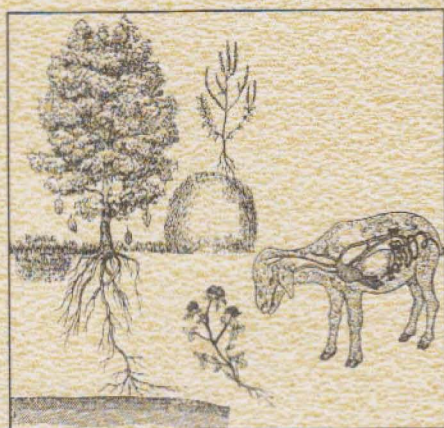


Լ.Գ. ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ

ՈՒԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ
ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐ



ԵՐԵՎԱՆ 2010

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԱԳՐԱՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Լ.Գ. Թադևոսյան

ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐ

ԴԱՍԱԳԻՐՔ

ԵՐԵՎԱՆ
ՀՊԱՀ
2010

ՀՏԴ 577.34(075.8)
ՊՄԴ 28.071 y73
Թ 141

Երաշխավորված է տպագրության Հայաստանի պետական
ագրարային համալսարանի գիտական խորհրդի կողմից:

**Մասնագիտական խմբագիր՝
խմբագիր՝
Գրախոսներ՝**

անասն. գ.դ., Մ.Ս. Գրիգորյան
Ս.Ռ. Պետրոսյան

Ս.Ս. Մինասյան	ԵՊՀ Կենսաբանության ֆակուլտետի Տ. Մուշեղյանի անվան մարդու և կենդանիների ֆիզիոլոգիայի ամբիոնի վարիչ, Կ.գ.դ., պրոֆեսոր
Ս.Յ. Խաչատրյան	ՀՀ Պաթոֆիզիոլոգիայի ընկերության նախագահ, գի- տության վաստակավոր գործիչ, Բ.գ.դ., պրոֆեսոր
Ա.Վ. Մանասյան	ՀՊԱՀ-ի Անասնաբուժական բժշկագիտության և անասնաբուժության ֆակուլտետի թերապիայի ամբիոնի վարիչ, անբուժ.գ.դ., պրոֆեսոր

Թաղևոսյան Լ.Գ.

Թ 141 Ռադիոկենսաբանության հիմունքներ: Դասգիրք/ Լ.Գ. Թաղևոսյան;
Մասն. խմբ.՝ Մ.Ս. Գրիգորյան. – Եր.: ՀՊԱՀ, 2010. –304 էջ:

Դասագրքում քննարկվում են «Ռադիոկենսաբանություն» առարկայի խնդիրները, ֆիզիկական հիմունքները, դոզաչափումը և ճառագայթաչափումը, իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմները, դրանց ազդեցությունը բջջի վրա, կենդանիների և բույսերի ճառագայթազգայունությունը, ռադիոակտիվ նյութերի թունաբանությունը, առավել վտանգավոր ռադիոնուկլիդների մետաբոլիզմը: Առանձին գլխում նկարագրված են կենդանիների բոլոր տեսակի ճառագայթահարումները, դրանց բուժումը, կանխարգելումը և հետևանքները, իոնացնող ճառագայթների ու ռադիոնուկլիդների ազդեցությունը ժառանգականության, մուտագենեզի վրա և դրանց օգտագործումը գյուղատնտեսության տարբեր ոլորտներում: Քննարկվում է ճառագայթաչափական և ճառագայթաքիմիական փորձաքննությունը անասնաբուժության և գյուղատնտեսության հսկողության օբյեկտներում, ճառագայթային անվտանգության հիմունքները, ռադիոակտիվ նյութերով աշխատանքի պաշտպանության միջոցները:

Դասագիրքը նախատեսված է ագրարային ուսումնական հաստատությունների ուսանողների, ասպիրանտների, անասնաբուժական, ագրոէկոլոգիական և ռադիոլոգիական ծառայությունների աշխատակիցների, ինչպես նաև համալսարանների կենսաբանական և բժշկական ֆակուլտետների ուսանողների համար:

ISBN 978-9939-54-302-4

ՀՏԴ 577.34(075.8)
ՊՄԴ 28.071 y73

© Լ.Գ. Թաղևոսյան, 2010թ.

© Հայաստանի պետական ագրարային համալսարան, 2010թ.

Ն Ա Խ Ա Ք Ա Ն

Իոնացնող ճառագայթների բարձր էներգիայի վնասակար ազդեցության հիմնախնդիրը նոր չէ, սակայն ներկայումս միջուկային էներգիայի օգտագործումը ռազմական և խաղաղ նպատակներով՝ ժողովրդական տնտեսության, գիտության, բժշկության և գյուղատնտեսության ոլորտներում, այն առավել արդիական դարձրեց:

Միջուկային զենքի փորձարկումների և ռադիոակտիվ հումք օգտագործող ձեռնարկություններում տեխնածին աղետների հետևանքով այսօր մեծացել է համապատասխան մասնագետների պատրաստման անհրաժեշտությունը: Ծառագայթման պայմաններում անհրաժեշտ է սիստեմատիկորեն կազմակերպել ռադիոլոգիական միջոցառումներ, ինչպես նաև իրականացնել ռադիոէկոլոգիական մոնիտորինգ:

«Ռադիոկենսաբանության հիմունքները» հայերեն լեզվով գրված առաջին դասագիրքն է՝ կազմված ժամանակակից կենսաբանական, բժշկագիտական և գյուղատնտեսական գիտությունների զարգացման մակարդակին և գործող ծրագրի պահանջներին համապատասխան:

Հեղինակը մեծ տեղ է հատկացրել ռադիոակտիվ ճառագայթների և ռադիոնուկլիդների կենսաբանական ու կենսաֆիզիկական ասպեկտներին, ընդհանրացրել և համակարգել է ռադիոէկոլոգիային, ճառագայթաթունաբանությանը և տարբեր տեսակի ճառագայթահարումներին վերաբերող հարուստ նյութեր:

Դասագրքում մանրամասն ներկայացված են ռադիոակտիվ տեղումներից առաջացած աղտոտվածությունները և կենդանական օբյեկտների վարակումը ռադիոակտիվ նյութերով, անասնաբուժության կազմակերպումը վարակման պայմաններում, անասնապահական արտադրանքի օգտագործման ուղիները և այլն:

Հարկ ենք համարում նշել, որ «Ռադիոկենսաբանություն» առարկան առաջին անգամ դասավանդվել է 1970 թ. Երևանի անասնաբուժական-անասնաբուժական ինստիտուտի ֆիզիոլոգիայի և ախտաբանական ֆիզիոլոգիայի ամբիոնում՝ անասնաբուժական ֆակուլտետի ուսանողների համար, և մինչ օրս էլ դասավանդվում է ագրարային համալսարանի նույն ամբիոնում՝ այսօր արդեն նաև այլ ֆակուլտետների ուսանողների և մագիստրանտների համար: Ամբիոնի դասախոսները կազմել են մի շարք ուսումնամեթոդական ցուցումներ և ձեռնարկ, սակայն դասագիրքը գրվել է առաջին անգամ:

Կարծում ենք, որ դասագիրքը մեծ պահանջարկ կունենա ուսանողների և մասնագետների կողմից:

«Ռադիոկենսաբանության հիմունքները» ծավալուն աշխատություն է և կնպաստի առարկայի խորը ուսումնասիրմանը:

Գիտությունների վաստակավոր գործիչ,
Հայաստանի գյուղատնտեսական գիտությունների
ակադեմիայի ակադեմիկոս, անասն. գիտ. դոկտոր,
պրոֆեսոր՝ **Մ.Ս. Գրիգորյան**

Չեղինակի կողմից



Ռադիոկենսաբանությունը որպես գիտություն ձևավորվել է 20-րդ դարի առաջին կեսին, որը նշանավորվել է որպես ատոմային, տիեզերագնացության և կենսաբանության դար:

Այդ ընթացքում ռադիոկենսաբանությունը զարգացավ և գրավեց իր ուրույն տեղը, իսկ այս բնագավառում կատարված գիտական նվաճումները լայնորեն կիրառվում են ժամանակակից տնտեսության, տեխնիկայի և բժշկության տարբեր ոլորտներում:

