshalanishida hosil bo'lgan energiya.

№90. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Ionlashtiruvchi nurlar deb nimga aytiladi?

-Atom yoki molekulalarni ion holiga keltirishga qodir nurlar

-Molekulalarni uzishga ketgan nurlar

-Quyoshdan to'g'ri keladigan nurlar

-A va B nurlar

№91. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Gaz holatdagi moddalardan 1 dona elektroni ajratishi uchun qancha energiya kerak?

-10eV

-15eV

-20eV

-25eV

№92. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eynshteyn formulasi to'g'ri ko'rsatilgan javobni aniqlang.

-E=mc²

-H=en

-N=hc

-N=en

№93. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Plank doimiyi qanday harf bilan belgilanadi?

-h

-e

-n

-p

№94. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Eynshteyn tenglamasidagi h harfi nimani ifodalaydi?

-yotug'lik fotonining energiyasi

-Plank doimiyi

-Gamma nurlar

-Gamma nurlarini miqdori

№95. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

To'liq uzunligi 10^{-3} - 10 nm gacha bo'lgan elektromagnit nurlar qanday nurlar deb ataladi?

-Rengent nurlar

-Gamma nurlar

-Elektromagnit nurlar

-Ultrabinafsa nurlar

№96. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Atomga qanday zarracha ta'sir ettirilsa proton ajratib chiqadi?

-Neutron

-Gamma

-Elektron

-Proton

№97. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Bir juft ion hosil qilish uchun o'rtaqcha qancha energiya kerak?

-34eV

-43eV

-40eV

-38eV

№98. Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; Qiyinlik darajasi-1:

Zarracha bosib o'tgan 1mk masofada hosil bo'ladigan ion juftlarining soni nima deb ataladi?

-Ionlanish zichligi

-Qo'zg'alish zichligi

-Parchalanish zichligi

-Ionlanish darajasi

№99. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Rengent nurlarining to'liq uzunligi necha nmga teng?

-0,0001-80

-0,001-80

-0,01-800

-0,1-80

№100. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

O'ta yumshoq nurlar energiyasini aniqlang.

-5-20 kv

-20-60 kv

-60-120 kv

-10-15 kv

№101. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

⁶⁰So ning yarim yemirilish davri necha yil?

-5,3 yil

-3,5 yil

-6,4 yil

-4,5 yil

№102. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Yadro zaryadi bir xil, lekin atom massasi bilan farq qiluvchi atomlar nima deb ataladi?

-Izotop

-Izobar

-Izoton

-Izobar va izoton

№103. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Izotoplar nechtaga bo'linadi?

-2

-3

-4

-5

№104. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Izotoplar qanday guruhlarga bo'linadi?

-Stabil va radioaktiv

-Makro va mikro

-Begarq va o'zgaruvchan

-Guruhlarga bo'linmaydi

№105. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Turg'un izotoplar nima deb ataladi?

- Stabil
- Makro
- Mikro
- Radioktiv

№106. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

O'zgaruvchan izotoplar nima deb ataladi?

- Radioktiv
- Gamma
- Biokinyoviy
- Beta

№107. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Alfa zarrachaning zaryadi nechaga teng?

- 2
- 4
- 3
- 5

№108. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Alfa zarrachaning atom massasi nechaga teng?

- 4
- 2
- 8
- 6

№109. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Zaryadsiz zarracha qaysi?

- Gamma
- Alfa
- Proton
- Atom

№110. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Biologik to'qimalarda kvant energiyasi nechaga teng?

- 10-100 keV
- 100-1000 keV
- 0,1-1 keV
- 1-10 keV

№111. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Fotoeffektiv ekvivalent dozasi ilkda nechaga teng?

- 0,12
- 0,01
- 1
- 0,02

№112. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Nurlanish maydonini nima hosil qiladi?

- Ionlashtiruvchi nur
- Qutblantiruvchi nur
- Sof nur
- Radiaktiv nur

№113. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Dozaning nur maydonidagi o'sish tezligi qanday nomlanadi?

- Ekspozitsion doza quvvati
- Kovalent doza quvvati
- Gamma doza quvvati
- Ionlantiruvchi doza quvvati

№114. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

β -zarracha energiyasi nechaga teng?

- 3-MeV
- 5-MeV
- 6-MeV
- 4-MeV

№115. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Gidratatsiya energiyasi nechaga teng?

- 1,82ev
- 1,98ev
- 3,5ev
- 2,5ev

№116. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Gidroksoniy formulasini aniqlang.

- H₃O⁺
- H₂O⁺
- H⁺O⁺
- H₂O₂

№117. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sutemizuvchi hayvonlarning radiatsiya nurlarga chidamliligi qanchaga teng?

- 1-10 Gr
- 2-5 Gr
- 3-6 Gr
- 4-8 Gr

№118. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Organizmlar nur sezgirligini baholash uchun yashovchanlik ko'rsatkichi ishlatilib, u nurlantirilgan populyatsiyaning 50% yoki 100% hadlolaiga sabab bo'luvchi dozalar qanday ifodalanadi?

-LD₅₀ yoki LD₁₀₀

-LD₂₅ yoki LD₅₀
-LD₁₀ yoki LD₁₅
-LD₁₅ yoki LD₂₀

№119. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Sutemizuvchi hayvonlarning nur sezgirligini o'tkir davri asosan necha kunda tanom bo'ladi?

-30 kun
-25 kun
-20 kun
-15 kun

№120. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Olmaxonning gamma nurlar bilan nurlantirilgandagi LD ko'rsatkichi nechaga teng?