Ի՞նչն է անհանգստացնում ռադիոկենսաբաններին 21-րդ դարում, ի՞նչ պրոբլեմներ են դրված մասնագետների առջև այսօր:

Հայտնի է, որ կյանքն իսկզբանե զարգացել է մշտական ճառագայթային ֆոնի պայմաններում: Հանրահայտ ակադեմիկոս Վ.Ի. Վերնադսկին՝ կենսոլորտի ուսմունքի հիմնադիրը, գրել է. «Մեր շուրջը, մեր մեջ, ամենուրեք, անդադար, անվերջ փոփոխվելով, գալիս են ճառագայթների ալիքներ» (Биосфера. - М., 1926):

Ընդհանուր ռադիոկենսաբանության հետ զարգացան և մասնատվեցին մոլեկուլային, բջջային, տիեզերական ռադիոկենսաբանությունը, ճառագայթային գենետիկան, ռադիոէկոլոգիան: 1970 թվականից աշխարհի տարբեր պետություններում սկսեցին կառուցվել ատոմակայաններ, իսկ միջազգային գիտաժողովներից մեկում որոշվեց, որ մինչև 2010 թ. ատոմային էներգիան պետք է կազմի աշխարհի էներգակիրների 25 %: Այդ որոշումը ռադիոկենսաբանների առջև դրեց նոր խնդիրներ. վնասակա՞ր է, թե՞ անվնաս ատոմային էներգետիկայի նման զարգացումը մարդու և ողջ կենսոլորտի համար, քանի որ ատկների ռեակտորներում, բացի էներգիայից, անջատվում են նաև մեծ քանակությամբ տրոհման ռադիոակտիվ նյութեր:

Անհանգստացնում է միջուկային զենքի շարունակական ստեղծումը և կատարելագործումը, ճառագայթային էներգիայի ինտենսիվ օգտագործումը տարբեր բնագավառներում: Մարդու տեխնածին գործունեության արդյունքում տարեցտարի բազմապատկվում են ճառագայթման արհեստական աղբյուրները: Խոշոր հեռուստակայանները, ռադիոլոկացիոն սարքերը, բարձր լարվածության էլեկտրահաղորդիչ լարերն իրենց մոտակա տարածքներում ստեղծում են հզոր ճառա-

գաթային դաշտ: Դա անշուշտ խախտում է էկոլոգիական հավասարակշռությունը, վնասում է բույսերի, կենդանիների, մարդու սննդային շղթան՝ առաջացնելով ճառագայթային ախտահարումներ, կենսոլորտի աղտոտում, ինչն էլ էկոլոգիական օղակներով ազդում է կենդանական աշխարհի կայունության վրա:

Այսօր ռադիոկենսաբանների առջև դրված են նոր խնդիրներ՝ գիտականորեն հիմնավորել և մշակել ժամանակակից ճառագայթապաշտպանության, ճառագայթային ախտորոշման և կանխարգելման, կանխատեսման մեթոդներ, միջոցներ ու սարքեր՝ ճառագայթների ազդեցությունը բոլոր տեսակի կենսաբանական օբյեկտների վրա ուսումնասիրելու նպատակով, ստեղծել նոր սերնդի պրոտեկտորներ, բուժիչ նյութեր:

Ագրարային ոլորտի մասնագետները՝ անասնաբույժները, անասնաբույժները, անասնաբուժասանիտարական փորձաքննության, ագրոէկոլոգիայի, կենսաանվտանգության, կենսատեխնոլոգիայի և այլ բնագավառի աշխատակիցները պետք է ուսումնասիրեն ռադիոկենսաբանության հիմունքները, որպեսզի որակյալ և պատշաճ ձևով հսկեն ու կատարեն արտերկրներից և տեղական վայրերից ներկրված սննդամթերքի ու տնտեսական ապրանքների մոնիտորինգ: Իսկ անասնաբույժները պետք է կարողանան հատուկ համալիր միջոցառումներ անցկացնել ճառագայթային վթարների ժամանակ, ինչպես նաև կանխատեսել օրգանիզմի վրա ճառագայթների հեռավոր ազդեցություններն ու հետևանքները:

Կարևոր է նաև վնասատու միջատների ու կենդանիների դեմ պայքարի, դաշտերի ու ֆերմաների ճառագայթային ախտահանման, սելեկցիայում, սննդամթերքի, կենսաբանական և դեղաբանական պատրաստուկների, վիրաբուժական նյութերի վարակազերծման, մանրէազերծման, պահածոյացման և այլ նպատակներով ռադիոիզոտոպների օգտագործման ճառագայթակենսաբանական տեխնոլոգիաների ճիշտ կիրառման իմացությունը:

Սույն դասագրքում, որը նախատեսված է ագրարային ուսումնական հաստատություններում սովորող ուսանողների համար, շարադրված են իոնացնող ճառագայթների ֆիզիկաքիմիական և կենսաբանական առանձնահատկությունները, դրանց ազդեցությունը օրգանիզմի բջիջների և օրգան-համակարգերի, այդ թվում՝ նաև իմունային համակարգի և ժառանգականության վրա: Առանձին գլուխներում մանրամասն ներկայացված են ռադիոէկոլոգիայի հիմունքները, ռադիոնուկլիդների թունաբանությունը և առավել վտանգավոր իզոտոպների մետաբոլիզմը, անասնաբուժական միջոցառումների կազմակերպումը միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության պայմաններում, ճառա-

գայթափյին ախտահարումները, դրանց ախտածնությունը, կլինիկական նշանները, ախտորոշումը, բուժումը և կանխարգելումը տարբեր տեսակի գյուղկենդանիների մոտ: Վերջին գլխում քննարկվում են գյուղատնտեսության և անասնաբուժության հսկողության օբյեկտների ճառագայթաքննության հայտնի մեթոդները, ճառագայթների հետ աշխատելու անվտանգության կանոնները:

Դասագրքում բերված են բազմաթիվ նկարներ, աղյուսակներ, գծապատկերներ, որոնք կարող են նպաստել ուսուցանվող նյութի յուրացմանն ու տեսողական հիշողության ամրապնդմանը:

Դասագիրքը կարող է օգտակար լինել ագրարային համալսարանի ուսանողների, մագիստրանտների, ասպիրանտների, անասնաբուժական, ագրոէկոլոգիական և ռադիոէկոլոգիական ծառայությունների աշխատողների, ինպես նաև կենսաբանական և բժշկական ֆակուլտետների ուսանողների համար:

Հույս ենք հայտնում, որ մեր կողմից ներկայացված ժամանակակից տվյալներով հարուստ դասագիրքը կծառայի իր նպատակին, իսկ դիտողությունները և խորհուրդները հաշվի կառնվեն մեր հետագա աշխատանքներում:

Կենսաբանական գիտ. դոկտոր,
պրոֆեսոր՝ ***Լ.Գ. Թադևոսյան***

Հապավումներ

- ԱԵՖ - ադենոզինեռֆոսֆորաթթու
Բք - Բեքերել՝ ռադիոակտիվության միավոր (տրոհ/վրկ)
Գր - Գրեյ, 1 Գր = 100 ռադ կլանված դոզա
ԴՆԹ - դեզօքսիռիբոնուկլեինաթթու
Զվ - Զիվերտ՝ համարժեքային դոզա, 1 Զվ = 100 ռադ
Կի - Կյուրի՝ ռադիոակտիվության միավոր ($3,7 \cdot 10^{10}$ տրոհ/վրկ)
ԿԷՎ - կիլոէլեկտրոնվոլտ
ՀԿԱ - հարաբերական կենսաբանական արդյունավետություն
ՄԷՎ - մեգաէլեկտրոնվոլտ
ՄԴ (ԼԴ) - մահացու (լետալ) դոզա
ՈԳ - որակի գործակից
Ռ - ռենտգեն
ՍԹԴ - սահմանային թույլատրելի դոզա
ՏՄԴ - ճառագայթահարման տարեկան միջին դոզա
Պա - պասկալ
A - ռադիոակտիվ պատրաստուկի ակտիվություն
D_{նադ} - յուրաքանչյուր տեսակի իոնացնող ճառագայթների կլանված դոզա
E - էներգիա
K_γ - գամմա-հաստատուն
N - ռադիոակտիվ միջուկների քանակը (ակտիվություն)
P - ճառագայթման հզորություն
T - կիսատրոհման պարբերություն

ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

**ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԱՌԱՐԿԱՆ, ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ
ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ**

Ռադիոկենսաբանությունը (ճառագայթակենսաբանություն, լատիներիեն՝ radius՝ ճառագայթ, biology՝ կենսաբանություն) գիտություն է իոնացնող ճառագայթների առաջացման և առանձնահատկությունների, դրանց հայտնաբերման, չափման, կենսաբանական ազդեցության և դրանցից պաշտպանվելու մեթոդների ու միջոցների մասին:

Ռադիոկենսաբանությունն ուսումնասիրում է բոլոր տեսակի իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը կենդանի օրգանիզմի և համակեցությունների վրա: Դրա հիմնական խնդիրն է պարզաբանել իոնացնող ճառագայթների ազդեցության մեխանիզմներն ու օրինաչափությունները և ստացված տվյալների հիման վրա առաջարկել օրգանիզմը ճառագայթային ռեակցիաներով կառավարելու ուղիներ ու մեթոդներ: Մյուս կողմից, քանի որ կենսոլորտի բոլոր կենսաբանական օբյեկտները բնական միջավայրում ենթարկվում են ճառագայթման, ապա վերջինս, որպես գործիք, կարող է կիրառվել օրգանական աշխարհի ռեակցիաներն ու արտահայտումներն ուսումնասիրելու համար:

Այն զբաղվում է պաշտպանիչ ու կանխարգելիչ միջոցների հայտնաբերման և անվտանգության եղանակների մշակման հարցերով:

Ռադիոկենսաբանությունն ուսումնասիրում, ինչպես նաև կանխատեսում է ճառագայթահարման և հետճառագայթահարման պրոցեսները, երբ մարդը կամ կենդանին գտնվում է ճառագայթման բարձր վտանգի պայմաններում, ինչպես նաև հայտնաբերում և մշակում է իոնացնող ճառագայթների նպատակային օգտագործման նոր ուղիներ բժշկության, անասնաբուժության, մանրէակենսաբանության, սննդի արդյունաբերության և այլ ոլորտներում:

Բժշկական ռադիոլոգիան ուսումնասիրում է մարդու օրգանիզմի վրա իոնացնող ճառագայթների ազդեցության մեխանիզմները, ճառագայթային հիվանդությունը և հետճառագայթային վերականգնման ուղիները, ինչպես նաև դրանց կիրառումը տարբեր հիվանդությունների ախտորոշման (ռենտգենադիտություն, ռենտգենագրություն) և բուժման նպատակներով:

Անասնաբուժական ռադիոլոգիան ուսումնասիրում է ճառագայթման կենսաբանական ազդեցության էֆեկտները և պարզաբանում գյուղատնտեսական կենդանիների օրգանիզմում դրա հետևանքով առաջացող ախտաբանական պրոցեսների առանձնահատկությունները: Ստացված տվյալների հիման վրա մշակվում են անասնաբուժական վերահսկողության օբյեկտների ճառագայթային փորձաքննության մեթոդներ, որոշվում են անասնաբուժության և գյուղատնտեսության մեջ ատոմային էներգիայի օգտագործման հնարավորությունները: Մասնավորապես՝ ռադիոնուկլիդների և իոնացնող ճառագայթների ռադիոկենսաբանական էֆեկտների հիման վրա մշակվել են կիրառական հարցեր, օրինակ՝ ճառագայթային կենսաբանական տեխնոլոգիան (ԳԿՏ) անասնաբուժության, անասնաբուծության, գյուղատնտեսության և այլ բնագավառներում:

Ժամանակակից ճառագայթահետազոտման մեթոդների (ճառագայթահիդրոկալցիոն մեթոդ, ինքնաճառագայթագրառում, ճառագայթահիմնաբանական անալիզ) կիրառումը հնարավորություն է տալիս հետազոտել կենդանիներին և դրանց տարբեր օրգան-համակարգերի ու հյուսվածքների ֆունկցիոնալ վիճակը:

Անասնաբուժական ռադիոլոգիայի կարևոր ճյուղերից է **«Ռադիացիոն հիզդենա և փորձաքննություն»** բաժինը, որի նպատակն է պաշտպանել կենդանիներին ռադիոակտիվ ճառագայթումից, յուրացնել ռադիոհիզդենայի կանոնները (ռադիացիայի անվտանգության օրենքները մշակված են Միջազգային ռադիացիոն հանձնաժողովի կողմից), ինչպես նաև կատարել բանջարեղենի, մսի, կաթի, ջրամբարների և այլ օբյեկտների փորձաքննություն:

Հատուկ տեղ է գրավում **ռադիոէկոլոգիա** բաժինը, որն ուսումնասիրում է ռադիոակտիվ նյութերի կուտակումն օրգանիզմում և տարածումը (միգրացիա) կենսոլորտում:

Ռադիոկենսաբանությունը փորձարարական գիտություն է, այսինքն՝ յուրաքանչյուր դիտման հիմքում ընկած է փորձը: Փորձարարական մեթոդը կիրառվում է սուր և քրոնիկ փորձերի, ինչպես նաև մոդելավորման եղանակով: Այսպես՝ բուսական և կենդանական ծագում ունեցող օբյեկտների վրա կատարված մոդելային փորձերի արդյունքում բազմաթիվ տվյալներ են ստացվել ճառագայթների մուտագենեզի (ժառանգականության փոփոխություններ) վերաբերյալ, որոնց ուսումնասիրությամբ զբաղվում է **ռադիացիոն գենետիկան**: Սակայն ռադիոկենսաբանությունը դուրս է գալիս փորձարարական գիտության շրջանակնե-

Ներկայումս ակտիվորեն զարգանում են ռադիոկենսաբանության այնպիսի ճյուղեր, ինչպիսիք են տիեզերական ռադիոկենսաբանությունը, ճառագայթային էկոլոգիան (ռադիոէկոլոգիա), ճառագայթային գենետիկան (ռադիոգենետիկա), ճառագայթային սելեկցիան, ճառագայթային մանրէակենսաբանությունը և անասնաբուժական ճառագայթաչափումը:

Ռադիոէկոլոգիական ծառայությունը կազմակերպում է ռադիոէկոլոգիական մոնիտորինգ՝ հաշվի առնելով ռադիոնուկլիդների տարածման օրինաչափությունները և կուտակումը հատկապես այն վայրերում, որտեղ հայտնաբերվել են դրանց մեծ քանակություններ: Ստացված տվյալներն անհրաժեշտ են հատկապես անասնապահության կազմակերպման գործում:

Գյուղատնտեսության բնագավառի մասնագետների համար ռադիոկենսաբանության նշված խնդիրների իմացությունը կարևոր է ճառագայթավտանգ իրադրության տարբեր պայմաններում անհրաժեշտ միջոցառումների իրականացման համար:

Այսպիսով՝ ռադիոկենսաբանությունն արագ զարգացող և հեռանդկարային գիտություն է, որի նվաճումները լայնորեն կիրառվում են ժողովրդական տնտեսության տարբեր ոլորտներում: Ուստի այն պետք է ընդգրկվի ինչպես ընդհանուր կրթական համակարգում, այնպես էլ անասնաբուժական մասնագիտական կրթության և ողջ ագրարային համակարգում:

ՈՐԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԱՍՆՈՒՑ ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ռադիոկենսաբանությունը 20-րդ դարի գիտություն է, որը ծագել է 19-րդ դարի վերջին հինգ տարիներին կատարված նշանավոր հայտնագործությունների արդյունքում:

1895 թ. Վիլհելմ Կոնրադ Ռենտգենը (1845-1923 թթ.), ուսումնասիրելով բարձր էլեկտրական հոսանքի անցումը նոսր գազի միջով, անսպասելիորեն հայտնաբերեց, որ անտեսանելի ճառագայթների ազդեցությամբ բարիումի պլատինե ցիանիտային բարակ շերտով պատված սովարաթղթե էկրանը ճառագայթում է դեղնականաչավուն լույսով: Այն շարունակում է ճառագայթել՝ նույնիսկ, երբ էկրանի և խողովակի միջև տեղադրվում է սովորական սովարաթուղթ, գիրք կամ փայտե տախտակ: Նա մի քանի շաբաթ շարունակեց փորձերը, նկարագրեց իր



Նկ. 1. Վ.Կ. Ռենտգեն:

հայտնաբերած նոր ճառագայթների հատկությունները: Այդ ճառագայթները հետագայում կոչվեցին նրա անունով՝ ռենտգենյան ճառագայթներ: Վ. Ռենտգենը (Նկ.1), մանրամասնորեն ուսումնասիրելով այդ ճառագայթների հատկությունները, պարզեց, որ դրանք տարբեր մարմինների և առարկաների միջով թափանցելու յուրահատուկ հատկություն ունեն, ինչը բնորոշ չէ տեսանելի լույսին: Ռենտգենյան ճառագայթները, անցնելով հետազոտվող օբյեկտի միջով, ժապավենի ֆլուորեսցենտային էկրանի կամ էլեկտրոնային խողովակի էկրանի վրա թողնում են ստվերային պատկեր: Այդ հատկության շնորհիվ դրանք լայն կիրառություն են գտել բժշկության, անասնաբուժության, գիտության և տեխնիկայի

տարբեր բնագավառներում: Ռենտգենոլոգիական մեթոդի կիրառումը բժշկության ոլորտում հնարավորություն տվեց ուսումնասիրել մարդու և կենդանիների օրգանների կառուցվածքն ու վիճակը՝ առանց հերձման:

Ռենտգենյան ճառագայթների վնասակար ազդեցությունն առաջին անգամ հայտնաբերվեց 1896 թ., ռենտգենաբան-բժիշկների և ռենտգենյան խողովակներ արտադրող գործարանների բանվորների մոտ: Այդ մարդկանց մաշկի (հատկապես՝ ձեռքերի) վրա առաջանում էին խոցեր, դերմատիտներ: Թվում էր, թե ճառագայթներն ազդում են միայն մարմնի մակերեսի վրա: Սակայն հետագայում տարբեր փոփոխություններ հայտնաբերվեցին նաև ներքին օրգաններում, և սկսեցին լուրջ հետազոտություններ կատարվել այդ ուղղությամբ:

1901 թ. Վ. Ռենտգենը դարձավ Նոբելյան մրցանակի աշխարհի առաջին դափնեկիրը:

Ռենտգենյան ճառագայթների հայտնագործումը կարևոր նշանակություն ունեցավ ատոմի և նյութի կառուցվածքի ուսումնասիրության համար: 1896 թ. ֆրանսիացի ֆիզիկոս Անտուան Ամրի Բեքերելը (1852-1908 թթ.) հայտնաբերեց ուրանի և դրա միացությունների թափանցող

ճառագայթներ արձակելու հատկությունը՝ բնական ռադիոակտիվությունը:

Պիեր Կյուրին (1859-1906 թթ.) իր կնոջ՝ Մարիա Սկլադովսկայա-Կյուրիի (1867-1934 թթ.) հետ շարունակեցին ուսումնասիրել ռադիոակտիվության երևույթը: 1898 թ. նրանք անջատեցին բարձր իոնացնող ճառագայթմամբ օժտված երկու նոր ռադիոակտիվ տարրեր՝ պոլոնիումը և ռադիումը (Po^{84} և Ra^{86}), որոնք խառնուրդների ձևով պարունակվում են ուրանի հանքերում (ռադիում՝ լատիներեն *radius*՝ ճառագայթում բառից, պոլոնիում՝ ի պատիվ Մարիա Կյուրիի հայրենիք Լեհաստանի): Նրանք հայտնաբերեցին ռադիումի ճառագայթման բարդ բաղադրությունը և բարձր ջերմության ինքնաբերաբար անջատումը, ինչպես նաև հետազոտեցին ռադիումի ռադիոակտիվության կենսաբանական ազդեցությունը (նկ. 2):



Նկ. 2. Մարիա և Պիեր Կյուրիները լաբորատորիայում:

1903 թ. Ա. Բեքերելը, Մարիա և Պիեր Կյուրիներն արժանացան Նոբելյան մրցանակի՝ ֆիզիկայի բնագավառում:

1899 թ. Էռնեստ Ռեզերֆորդը (1871-1937 թթ.) հայտնաբերեց α - և β -ճառագայթները, իսկ Դեբիռնը և Գեզելը հայտնաբերեցին ակտինիումը:

Է. Ռեզերֆորդը 1900 թ. անջատեց թորիումի էմանացիան (թորոն), իսկ Դորնը՝ ռադիումի էմանացիան (ռադոն), որոնք զազանման տարրեր են՝ ստացված նույն տարրերի քայքայումից: Այդ նյութերը կոչվեցին ռադիոակտիվ, իսկ թափանցող ճառագայթներ արձակելու հատկությունը՝ ռադիոակտիվություն, ընդ որում՝ ռադիոակտիվության պրոցեսն ուղեկցվում էր մեծ քանակությամբ բարձր էներգիայի անջատմամբ: Պարզվեց նաև, որ ռադիոակտիվ նյութերը, իրենց թափանցող հատկության շնորհիվ, մեծ կենսաբանական ազդեցություն ունեն:

Ռադիոլոգիական հետազոտությունները և նոր տարրերի հայտնաբերումը շարունակվեցին տարբեր երկրներում: Առաջին հերթին անհրաժեշտ է նշել, որ Մարիա Կյուրիին հաջողվեց Փարիզում հիմնել Ռադիումի ինստիտուտը և ղեկավարել ռադիոակտիվության լաբորատորիայի աշխատանքները: Ինստիտուտում ստեղծվեց նաև ռադիոկենսաբանական հետազոտությունների լաբորատորիա և ռադիոթերապիայի բաժին, որտեղ ռադիոակտիվ պատրաստուկների միջոցով բուժում էին ուռուցքային և այլ հիվանդություններ: 1911 թ. Մ. Կյուրիին շնորհվեց երկրորդ Նոբելյան մրցանակը՝ քիմիայի բնագավառում. դա միակ դեպքն էր, երբ նույն գիտնականին երկու անգամ շնորհվում է Նոբելյան մրցանակ: 1914 թ. պատերազմի ժամանակ նա ստեղծեց 220 ռենտգենյան սարք, և իր դուստր Իռեն Կյուրիի հետ միասին նրանք շարժական ռենտգենյան սարքերով հետազոտեցին և բուժեցին հարյուրավոր ֆրանսիացի վիրավոր զինվորների:

1925 թ. Իռեն ժուլիո-Կյուրին (1897-1956 թթ.) հետազոտեց պոլոնիումի արձակած α -մասնիկները, շարունակեց ուսումնասիրել բնական ռադիոակտիվ տարրերը, իսկ հետագայում իր ամուսնու՝ Ֆրեդերիկ ժուլիո-Կյուրիի (1900-1958 թթ.) հետ միասին նրանք ուսումնասիրեցին արհեստական ռադիոակտիվության երևույթը և 1935 թ. արժանացան Նոբելյան մրցանակի: Այնուհետև նրանք ստացան ռադիոակտիվ նոր իզոտոպների շարք և բացահայտեցին պոզիտրոնային ռադիոակտիվության երևույթը:

Ֆրեդերիկ ժուլիո-Կյուրին ուսումնասիրեց α -մասնիկների և դեյտրոնների ազդեցությամբ ընթացող միջուկային ռեակցիաները: 1948 թ. նրա ղեկավարությամբ կառուցվել է ֆրանսիական առաջին ատոմային ռեակտորը: Անհրաժեշտ է նշել, որ 20-րդ դարի սկզբի դժվարին տարիներին հանրահայտ Կյուրիների ընտանիքը խոշորագույն հայտնագործություններ կատարեց միջուկային ֆիզիկայի, քիմիայի, ռադիոլոգիայի ասպարեզներում:

Ռադիոլոգիայի բնագավառում մեծ նվաճում էր նաև նեյտրոնի հայտնաբերումը իտալացի Էնրիկո Ֆերմիի կողմից: Նեյտրոնների միջոցով այդ տարիներին տարբեր պետություններում գիտնականներն արհեստական եղանակով ստացան զանազան քիմիական տարրերի 450 ռադիոակտիվ իզոտոպ, որոնք լայնորեն կիրառվում են գիտության և տեխնիկայի տարբեր ոլորտներում՝ հատկապես բժշկության ու գյուղատնտեսության մեջ:

Ռադիոակտիվության ուսումնասիրման բնագավառում կարևոր ավանդ են ներդրել նաև ռուս և հայ գիտնականները՝ Ի.Վ. Կուրչատովը, Դ.Վ. Սկոբելցիցին, Լ.Ա. Արցիմովիչը, Ալիխանյան եղբայրները, Բ.Ս. Ջելեպովը և ուրիշներ (նկ. 3):



Նկ. 3. Ֆրեդերիկ Ժուլիո-Կյուրին Մոսկվայում (1958 թ.): Չախից աջ՝ ադեմիկոսներ Ա.Ի. Ալիխանովը, Ի.Վ. Կուրչատովը, Լ.Ա. Արցիմովիչը և Ֆրեդերիկ Ժուլիո-Կյուրին:

Միջուկային ֆիզիկայի, տիեզերական ճառագայթների և տարրական մասնիկների ոլորտում իրենց ավանդն են ներդրել հայ անվանի գիտնականներ Ա.Ի. Ալիխանովը և Ա.Ի. Ալիխանյանը:

Աբրահամ Իսահակի Ալիխանովը (1904-1970 թթ.), աշխատելով ԽՍՀՄ ԳԱ Ֆիզիկատեխնիկական ինստիտուտում, իր գիտագործնական աշխատանքի սկզբնական շրջանում զբաղվել է ռենտգենյան ճառագայթների ֆիզիկայով, հետագոտել է ռադիոակտիվությունը և ռա-

դիտակտիվ ճառագայթումը: Եղբոր՝ Արտեմ Ալիխանյանի և Մ. Կոզա-դակի հետ հայտնաբերել և ուսումնասիրել է գրգռված միջուկներից է-լեկտրոն-պոզիտրոն զույգերի առաջացման երևույթը: 1940 թ. նա կազմակերպել է Էլբրուսի տիեզերական ճառագայթների հետազոտման առաջին արշավախումբը և ապացուցել է էլեկտրոնների ու ֆոտոնների՝ մասնիկների հեղեղներ առաջացնելու նույնությունը: 1942 թ. Ալիխանյան եղբայրները ստեղծեցին Արագածի տիեզերական ճառագայթների հետազոտման կայանը (3200 մ բարձրության վրա), որտեղ ուսումնասիրեցին տիեզերական ճառագայթները, տարրական նոր մասնիկների հեղեղները, տիեզերական նեյտրոնների ազդեցությունը, ատոմից արագ պրոտոններ անջատելու երևույթը և այլն: Ա.Ի. Ալիխանովը մասնակցել է առաջին միջուկային ռեակտորի ստեղծմանը, նախագծել 70 ԳԷՎ էներգիայով պրոտոնային արագացուցիչը: Այդ աշխատանքի համար նա ստացել է ԽՍՀՄ մրցանակներ:

Արտեմ Իսահակի Ալիխանյանը (1908-1978 թթ.) հանրահայտ ֆիզիկոսներ Ի. Կուրչատովի, Ա. Ալիխանովի, Լ. Արցիմովիչի և այլ խոշոր գիտնականների հետ միասին համարվում է փորձարարական միջուկային ֆիզիկայի հիմնադիրը: 1957 թ. Ա. Ալիխանյանի առաջարկությամբ և ղեկավարությամբ կառուցվեց աշխարհի ամենախոշոր էլեկտրոնային օղակավոր արագացուցիչը: Նա ղեկավարել է Մոսկվայի ինժեներաֆիզիկական ինստիտուտի միջուկային ֆիզիկայի ամբիոնը, ՍՄՀՄ ԳԱ Ֆիզիկայի ինստիտուտի միջուկային ֆիզիկայի լաբորատորիան, շուրջ 30 տարի Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի տնօրեն է եղել: Հայաստանում հիմնադրել է Արագածի և Նոր Խարբերդի լեռնային գիտական կայանները:

Ռադիոկենսաբանության զարգացման շրջանները: Ռադիոկենսաբանության զարգացումը կարելի է բաժանել երեք հիմնական շրջանների, որոնք պայմանավորված են կենսաբանական և տեխնիկական գիտությունների բնագավառում ձեռք բերված նվաճումներով:

Առաջին շրջանը կրում էր հիմնականում նկարագրական բնույթ, որովհետև գիտնականները նկարագրում էին ճառագայթների ազդեցությունը մարդու և կենդանիների օրգան-համակարգերի վրա՝ առանց խորը ուսումնասիրություններ կատարելու: Ամիրաժեշտ է նշել Թարխանովի (1898 թ.), Ալբերտս-Շոնբերգի (1903 թ.), Լոնդոնի (1903 թ.), Կորնիկեի (1905 թ.), Բերգոմեի և Տրիբոնդոյի (1906 թ.) և ուրիշների նկարագրություններն ու հետազոտությունները: Այսպես՝ ֆիզիոլոգ Ի.Ֆ. Թար-

խանովը առաջիններից մեկը հայտնաբերեց ռենտգենյան ճառագայթների ազդեցությունը գորտերի և միջատների օրգանիզմի տարբեր համակարգերի կենսական պրոցեսների վրա: Ալբերտս-Շոնբերգն առաջինը հայտնաբերեց, որ արական սեռական գեղձերի ճառագայթումը վնասում է ճագարների և ծովախոզուկների սեռական բջիջները:

1905 թ. Հալբերշտատները ճառագայթահարված կենդանիների մոտ ձվարանների ատրոֆիա նկատեց, իսկ Բրոուը և Օսգոուդը հայտնաբերեցին ազոսպերմիա և ամլություն երիտասարդ բանվորների մոտ, ովքեր երեք տարուց ավելի աշխատել էին ռենտգենյան խողովակներ արտադրող գործարանում:

1903 թ. ռուս փորձագետ Ե.Ս. Լոնդոնը հայտնաբերեց ռադիումի ճառագայթների ազդեցությամբ տեղի է ունենում մկների անկում, իսկ Ջեյնեկը, ճառագայթահարելով մկներին ռենտգենյան ճառագայթներով, առաջինը նկարագրեց արյունաստեղծ օրգանների ախտահարումները (փայծաղի ատրոֆիա, ոսկրածուծի, ավշային գեղձերի բջիջների փոփոխություններ), ճառագայթային սակավարյունությունը և լեյկոցիտների նվազումը:

1905 թ. Կորնիկեն ապացուցեց, որ իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ զգալիորեն թուլանում է բջիջների կիսման ռեակցիան:

Ֆրանսիացի հետազոտողներ Յ. Բերգոնյեն և Լ. Տրիբոնդոն պարզեցին, որ բջջի ճառագայթազգայունությունը կախված է բջջի կիսման ակտիվությունից և տևողությունից: Նրանք առաջարկեցին հետևյալ կանոնը՝ բջիջների զգայունությունը ճառագայթման նկատմամբ ուղիղ համեմատական է դրանց միտոտիկ ակտիվությանը և հակադարձ համեմատական է դրանց տարբերակման աստիճանին:

Երկրորդ՝ «քանակական» շրջանում կատարելագործվեցին դոզաչափման մեթոդները, և ռադիոկենսաբանության բնագավառում սկսեցին օգտագործվել քանակական մեթոդներ, մշակվեցին կենսաբանական ռեակցիաների գնահատման եղանակներ՝ հաշվի առնելով «դոզա-էֆեկտը»:

Կատարվեցին հետազոտություններ՝ նվիրված ճառագայթահարման ազդեցությանը սաղմնազարգացման, սեռական գեղձերի, օրգանիզմի աճի և զարգացման վրա: 1925 թ. Գ. Նադսոնը և Գ. Ֆիլիպովը բացահայտեցին ռենտգենյան ճառագայթների մուտագեն (ծագումնաբանական) ազդեցությունը սնկերի և խմորասնկերի վրա:

Ճառագայթային մուտագենեզի վերաբերյալ հետաքրքիր աշխատանքներ են կատարել Գ. Մյուլերը (1927 թ.) պտղաճանձների վրա և