-25-50
-5-8
-7-6
-10-20

№121. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
"Rekordsmenlar" deb ataluvchi suvda yashovchi Micrococcus radiodurans ning radiativ nurlarga nisbatan chidamliligi qanchaga teng?

-10
-15
-9
-12

№122. Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; Qiyinlik darajasi-1;
Quyisi organizmda 0,008 Gr doza miqdorida ? - nurlanish ta'sirida rivojlanishning keskin susayishi kuzatiladi?

Phycomyces blakesleeanus
Micrococcus radiodurans
Mikrokokklar
Oleraceus larda

№123. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Quyisi olimlar o'z tadqiqotlarida kalamush va sichqonlarning tana haroratini +5 - 0°S ga qadar pasaytirish, ularga nurdan himoyalovchi effekt sifatida ta'sir qilishini aniqladilar?

-Smit va Everi
-Boveri va Seton
-Kyuri va Mendel
-Gekkel va Muller

№124. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
To'qimalar radiosezgirligini aniqlashda quyisi olim qonuniyatlaridan

foydalaniladi?

-Bergonye va Tribondo qonuniyatlari
-Kyuri va Rezerford
-Arineus va Rezerford
-Boveri va Seton

№125. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Nurlantirilgan organizmning yashovchanligi va unda radiatsion sindromning namoyon bo'lish darajasi, organizm hayot faoliyatida muayyan rol o'ynovchi to'qimalar hamda organlarning zararlanish tujayli, normal faoliyat doirasidan chega chiqish darajasiga bog'liq bo'ladi bunday to'qima va organlar qanday organ?

-Kritik organlar
-Epiteliy organlar
-Reptilitik organlar
-Reproduktiv organ

№126. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:
Organizm bir marta nurlantirilganda yutilgan doza 1J/kg yoki undan kata bo'lganda, unda qanday holat yuzaga keladi?

-O'tkir nur hastaligi
-Og'ir nurlar hastaligi
-Yolg'on nur hastaligi
-O'rta nur hastaligi

№127. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5:
Quyisi olim surunkali nur hastaligini organizmning umumiy nurlanishi va ayrim qismlarining mahalliy nurlanishidan iborat ikki variantga ajragan?

-Guskova A.K.
-Rayevskiy
-Nilson
-Arineus

№128. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:
Molekulyar o'lim Gr nechadan yuqori bo'lganda sodir bo'ladi?

-100 Gr
-1000 Gr
-10000 Gr
-10 Gr

№129. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5:
Radiaktiv moddalar organizmga necha xil yo'naltirishda tushishi mumkin?

-3 xil
-2 xil
-4 xil
-5 xil

№130. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-3:

Radiomuktilarning organizmlarga tushishining eng muhim va xavfli yo'li qaysi?

- Ingalatsion
- Gastral
- Peristal
- Allisial

№131. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Olinlar rodonti vanna qo'llanganda 20 minut ichida organizmga necha % radon kirishini aniqlaganlar?

- 4 %
- 6 %
- 3 %
- 5 %

№132. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Normal organlardan chetga chiqish davrida turgan organlar qanday organlar deb ataladi?

- Kritik organlar
- Generativ organlar
- Somatik organlar
- Reproduktiv organlar

№133. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

O'zak to'qimalarning tiklanishi nima deb ataladi?

- Repopulyatsiv tiklanish
- Populyatsiv tiklanish
- Biogenetik tiklanish
- Genetik tiklanish

№134. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4:

Nurdan zararlanish necha xil patogenetik mexanizm bilan aniqlanadi?

- 3 xil
- 2 xil
- 4 xil
- 5 xil

№135. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Mitozfasasiga kirishishning kechikishi nimaga bog'liq?

- Nur dozasining kattaligiga
- Hujayraning turiga
- Hujayraning qaysi fazasida turganligiga
- Hujayraning joylashishiga

№136. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Postradiasion tiklanish nima?

-Radiasion zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish

- Nur xastaligi davridagi tiklanish
- Radiatsiya paytidagi hujayraning bo'linishi
- Radiatsiya paytidagi hujayraning o'lishi

№137. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Gaz holatdagi moddalardan 2 dona elektronni ajratishi uchun qancha energiya kerak?

- 20eV
- 15eV
- 10eV
- 25eV

№138. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

⁶⁰So ning to'la yemirilish davri necha yil?

- 10,6 yil
- 7 yil
- 6,4 yil
- 5,5 yil

№139. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Rentgen trubkasidagi anod va katodlarga katta potensiallar farqi qo'yilishi natijasida energiyaning necha fojira rentgen nuriga aylanadi?

- 2 %
- 0,2 %
- 0,02 %
- 0,002 %

№140. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Quyidagilardan qaysi biri hujayra siklining fazasi emas?

- Presintetik, mevoz
- Presintetik, sintetik, replikativ,
- Post – replikativ, mitoz
- Mitoz va mevoz

№141. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Sof zararlanish effektiv dozasi formulasini toping.

- $D_0 = D[f + (1-f)e^{-3H}]$;
- $D_0 = n[a + (1-f)e^{-3H}]$;
- $D_0 = [D + (1-f)e^{-3H}]$;
- $D_0 = h[D + (1-f)e^{-3H}]$;

№142. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1:

Nurdan zararlanish necha xil patogenetik mexanizm bilan aniqlanadi?

- 3 xil
- 2 xil
- 4 xil

-5 xil

№143. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Tuban dozalarda qaysi organ sindromi kuzatiladi?

-Ilik

-Tog'ay

-Muskul

-Suyak

№144. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Katta dozalarda qaysi organ sindromi kuzatiladi?

-Ichak

-Ilik

-Muskul

-Tog'ay

№145. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Juda katta dozalarda qaysi organ sindromi kelib chiqadi?

-Miya

-Ilik

-Ichak

-O'pka

№146. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Juda katta dozalarda qaysi sindrom kelib chiqadi?

-Serebral

-Ilik

-Ichak

-Tog'ay

№147. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Ilik sindromi qanday dozada kelib chiqadi?

-Tuban

-Katta

-Juda katta

-Kichik

№148. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Miyada qanday sindrom kassalligi uchraydi?

-Serebral

-Daun

-Pigment

-Daltonizm

№149. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Ichak sindromi qanday doza ta'sir etirilganda sodir bo'ladi?

-Katta

-Juda katta

-Passiv

-Juda kichik

№150. Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; Quyinlik darajasi-1;

O'tkir nur hastaligi kelib chiqishi uchun nur energiyasi kamida nechga teng bo'lishi kerak?

1j/kg

2j/kg

3j/kg

4j/kg

№151. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organiznga ta'sir etirilgan nur energiyasi quvvati 1j/kg dan ortib ketsa qanday nur kassalligi kelib chiqadi?

-O'tkir

-Passiv

-Reaktiv

-Aktiv

№152. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

O'tkir nur xastaligining ayv olishi nechga bosqichni o'z ichiga oladi?

-3

-2

-4

-5

№153. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Atonga qanday zarracha ta'sir etirilsa proton ajralib chiqadi?

-Neytron

-Gamma

-Elektron

-Proton

№154. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Bir juft ion hosil qilish uchun o'rta qancha energiya kerak?

-34 eV

-43 eV

-40 eV

-38 eV

№155. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Zarracha bosib o'tgan 1mk masofada hosil bo'ladigan ion juftlarning soni nima deb ataladi?

-Ionlanish zichligi

-Qo'zg'alish zichligi

-Parchalanish zichligi

-To'xtash zichligi

№156. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Kengni nurlarining to'liq uzunligi nechga nm?

-0,0001-80
-0,001-80
-0,01-800
-0,1-80

№157. Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; Qiyinlik darajasi-1;
O'ya yunshoq nurlar energiyasini aniqlang.

5-20 kv
20-60 kv
60-120 kv
10-25 kv

№158. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
Strukturaviy - metabolik gipoteza asosida...

-Kimyoviy jarayonlar avj oladorganizmda biokimyoviy jarayonlari kuchayadi.
-Ta'sir qilmaydi.
-Kimyoviy jarayonlar sekinlashadi organizmda biokimyoviy jarayonlari sekinlashadi.
-Hujayra zararlanadi.

№159. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
LRT tarkibida...

-Gidroperekslar, lipoksidlar, aldegid va ketonlar kiradi
-Aldegid va gkiserin
-Yog' kislotalari va chumoli kislotalari
-Oqsil va yog'lar

№160. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
Tarusov va Emanuel tomonidan ilgari surilgan, birlamchi radiotoksiklar gipotezasiga nurdan zararlantirishning ilk bosqichlarida, erkin radikal tipidagi zanjirli oksidlanish reaksiyalarining substrati – ... had qiluvchi ahamiyatga ega.

-Lipidlar
-Uglevodlar
-Oqsillar
-Uglevodorodlar

№161. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
^{60m}So ning to'liq yemirilish davri necha yil?

-10,6 yil
-7 yil
-6,4 yil
-8 yil

№162. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
Gaz holatdagi moddalardan 3 dona elektroni ajralishi uchun qancha energiya kerak?

-30 eV

-15 eV
-20 eV
-45 eV

№163. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
Olinlar rodonti vanna qo'llanganda 30 minut ichida organizmga necha % rodon kiritishni aniqlanglar?

-6 %
-7 %
-3 %
-9 %

№164. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;
Yarim tiklanish davri davomida zararlangan organizm necha %ga sog'ayadi?

-50 %
-60 %
-40 %
-25 %

№165. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5;
Yarim tiklanish davri sichqonlarda necha sutkaga teng?

-2-4
-6-7
-1-3
-9-10

№166. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;
Yarim tiklanish davri kalamushlarda necha sutkaga teng?

-6-9
-2-4
-6-7
-1-3

№167. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;
Yarim tiklanish davri iltlarda necha sutkaga teng?

-14-18
-20-22
-6-7
-5-8

№168. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;
Yarim tiklanish davri odamlarda necha sutkaga teng?

-25-45
-14-18
-20-22
-6-7

№170. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Postradiatsion tiklanish eksponensial qonunga binoan bir xil tezlikda amalga oshib, tiklanish zararlanshining qaytar ulushiga proporsional, qaytmus ulushi esa jamlangan umumiy doza kattaligiga proporsional, degan taxminni kim ilgari surgan?

-Bler

-Rezerford

-Byuchi

-Kyuriy

№171. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-5;

Yadroning portlovchi mahsulotlariga nimalar kiradi?

-Ruxdan tortib gadoliniyaga qadar bo'lgan 200 radiaktiv izotoplar aralashmasi

-α-zarralar

-β-zarralar

-γ-zarralar

№172. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Yadroning portlovchi mahsulotlari organizmga tushganida qanday o'zgarish sodir bo'ladi?

-Organizmga tushganda ular moddalar almashinuvi jarayonida turg'un elementlar o'zini egallaydi va parchalanganda qo'shni guruh elementlarini hosil qiladi.

-Organizmga tushganda ular dastlab jigar faoliyatini buzadi.

-Qonning shakilli elementlarini parchalab yuboradi.

-So'nish davri boshlanadi.

№173. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Yadroning portlovchi mahsulotlari organizmga tushganida transmutant effektlar, shuningdek

α - zarrachalar va neytronlar emissiyasi natijasida kimgoviy

o'zgarishlarning vujudga kelishi nimaga bog'liq?

-Organizm tomonidan yutilgan radionuklidlarning dozasi va yarim parchalanish vaqtiga

-Yadroning portlovchi mahsulotlarini parchalanish vaqtiga

-Organizmi bardoshlilikiga

-Radionukleotidlarni uchish zonasiga

№174. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi 6;

Organizmga kirgan radionuklidlar organlarda qanday tartibda joylashadi?

-Qalqonsimon bez (maksimum), jigar, ichak, buyraklar, skelet, muskullar.

-Jigar, ichak(maksimum), skelet, muskullar qalqonsimon bez, buyraklar.

-Ichak (maksimum), qalqonsimon bez, jigar, buyraklar, skelet, muskullar.

-Skelet(maksimum), muskullar, qalqonsimon bez, jigar, ichak, buyraklar.

№175. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

YAPM kiritilgandan so'ng tilarda radionuklidlarning radiaktivlik

ko'rsatkichi izotoplarning parchalanishi natijasida qancha vaqtda pasayib ketadi?

-6 - 8 soat

-10 - 12 soat

-3 - 4 soat

-1 - 3 soat

№176. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmdan nuklidlarni chiqarish bo'yicha organlar ketma ketligini ko'rsating.

-Qalqonsimon bez (maksimum), jigar, buyraklar, qora talog, teri, muskullar, skelet.

-Jigar, ichak (maksimum), skelet, muskullar qalqonsimon bez, buyraklar.

-Ichak (maksimum), qalqonsimon bez, jigar, buyraklar, skelet, muskullar.

-Skelet (maksimum), muskullar, qalqonsimon bez, jigar, ichak, buyraklar.

№177. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmdan nuklidlarni chiqarish nima bo'yicha farqlanadi?

-Organlar tomonidan yutilgan dozalar ko'rsatkichi bo'yicha

-Ta'sir etuvchi radionukleotidning kuchi bo'yicha

-Organizm joylashuvi bo'yicha

-In turi bo'yicha

№178. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

YAPM lar bilan zararlanshining eng hayfli ko'rinishi bu...

-Kasallikning surunkali formaga o'tishi va o'limidir.

-Imunksiatsiya

-Qayta nurlanish

-Mutatsiyalar

№179. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Qon plazmasi skeletga o'tadigan stronsiy va kalsiydan qanchada tozalanadi?

-4 - 10 soat

-10 - 15 soat

-8 - 9 soat

-2 - 4 soat

№180. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Qon oqindan uran necha soatda chiqariladi?

-12

-15

-4

-9

№181. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmga vena qon tomoni orqali kiritilgan yod qonda to'liq qalqonsimon bezga o'tishi necha soatda yakunlanadi?

-10 - 15

- 10 - 12
- 20 - 22
- 9-10

№182. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Osteotrop elementlarni ko'rsatish.

- Stronsiy va radiy
- Uran
- Radiy va yod
- Uran va radiy

№183. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Osteotrop elementlar qaysi turdagi suyaklarda to'planadi?

- Naysimon
- G'ovak
- G'alvirsimon
- Yassi

№184. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Osteotrop elementlar naysimon suyaklarni qaysi qismida to'planadi?

- O'suvchan qismlarda
- G'ovak qismida
- Periostda
- Ichki qismida

№185. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining nechta asosiy tipi farqlanadi?

- 3
- 4
- 6
- 2

№186. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining asosiy tiplari qaysilar?

- Skelet, retikuloendotelial va diffuz.
- Muskul, fagasetal
- Fagasetal, pinosetal
- Diffuz, retikuloendotelial va muskul

№187. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining skelet tipini izohlang.

- Ba'zi ishqoriy - yer metal elementlari - kalsiy, stronsiy, bariy va radiylarni skeletning mineral qismiga joylanishi va plutoniy hamda toriyning ba'zi birikmalarining suyak to'qimasida tutib qolinishi.
- Bo'yicha ishqoriy - yer metallari - kaliy, natriy, seziiy, rubidiy, shuningdek, vodorod, azot, uglerod, poloniy va boshqa element nuklidlari tarqaladi.
- Bu to'kimlar ushbu nuklidlarga kimyoviy tarkibi bo'yicha o'xshash turg'un elementlarning bo'lgani bilan farqlanadi.

-Inson organ va to'qimalarining kimyoviy tarkibi yaxshi o'rganilganini hisobga olgan holda, u yoki bu radionuklidning qaysi organ va to'qimada to'planishini oldindan aytib berish mumkin

№188. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-1;

Terining nurlanishi nima bilan chegaralanadi?

- 50 - 150 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchi hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.
- 10-30-150 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchi hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.
- 10-20 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchi hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.
- 3-5 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchi hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.

№189. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2;

Organizmda radionuklidlar taqsimlanishining diffuz tipini izohlang.

- Ishqoriy - yer metallari - kaliy, natriy, seziiy, rubidiy, shuningdek, vodorod, azot, uglerod, poloniy va boshqa element nuklidlari tarqaladi.
- Ba'zi ishqoriy - yer metal elementlari - kal'siy, stronsiy, bariy va radiylarni skeletning mineral qismiga joylanishi va plutoniy hamda toriyning ba'zi birikmalarining suyak to'qimasida tutib qolinishi.
- Bu to'kimlar ushbu nuklidlarga kimyoviy tarkibi bo'yicha o'xshash turg'un elementlarning bo'lgani bilan farqlanadi.
- Inson organ va to'qimalarining kimyoviy tarkibi yaxshi o'rganilganini hisobga olgan holda u yoki bu radionuklidning qaysi organ va to'qimada to'planishini oldindan aytib berish mumkin.

№190. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-4;

Strukturaviy - metabolik gipoteza asosida qanday g'oya yotadi?

- Strukturaviy - metabolik gipoteza asosida ionlantiruvchi radiatsiya ta'sirida hujayrada nafaqat sof radiatsion - kimyoviy jarayonlar avj oladi, balki organizmda biokimyoviy jarayonlarni kuchaytiruvchi sistema mavjudligi tufayli, biologik muhim makromolekulalarning zararlanishiga sabab bo'luvchi yuqori faol mahsulotlar va tuban molekulyar toksik metabolitlar sintezlanadi, deb ta'kidlovchi g'oya yotadi;
- Nuridan zararlanishning ilk bosqichlarida, erkin radikal tipidagi zanjirli oksidlanish reaksiyalarining substrati - lipidlar hal qiluvchi amiyatga ega deb ta'kidlovchi g'oya yotadi;
- Nurlanish tufayli sodir bo'ladigan tabiiy antioksidantlar sistemasining buzilishi yoki ingibirlanishi tarmoqlangan zanjirli reaksiyalarning avj olishiga

olib keladi deb ta'kidlovchi g'oya yotadi;

-Zanjirli reaksiyalar gipotezasi ionlantiruvchi radiatsiyaning biologik ta'sirini izohlovchi universal nazariya bo'la olmaydi degan g'oya yotadi.

№191. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-2;

Nurlantirilgan hayvonlar jigaridan olingan tuzli – suv ekstraktining eritostidlarni gemolizlash xossasiga ega ekanligini kim aniqlagan?

-B.N.Tarusov

-Emanuel

-A. Bekkerel

-N. Byuchli

№192. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

O'pkalar tomonidan tabiiy manbalar hisobiga yutiladigan nurlanish dozalari (mGr)

-1.10

-1.85

-2.1

-2.8

№193. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Qizil ilik tomonidan tabiiy manbalar hisobiga yutiladigan nurlanish dozalari (mGr)

-0.92

-0.99

-0.81

-0.68

№194. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Suyak to'qimasi tomonidan tabiiy manbalar hisobiga yutiladigan nurlanish dozalari (mGr)

-0.87 mGr

-0.92 mGr

-0.65 mGr

-1.4 mGr

№195. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Radon bilan poloniy hisobiga, o'pka to'qimalari tomonidan yutiladigan doza nechta Gr ni tashkil etadi?

-0.3 Gr

-0.2 Gr

-0.4 Gr

-0.5 Gr

№196. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

O'simlik va hayvon to'qimalaridagi radiaktivlikning asosini qaysi izotoplari tashkil etadi?

-Kaliy

-Natriy

-Radiy

-Uran

№197. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Biosferada uchraydigan radiaktiv moddalar ichida keng tarqalganlari qaysi izotoplar?

-⁴⁰K, ¹⁴S va ³N

-⁹⁰Sr, ¹³¹Cs

-¹⁷⁵U

-³N, ¹³¹Cs

-⁹⁰Sr, ¹⁷⁵U

№198. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Sublejal zararlanishlar nima?

-Har bir reaksiya chaqiradigan zararlanishlar test – reaksiyaga olib kelish yo'li bilan oshkor etiladigan zararlanishlar.

-Vaqt o'tishi bilan dozaning birinchi yarmi keltirib chiqargan zararlanishlarning ikkinchi fraksiya keltirib chiqargan zararlanishlar.

-Dozaning birinchi yarmi ta'siridan kelib chiqqan zararlanishlar.

-Dozaning qolgan yarmi keltirib chiqaradigan zararlanishlar.

№199. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Diskgornonal holat yuzaga keladi...

-Reproduktiv xususiyatlarining pasayishi (gonad va gipofiz bezlarini yutish), charchash (galqonsimon bezak, oshqozon osti bez);

-Hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epiteliyning almashinuvi. -Birlitiruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya, leykopeniya, shilliq qavatlardagi atrofi muhit o'zgarishi;

-Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, parenxim hujayralari o'rtida birlitiruvchi to'qimalarning distrofik proliferatsiyasi - siroz,

nefroskleroz, soat. Dermatit, ateroskleroz, katarakta,

-Organlarning tomirlar tarmog'iga zarar etkazishi, hujayrali elementlar tomonidan qizil suyak iligi kamayishi, epiteliyning almashinuvi. Birlitiruvchi to'qimalar. To'qimalar - anemiya

№200. Fan nomi – Radiobiologiya; Fan bobi-6;

Kalamush va sichqonlarning tana haroratini +5 - 0°C ga qadar pasaytirish, ularga murdan himoyalovchi effekti sifatida ta'sir qilishini kimlar aniqlagan?

-Storer, Gompelman, Andjus, Smit

-Dalton, Kyuriy

-Rezerford, Bekkerel

-Andjus, Smit, Bekkerel

Foýdalanýlan adabyýatlar:

1. Тимофеев-Рессовский Н.В., Савич А.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию. М., 1981г., 319 с.
2. Ярмоненко С.П., Вайсон А.А. Радиобиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 2004 г., 549 с.
- 3.«Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия» Г л.ред. А.П.Горкин. М.: Росмэн, 2006 г.
4. О.М. Храменко, Основы радиобиологии. Гомель:УО «ГТУ им. Ф.Скоринь», 2003 г.
5. История развития радиобиологии // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://studopedia.pl>. Дата обращения: 10.07.2018 г.
6. А.Н. Гребенюк, О.Ю.Стрелова, В.И.Легеза, Е.Н.Степанова. Основы радиобиологии и радиационной медицины. Санкт-Петербург, ФОЛИАНТ, 2012 г., 233 с.
7. М.М.Филимонов Радиобиология, курс лекции, Минск, 2008 г., 100 с.
8. А.Д.Доника,, С.В.Поройский. Основы радиобиологии. Волгоград, 2010 г., 174 с.
9. Кузьминчев В. Е. Законы и формулы физики. - Киев: Наук.думка, 1989. 864 с.
10. У.М.Вечканов, В.В.Внуков. Основы радиационной биофизику Ростон-на-Дону, 2009г. 48 с.
11. Кузьминчев В.Е. Законы и формулы физики. Киев: Наукова думка, 1989 г. 864
12. Weinberg, Steven (1995). The Quantum Theory of Fields. I. pp. 362–369.
13. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика. Москва: Физматлит, 2004. с. 136.
14. Э. А.Галицкий Радиобиология, Белорусия, Гродно, 2001 г., 204 с.
15. Introduction to Radiation Biology, Survey of Clinical Radiation Oncology, lectu 2.
16. А.М.Кузин. Проблемы современной радиобиологии / Москва, Знание, 1987, 64

17. Кн: Гершензона, Б.Л.Астауров, 1983 г. Стр 83. activistudy.info
18. Кудряшов Ю. Б., Беренфельд Б. С. Основы радиационной биофизики: Учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.- 304 с.,
19. Л.Гаммет Основы физической органической химии: скорости, равновесия и механизмы реакций. Пер. с англ. - М.: Мир, 1972. – 534 с.
20. Вопросы медицинской химии, 536 стр. Радиационная биология, радиожелология, Том 45, Выпуски 1-3, 162 с.
21. Бак З., Александр П. Основы радиобиологии. Пер. с англ. М.:Изд-во Иностран. лит. 1963 г., 500 с
22. Мазурик В.К., Михайлов В.Ф. О некоторых молекулярных механизмах основных радиобиологических последствий действия ионизирующих излучений на организмы млекопитающих //Радиационная биология. Радиожелология. 1999 г. Т. 39, №1. с. 91 – 98.
23. The radiobiology of cultured mammalian cells. Mortimer M. Elkind, Gordon F. Whitmore, American Institute of Biological Sciences Gordon and Breach, 1967. pp.170-240.
24. Первичные и начальные процессы биологического действия радиации. Изд-во Академии наук СССР, 1963 стр140-144
25. История биологии с начала двадцатого (XX) века до наших дней. Наука, 1975
26. Корогодин В.И., Проблемы пострадиационного восстановления, Москва, 1964 г.
27. Глазунов А.В., Капильцевич Ю.Г. Радиобиология, Том 22. 1962 г. стр 62-69.
28. Коллектив авторов, Микробиология, Том 49. Наука, 1987 г.стр 715,
29. В. W. Brooks, R. G. E. Murray. Nomenclature for “Microsoccus radiodurans” and Other Radiation-Resistant Socii: Deinococcusaceae fam. nov. and Deinococcus gen.nov, Including Five Species.-1981- Vol.31, № 3.P. 353-360.

30. Корогодин В.И. Восстановление клеток от повреждений. М.:Знание, 1976 г.
31. Комар В.Е., Хансон К.П., Информационные макромолекулы при лучевом поражении клеток. М., 1980 г.
32. Rajewsky B. Friedrich Dessauer (1881—1963), Strahlentherapie, Bd 121, S. 1, 1963.
33. Кудряшов Ю.Б. Основные принципы в радиобиологии // Рад. биол. Радиож. — 2001 г. Т. 40, № 5. с. 531.
34. Н.В.Тимофеев-Рессовский, К.Циммер. Бифизика. Часть 1. Принципы попадания в биологию, М.: 1947 г.
35. Ли Д.Е. Действие радиации на живые клетки./М. Госатомиздат, 1963 г. 288
36. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2000 г. 480 с.
37. Дромышко С.Е. Информационные проблемы моделирования биологических процессов (на примере генетики). - Минск: Право и экономика, 1996 г.
38. Л.Х.Эйлуэ, Ю.Н.Корыстов, Кислород в радиобиологии, Москва: Атомиздат, 1984 г., с. 176.
39. Сборник докладов I всесоюзной ядерной конференции, Москва 1934 г. стр. 118-119.
40. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. Учеб.пособие /Под ред. С.П. Ярмоненко. — М.: Высшая школа, 2004 г. 550 с.
41. Нормобарическая гипокситерапия, Методические рекомендации, Минздрав России- Москва 1994 г.
42. Б.Н.Тарусов, Основы биологического действия радиоактивных излучений, М.: Медгиз, 1954 г.
43. Первичные механизмы биологического действия ионизирующих излучений. Московское общество испытателей и природы. Секция биофизики и радиобиологии, 1963 г.
44. В.Н.Бинги, Принципы электромагнитной биофизики /Москва, Физматлит, 2011 г. 591 с.

45. Г.Г.Верещако, А.М.Ходосовская Радиобиология Тарнины и понятия, Минск 2016 г. стр 33 — 138
46. Вопросы охраны материнства и детства, Том 16, Выпуск 2. Медгиз, 1971 г. стр 91 — 94.
47. Воробьев Е.И. Радиационная кардиология. -М.: Атомиздат, 1971 г. — с. 266.
48. С.Кузьмин, И.Маслова. Земноводные российского Дальнего Востока, стр 401
49. Генетика, Том 21, Выпуски 1-6 Академия наук СССР, 1985 г. стр 72
50. Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology, and Immunology. Institute of Epidemiology and Microbiology, 1975, p 147
51. Ю.Б.Кудряшов, Б.С.Беренфельд, Основы радиационной биофизики, Москва, 1982 г.
52. Реферативный журнал: Биология, Выпуск 4. ВИНТИ, 1982 г. стр 63
53. Кузин А.М. Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии. - М.: Наука, 1986 г.
54. Вопросы Онкологии, Том 14, Выпуск 2, Издательство: Медицина, Ленинградское отделение, 1968 г. с. 92
55. А.К.Гуськова, Г.Д.Байсоголов. Лучевая болезнь человека, Москва, 1970 г., 384 с.
56. Аюпц, В. Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 224 с.
57. Демин, И. Ю., Прончатов-Рубцов, Н. В. Современные акустические методы исследований в биологии и медицине (учебно-методические материалы) [Электронный ресурс] // Электронный курс лекций. URL: <http://www.unn.ru/pages/issues/aiids/2007/37.pdf> (дата обращения: 20.01.2013).
58. Гайдамака, И. И. Физическая характеристика и механизм действия ультразвука. [Электронный ресурс]/Сайт медиков-

радиобиологов. URL: <http://smham.ucoz.ru/publ/2-1-0-55> (дата обращения: 05.05.2009).

59. Бакланов, А. Н., Чмиленко, Ф. А. Сонолومинисценция в химическом анализе (Обзор) [Электронный ресурс] // Методы и объекты химического анализа. 2006 г. т.1, №2. с.105-107.

URL: http://www.pbuv.gov.ua/portal/chem_bio/mosa/2006_2008/rdf/01022006-105.pdf (дата обращения: 11.04.2011).

60. Евстратова Е.С. Синергизм и восстановление клеток после комбинированного действия химических агентов с ионизирующим излучением или гипертермией, 2015 г. стр. 53-56

61. Радионуклидное загрязнение окружающей среды и здоровье населения / Под ред. И. Я. Василенко, Л. А. Будлакова, - М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2004. - 400 с.

62. М.М.Филимонов Радиобиология (конспект лекций), 2008 г. стр. 206.

63. Гуляков И.Н., Кудряшева А.Г., Москалёв А.А. Радиобиология с основами радиозоологии: Учебное пособие. Сыктывкар: Изд-во СыКТУ, 2015 г., 512 с.

64. Яромненко С.П. Радиобиология человека и животных, М., Высшая школа 1988 г. - 424 с.

65. Бак З. Защитное действие аминов и, в частности, цистаминна против рентгеновскихлучей. Радиобиология: Основные черты действия излучений на живые организмы-М.: Иностранная литература, 1955, с. 481-491.

66. Тимофеев-Рессовский Н.В., Савич А.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию, 1981 г., с. 249 - 251

67. Химия гетероциклических соединений. - 2012 г. - № 10. - с. 1689-1690

68. О.М. Храменкова Основы радиобиологии, - Гомель: УО «ГТУ им. Ф. Скоринь», 2003. - 238 с.

69. Василенко О.И. Радиационная экология / О.И. Василенко. - М.: Медицина, 2004. - 216 с.

70. Бэттогт, Джим. Энвиронмент // Тайная история атомной бомбы. — М.: Эксмо, 2011 г.- 640 с.

71. Гуляков А.В. Радиозоология: тексты лекций/А.В. Гуляков; Республика Беларусь, Гомель: ГТУ им. Ф. Скоринь, 2010 г. - 67 с.

Internet saylar:

- | | |
|--|--|
| 1. http://studopedia.pl . | 8. http://gsu.by |
| 2. https://www.booksite.ru | 9. http://profbesekmap.narod.ru |
| 3. https://ru.wikipedia.org . | 10. https://teacode.com |
| 4. https://www.portal-slovo.ru | 11. https://e.lanbook.com |
| 5. http://www.iscu.bsu.by | 12. https://elbratu.ru |
| 6. https://www.dissertat.com | 13. http://www.festm.ru |
| 7. https://www.researchgate.net | 14. https://books.google.co.uz |

MUNDARIJA

Kirish	4	3.5.2. Hujayraning interfaza halokati modifikatsiyasi.....	85
Radiobiologiyaning rivojlanish tarixi.....	6	3.5.3. Hujayraning reproduktiv halokati.....	86
I bob. Ionlantiruvchi nurlar va ularning fizikaviy xossalari	22	3.5.4. Hujayraning interfaza halokati.....	87
1.1. Elektromagnit nurlar.....	24	3.6. Hujayraning subletal va potensial letal zararlantirishlari.....	90
1.2. Korpuskulyar nurlar.....	27	3.7. Hujayralarning subletal zararlantirishlardan qayta tiklanishi	92
1.3. Rengen va gamma nurlarining yutilishi.....	36	Hujayraning potensial letal zararlantirishlardan qayta	
1.4. Ionlantiruvchi nur dozalari va doza o'ldiruvchiliklari.....	43	tiklanishi.....	93
1.5. Energiyaning chiziqli uzatilishi va nisbiy biologik effektivlik	47	3.9. Hujayraning nurdan zararlantirishdan keyingi tiklanishi.....	96
II bob. Ionlantiruvchi nurlarning molekula ta'siri. Radiatsion		3.10. Reparatatsiyaning molekulyar mexanizmi.....	98
effektini miqdoriy baholash	50	3.11. Tegish, nishon va kuchaytirish prinsiplari.....	102
2.1. Radiatsiyaning suv molekulasiga bevosita ta'siri. Suv	53	3.12. Chiziqli – kvadrat funksiyasi va stoxastik konsepsiya.....	108
radiolizi.....		3.13. Kislorod effekti.....	112
2.2. Erigan organik molekularning suv radiolizi mahsulotlari	58	3.14. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'sirini izohlashga	
bilan ta'sirlashuvi.....		qaratilgan ba'zi bir gipotezalar.....	116
2.3. Organik modda radikallarining turg'un mahsulotlar hosil	60	3.14.1. gipotezasi.....	116
bo'lishiga olib keluvchi reaksiyalarning turlari.....		3.14.2. Strukturaliy – metabolitik gipoteza.....	118
2.4. Suvli erimatlardagi molekularning nurdan zararlantirish	63	IV bob. Ionlantiruvchi nurlarning normal to'qima va	
modifikatsiyalari.....		organlarga ta'siri	123
2.5. Suvli erimatlardagi makromolekulalar inaktivatsiyasi va	65	4.1. Ilik sindromi.....	124
strukturaliy bog'lanish o'rtasidagi bog'lanish.....		4.2. Ichak sindromi.....	127
2.5.1. Ionlovchi nurlarning fermentlarga ta'siri.....	65	4.3. Serebral sindrom.....	128
2.5.2. Ionlovchi nurlarning nuklein kislotalarga ta'siri.....	66	4.4. Maxsus organ va to'qimalar radiosezgiriligi hamda nurlantirish	
2.5.3. Ionlovchi nurlarning oksidlangan ta'siri.....	68	jarayonlari. Kritik organlar.....	130
2.5.4. Ionlovchi nurlarning lipidlarga ta'siri.....	68	V bob. Ionlantiruvchi nurlarning yaxlit organizmga ta'siri	138
2.6. Radiobiologik effektini miqdoriy baholash.....	69	5.1. Tirik organizmlarning ionlovchi radiatsiyaga sezgiriligi.....	138
III bob. Hujayralarning nurlantirishga sezgiriligi	73	5.2. O'tkir va surunkali nur xastaligi.....	145
3.1. Hujayra siklining turli fazalarida nurga sezgirilik.....	73	5.3. Ionlantiruvchi nurlantirishning immunitetga ta'siri.....	150
3.2. Tez bo'linuvchi hujayralar.....	75	5.4. Ultratovushning organizmga ta'siri (UZT).....	154
3.3. Bo'linmaydigan va sekin bo'linadigan hujayralar.....	76	VI bob. Radiatsion zararlantirishdan so'ng organizmda	
Xromosoma aberratsiyasi – hujayraning nurdan zararlantirish		kechadigan tiklanish jarayonlari	160
mezonlari.....	77	6.1. Postradiatsion zararlantirish va uni baholash.....	160
3.5. Hujayraning nurdan zararlantirish modifikatsiyasi.....	83	Nurdan zararlantirish odam organizmida uzoq vaqtdan so'ng	
3.5.1. Reprodukativ halokat modifikatsiyasi.....	84	to'y beradigan asoratlari.....	161

6.3. Nurlanishga qarshi organizmning biologik kurashi.....	163
6.4. Ionlantiruvchi radiatsiyaning tabiiy foni.....	166
VII bob. Xavfli o'smalarning paydo bo'lishida radiatsiyaning ta'siri.....	170
7.1. Radionuklidlarning organizmga kirish yo'llari.....	170
7.2. Inkorporlangan radionuklidlarning organizmida tarqalishi...	177
Ilovalar.....	185
Ionlantiruvchi nurlar biologiyasi (radiobiologiya) fanidan glossariy (o'zbek, rus, ingliz tillarida).....	190
Testlar.....	228
Foydalanilgan adabiyotlar.....	262

G.I. Muxamedov, P. Mirxamidova,
D.S. To'ychieva, D.B. Bobxonova, M.A. Isabekova

IONLANTIRUVCHI NURLAR BIOLOGIYASI (RADIOBIOLOGIYA)

(Oliy ta'lim muassasalari tabiiy fanlar yo'nalishlari
talabalari uchun darslik)

“Nodirabegim” nashriyoti

Nashriyot litsenziyasi AI № 313.24.11.2017 y.

Bosishga ruxsat etildi: 25.01.2021.

“Times New Roman” garniturasida. Qog'oz bichimi: 60x84 1/16

Nashriyot bosma tabog'i 16,9. Adadi 100 nusxa.

100129, Toshkent shahri, Shayxontohur tumani,

Navoiy ko'chasi, 30-uy.

OOO “AKTIV PRINT” bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent, Chilonzor 25, Latifiy 1A.