Ե. Ստենդերը (1928 թ.) եգիպտացորենի վրա: Այդ հետազոտություններից հետո ձևավորվեց «ճառագայթային գենետիկա» ուղղությունը, որի հիմնախնդիրներով զբաղվում են աշխարհի տարբեր երկրներում:

Հայաստանում որոշ գյուղատնտեսական բույսերի և դեղաբույսերի ռադիոգենետիկական և ցիտոգենետիկական հետազոտություններ է կատարել Ալեքսանդր Արարատյանը (1897-1991 թթ.): Հայտնի ցիտոգենետիկ Գ.Ա. Լևիտսկու ղեկավարությամբ հետազոտվել է ռենտգենյան ճառագայթների ազդեցությունը ցորենի, խաղողի և մի շարք այլ բույսերի քրոմոսոմների վրա, նկարագրվել է ռենտգենամուտանտ բույսերի քրոմոսոմային խտորումները (շեղումներ): 1931 թ. նրանց կողմից հրատարակվեց «Քրոմոսոմների վերափոխումները ռենտգենյան ճառագայթների ազդեցության ներքո» աշխատությունը:

Երրորդ շրջանը ճառագայթահարումների կամխարգելման ու բուժման շրջանն է: Այդ շրջանում ռադիոկենսաբանությունը ձևավորվեց որպես ինքնուրույն գիտություն: Դա տեղի ունեցավ երկրորդ համաշխարհային պատերազմից (1939-1945 թթ.) հետո՝ միջուկային զենքի փորձարկումների և միջուկային ռադիոակտիվ վարակման արդյունքում, հատկապես ճապոնիայի Հիրոսիմա և Նագասակի քաղաքների ատոմային ռմբակոծությունների ժամանակ:

Ռադիոկենսաբանության մեջ առաջնակարգ նշանակություն ստացան կենդանական և բուսական օրգանիզմների ճառագայթումից առաջացած խորը փոփոխությունների (ճառագայթային հիվանդություն, այրվածքներ, ճառագայթահարման հետևանքներ՝ մուտացիաների և ուռուցքների առաջացում, իմունիտետի թուլացում, կյանքի տևողության կրճատում, ժառանգական և սեռական խանգարումներ) ուսումնասիրությունները:

Կարևոր նշանակություն ունեն Զ. Ֆրից-Նիզլիի (Շվեյցարիա), Յ. Միտչելի (Անգլիա), Զ. Շոնցի (Գերմանիա), Ֆ. Էլինգերի (Գերմանիա) և ուրիշների բազմակողմանի ռադիոկենսաբանական հետազոտությունները մարդու և կենդանիների վրա: Մշակվեցին ճառագայթաախտահարումների բուժման և կամխարգելման եղանակները, ինչպես նաև իոնացնող ճառագայթների օգտագործման ուղղությունները տնտեսության տարբեր ոլորտներում:

1940-1950 թվականներին ամուսիններ Ֆրեդերիկ Ժոլիո-Կյուրին և Իռեն Կյուրին ապացուցեցին ռադիոակտիվ նյութերի և ռադիոիզոտոպների արհեստական ստացման հնարավորությունը, բացահայտեցին ուրանի ճեղքումը և ատոմային միջուկի էներգիայի օգտագործումը բազ-

մաթիվ ոլորտներում:

Հատկապես բժշկական և անասնաբուժական ռադիոլոգիայի զարգացման գործում կարևոր հետազոտություններ են կատարել Ն. Տիմոֆեև-Ռիսովսկին, Բ. Աստաուրովը, Ա. Կուզինը, Պ. Գորիզոնտովը, Է. Գրանսկին, Ա. Բելովը, Գ. Վոկլենը, Վ. Կիրշինը (ՍՍՀՄ) և ուրիշներ:

Ներկայումս բազմաթիվ հիմնավոր աշխատանքներ կան տպագրված իոնացնող ճառագայթների և ռադիոնուկլիդների կենսաբանական ազդեցության վերաբերյալ, սակայն մինչև այժմ չկա ընդհանուր տեսություն, որը կարող է միասնականորեն բացատրել դրանց կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմն ու օրինաչափությունը: Հատկապես պարզված չէ իոնացնող ճառագայթների ընկճող ազդեցությունը իմունաձևության և ծերացման պրոցեսների վրա, պարզաբանված չէ դրանց քաղցկեղածին մեխանիզմը և այլն: Ուստի հետազոտությունները շարունակվում են նաև այսօր:

Հայաստանում բժշկական ռադիոլոգիայի զարգացումն սկսվեց 1926 թվականից՝ բժիշկ Բ.Ա. Ֆանարջյանի ղեկավարությամբ: 1946 թ. մինչ օրս գործում է ակադեմիկոս Բ.Ա. Ֆանարջյանի անվան ռենտգենաբանության և ուռուցքաբանության կենտրոնը, որտեղ կատարվում են ինչպես գիտական հետազոտություններ ախտորոշման ու ճառագայթային բուժման նոր մեթոդների մշակման և կիրառման ուղղությամբ, այնպես էլ հիվանդությունների ախտորոշում և բուժում:

Ներկայումս ռադիոլոգիական և ռադիոկենսաբանական հետազոտություններ են կատարվում առողջապահության ու գյուղատնտեսության նախարարությունների գիտահետազոտական ինստիտուտներում և բուհերում:

Այսպիսով՝ միջուկային էներգիայի կիրառումը նպաստում է մարդու, կենդանիների և բույսերի ճառագայթահարմանը: Ապացուցված է, որ բարձր էներգիայի ճառագայթումը ֆիզիկական փոխազդեցության մեջ է մտնում օրգանական նյութի հետ, ինչի հետևանքով նախ առաջանում է քիմիական էֆեկտ, այնուհետև կենսաքիմիական և, վերջապես, կենսաբանական փոփոխություններ: Ուստի իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմները բացահայտելու և պարզաբանելու համար անհրաժեշտ ենք համարում անդրադառնալ միջուկային ֆիզիկայի հիմունքների որոշ հարցերի:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ԵՎ ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՒՄԸ

Իոնացնող ճառագայթները (*ionising irradiations*) բոլոր տեսակի էլեկտրամագնիսական ալիքների (մասնիկների և քվանտների վտակներ, հոսք) միագումարն են, որոնք տարածվում են 300000 կմ/վրկ արագությամբ և առաջացնում իոնացնող ճառագայթում: Իոնացնող ճառագայթները, անցնելով նյութի միջով, գրգռում, իոնացնում են դրա ատոմները կամ մոլեկուլները: Իոնացնող ճառագայթումը կենսաբանական նյութերում կարող է առաջացնել իոնացնող զույգեր:

Իոնացնող ճառագայթները բաժանվում են երկու խմբի.

1. Էլեկտրամագնիսական կարճալիք ճառագայթներ (ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթներ),

2. Մասնիկային (կորպուսկուլյար) ճառագայթներ կամ լիցքավորված մասնիկներ:

Մասնիկային ճառագայթները բնութագրվում են մասնիկների զանգվածով, լիցքով և շարժման արագությամբ: Թեթև մասնիկներ են էլեկտրոնները (e^-) և պոզիտրոնները (e^+): Ծանր մասնիկներ են պրոտոնները (p), դեյտրոնները (d), α -մասնիկները, β -ճառագայթները, արագ, միջին, դանդաղ և ջերմային նեյտրոնները (n):

Ի տարբերություն մասնիկային ճառագայթների՝ էլեկտրամագնիսական ճառագայթները բաղկացած են պարբերաբար տարածվող էլեկտրական մագնիսական ալիքներից և ընդգրկում են լայն սպեկտրի ճառագայթներ, որոնք տարբերվում են ալիքի երկարությամբ և հաճախականությամբ (աղ. 1): Որքան կարճ է ալիքի երկարությունը, այնքան մեծ է դրա էներգիան և թափանցելու հատկությունը: Գառաջագայթների ախտաբանական ազդեցությունը կենդանի օբյեկտների վրա հակադարձ համեմատական է դրանց ալիքի երկարությանը:

Ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթներն էլեկտրամագնիսական ալիքների սպեկտրում զբաղեցնում են ամենավերջին տեղը՝ ռադիոալիքներից, ինֆրակարմիր ճառագայթներից, տեսանելի լույսից և ուլտրամանուշակագույն ճառագայթներից հետո: Ռենտգենյան, գամմա-ճառագայթների և ռադիոակտիվ ճառագայթների բնութագիրը ներկայացված է 2-րդ գլխում: Այստեղ հարկ է նշել, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթներն օրգանիզմում առաջացնում են քիմիական ազդեցություն: Որքան կարճ է ճառագայթի երկարությունը, այնքան ազդեցիկ է դրա ֆոտոքիմիական էֆեկտը, հատկապես՝ եթե օրգանիզմում առկա են ֆոտո-

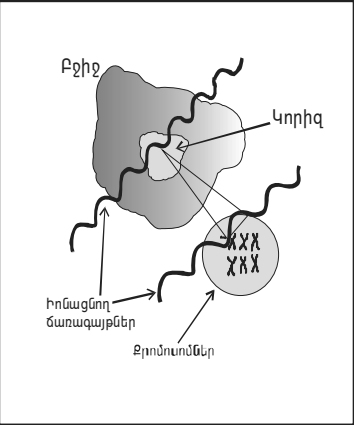
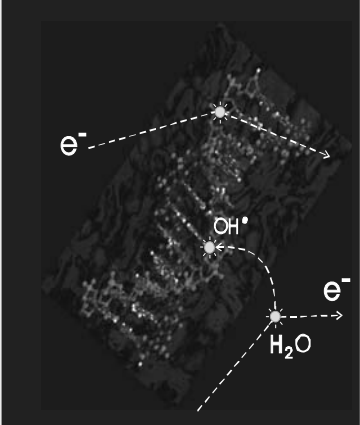
դիմամիկ նյութեր: Ինֆրակարմիր ճառագայթների ջերմային ազդեցությունն օրգանիզմի վրա արտահայտվում է արևահարության, այրվածքների տեսքով և այլն:

Աղյուսակ 1

Էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ալիքների սպեկտրը

Ալիքի երկարությունը, սմ			ճառագայթման տեսակը	Հաճախականությունը, վրկ
100 000 000 000		10 ¹¹	ՌԱԴԻՈԱԼԻԹՆԵՐ	10 ⁻¹
10 000 000 000		10 ¹⁰		10 ⁰
1 000 000 000		10 ⁹		10 ¹
100 000 000		10 ⁸		10 ²
10 000 000		10 ⁷		10 ³
1 000 000		10 ⁶		10 ⁴
100 000	1 կմ	10 ⁵		10 ⁵
10 000		10 ⁴		10 ⁶
1 000		10 ³		10 ⁷
100	1 մ	10 ²		10 ⁸
10	1 սմ	10 ¹	ԻՆՖՐԱԿԱՐՄԻՐ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐ	10 ⁹
1	1 մմ	10 ⁰		10 ¹⁰
0,1		10 ⁻¹		10 ¹¹
0,01		10 ⁻²		10 ¹²
0,001		10 ⁻³		10 ¹³
0,0001	1 մկ	10 ⁻⁴		10 ¹⁴
0,000 01		10 ⁻⁵		10 ¹⁵
0,000 001	1 մմկ	10 ⁻⁶		10 ¹⁶
0,000 0001		10 ⁻⁷		10 ¹⁷
0,000 000 01	1 Ա	10 ⁻⁸		10 ¹⁸
0,000 000 001		10 ⁻⁹	ՎԻՍՄԱ- ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐ	10 ¹⁹
				10 ²⁰

Իոնացնող ճառագայթները, անցնելով օրգանիզմի հյուսվածքների և բջիջների մեջ, առաջացնում են ջրի և այլ մոլեկուլների իոնացում, ունեն հզոր մուտագեն ներգործություն (սխեմա 2):

Իոնացնող ճառագայթներն ազդում են բջջային մակարդակով՝ իոնացում, քիմիական փոփոխություններ, կենսաբանական էֆեկտներ	ճառագայթումը ներգործում է բջջի ԴՆԹ-ի վրա
	

Սխեմա 2. ճառագայթման էֆեկտները:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

- Ռադիոկենսաբանության առարկան: Անասնաբուժական ռադիոլոգիայի, ռադիոէկոլոգիայի, ռադիոգենետիկայի հիմնական խնդիրները:
- Ռադիոկենսաբանության ստեղծումը որպես ինքնուրույն գիտություն:
- Ռադիոկենսաբանության զարգացման ուղիները և շրջանները:
- Իոնացնող ճառագայթները, դրանց բնութագրումը և կենսաբանական ազդեցությունը:

ԳԼՈՒԽ 2

ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԻՍՈՒՆՔՆԵՐԸ

ՆՅՈՒԹԻ ԿԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆԸ. ԱՏՈՄԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Բնության մեջ մեզ շրջապատող բոլոր նյութերը բաղկացած են ատոմներից և մոլեկուլներից: Այսպես՝ բջիջը, որպես կենսաբանական ռադիոակտիվ համակարգ, բաղկացած է տարբեր տարրերի ատոմներից:

Դ. Մենդելևի պարբերական օրենքը՝ տարրերի քիմիական հատկությունների փոփոխությունների վերաբերյալ, ատոմի ժամանակակից ուսմունքի հիմքը դարձավ: Ատոմի կառուցվածքն ու վիճակն ուսումնասիրում է ատոմային (միջուկային) ֆիզիկան: 1950-ական թթ. միջուկային ֆիզիկայից մասնատվեց տարրական մասնիկների կամ բարձր էներգիայի ֆիզիկան: Պարզվեց, որ ատոմը բարդ և յուրահատուկ ներքին կառուցվածք ունի, այն կրում է յուրաքանչյուր քիմիական տարրի բոլոր հատկությունները: Ատոմի տարրական մասնիկներն են էլեկտրոնները, պրոտոնները, նեյտրոնները, մեզոնները և այլն:

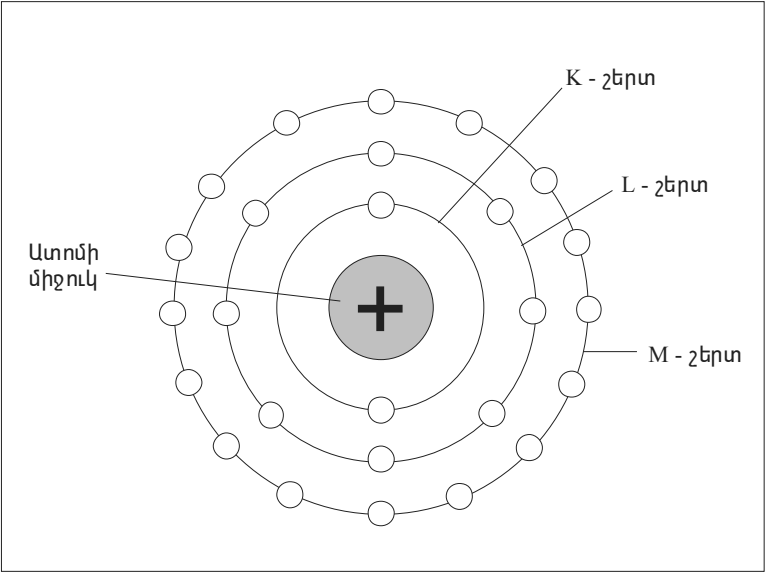
20-րդ դարասկզբին առաջարկվեցին ատոմի կառուցվածքի մի քանի տեսություններ, որոնք անվանվեցին ատոմի մոդելներ: 1911 թ. Է. Ռեզերֆորդն առաջարկեց ատոմի մոլորակային մոդելը, որը հետագայում զարգացվեց Նիլս Բորի կողմից (1913 թ.):

Ատոմի կենտրոնում, համաձայն Ռեզերֆորդի մոդելի, տեղադրված է միջուկը, որն ունի դրական լիցք և կազմում է ատոմի ողջ զանգվածը (99,9 %): Միջուկի շուրջ պտտվում են բացասական լիցքավորված էլեկտրոններ, որոնք խմբավորվում են ատոմի էլեկտրոնային թաղանթներում: Էլեկտրոնների թիվը թաղանթներում այնքան է, որ դրանց ընդհանուր լիցքը հավասար է ատոմի միջուկի լիցքին. դրա շնորհիվ ատոմը նորմալ վիճակում էլեկտրաչեզոք է (նկ. 4):

ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹ

Մեծ ատոմային զանգված ունեցող ատոմներում ուղեծիրների (թաղանթ) թիվը հասնում է յոթի, որոնք նշանակվում են թվերով կամ լատինական այբուբենի տառերով՝ K, L, M, N, O, P, Q. միջուկին ամենամոտ տեղակայված առաջին շերտը՝ K: Յուրաքանչյուր շերտում էլեկտրոններ

րի թիվը խիստ որոշակի է: Այսպես՝ K շերտն ունի երկուսից ոչ ավելի էլեկտրոն, L-ը՝ մինչև 8, M-ը՝ մինչև 18, N-ը՝ մինչև 32 էլեկտրոն և այլն:



Նկ. 4. Ատոմի էլեկտրոնային թաղանթի շերտերը:

Էլեկտրոնը (ē) կայուն տարրական մասնիկ է, որի հանգստի զանգվածը հավասար է 0,000548 ատոմային զանգվածի միավորի (զամ). 1 զամ-ի էներգետիկ համարժեքը կազմում է 931 ՄԷՎ, իսկ էլեկտրոնինը՝ 0,511 ՄԷՎ ($0,000548 \cdot 931 = 0,511$ մեգաէլեկտրոնվոլտ):

Ատոմի ուղեծրում էլեկտրոնների (-) գումարային քանակը միշտ հավասար է միջուկում գտնվող պրոտոնների (+) քանակին, այդ պատճառով ատոմը էլեկտրաչեզոք համակարգ է: Օրինակ՝ հելիումի ատոմը՝ ${}^4_2\text{He}$, միջուկում պարունակում է երկու պրոտոն, իսկ ուղեծրում՝ երկու էլեկտրոն, կապարի ատոմը՝ ${}^{207}_{82}\text{Pb}$, համապատասխանաբար, 82 պրոտոն և 82 էլեկտրոն:

Միջուկի շուրջ պտտվող յուրաքանչյուր էլեկտրոնի վրա ազդում են երկու հավասար և իրար հակադիր ուժեր. կուլոնային ուժերը ձգում են էլեկտրոնները դեպի միջուկը, իսկ դրանց հավասար իներցիայի կենտրոնախույս ուժերը ձգտում են պոկել էլեկտրոններն ատոմից: Բացի

դրանից՝ ուղեծրում պատվող էլեկտրոններն օժտված են սեփական շարժման մոմենտով, այսինքն՝ պատվում են սեփական առանցքի շուրջ և կոչվում են սպին՝ ապահովելով էլեկտրոնների հաստատուն շարժումը ատոմում: Էլեկտրոնների և միջուկի կապի վրա ազդում են նաև էլեկտրոնների փոխադարձ վանման ուժերը: Այս էֆեկտը կոչվում է էկրանացում (լուսապաստառացում): Որքան հեռու է էլեկտրոնային ուղեծիրը միջուկից, այնքան ուժեղ է էլեկտրոնների էկրանացումը, և թույլ է այդ էլեկտրոնների էներգետիկ կապը միջուկի հետ:

ԻՈՆԱՅՈՒՄ, ՊՐՊՈՒՄ, ՃԱՌԱՎԱՅԹՈՒՄ

Էլեկտրոններին արտաքինից լրացուցիչ էներգիա հաղորդելու դեպքում դրանք կարող են մի էներգետիկ մակարդակից անցնել մյուսին, անգամ հեռանալ տվյալ ատոմի սահմաններից:

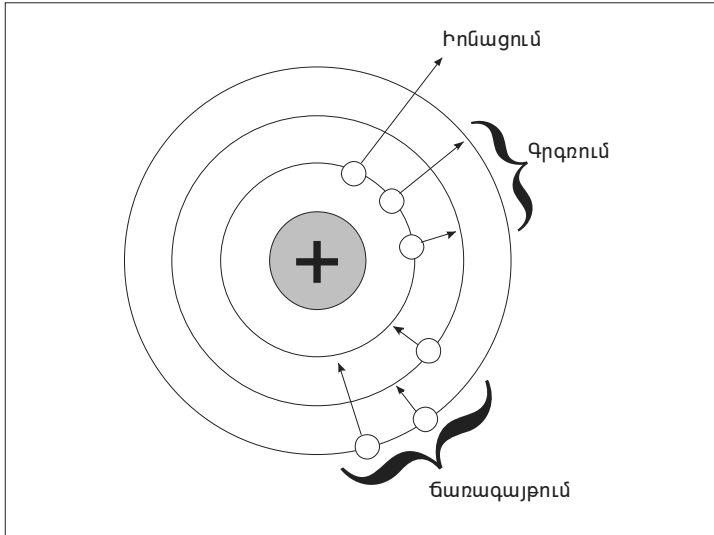
Էներգիայի այն քանակությունը, որն անհրաժեշտ է ատոմից մեկ էլեկտրոն հեռացնելու համար, կոչվում է էլեկտրոնի կապի էներգիա կամ իոնացման պոտենցիալ: Նույն ձևով ատոմները կարող են խլել ազատ էլեկտրոններ:

Թույլ էլեկտրական ազդեցության արդյունքում էլեկտրոնը մի ուղեծրից անցնում է մյուսին: Այդպիսի ատոմը մնում է չեզոք, սակայն նույն քիմիական տարրի մնացած չեզոք ատոմներից տարբերվում է հավելյալ էներգիայով:

Հավելյալ էներգիայով օժտված ատոմները կոչվում են գրգռված ատոմներ, իսկ էլեկտրոնների անցումը մի էներգետիկ մակարդակից միջուկից ավելի հեռու գտնվող մակարդակի՝ գրգռման պրոցես (մկ. 5):

Սակայն ատոմները ձգտում են գրգռված վիճակից վերադառնալ նվազագույն էներգիայի սկզբնական վիճակին: Այդ դեպքում էլեկտրոններն արտաքին ուղեծրից անցնում են դեպի ներքինը, անջատելով հավելյալ էներգիա՝ ռենտգենյան ճառագայթում, որի ալիքի երկարությունը բնորոշ է տվյալ ատոմի յուրաքանչյուր էներգետիկ մակարդակի համար և կոչվում է բնութագրական ռենտգենյան ճառագայթում:

Էլեկտրոնների անցումներն արտաքին ուղեծրի սահմաններում առաջացնում են օպտիկական սպեկտր, որը կազմված է ուլտրամանուշակագույն, լուսային և ինֆրակարմիր ճառագայթներից:



Նկ. 5. Ատոմում էլեկտրոնային անցումների սխեմա:

Ուժեղ էլեկտրական փոխազդեցությունների ժամանակ էլեկտրոնները պոկվում են ատոմից և դուրս գալիս դրա սահմաններից: Ատոմը, որը զրկված է մեկ կամ մի քանի էլեկտրոններից, վերածվում է դրական իոնի, իսկ եթե միացրել է իրեն մեկ կամ մի քանի էլեկտրոններ՝ բացասական իոնի (Նկ. 5): Այսպիսով՝ յուրաքանչյուր դրական իոնի հաշվով առաջանում է մեկ բացասական իոն, այսինքն՝ զույգ իոններ:

Չեզոք ատոմներից իոնների առաջացման պրոցեսը կոչվում է իոնացում: Իոնացված ատոմ պարունակող մոլեկուլը ենթարկվում է քիմիական փոխարկումների:

Դրական իոնի ուղեծրի վրա եղած ազատ տեղը շատ կարճ ժամանակահատվածում լրացվում է ազատ էլեկտրոններով, և ատոմը կրկին դառնում է էլեկտրաչեզոք համակարգ: Այդ պրոցեսը կոչվում է ռեկոմբինացիա կամ դեիոնիզացիա (ապաիոնացում) և ուղեկցվում է հավելյալ էներգիայի անջատմամբ, ճառագայթման ձևով (իոնների վերադասավորում):

Բարձր էներգիայով օժտված ճառագայթների (ռենտգենյան, α -, β -, γ -ճառագայթներ, ինչպես նաև պրոտոններ և նեյտրոններ) էներգիայի մեծ մասը փոխանցվում է նյութին՝ իոնացման պրոցեսի, այսինքն՝ ատոմ-

մից էլեկտրոնների հեռացման համար, այդ պատճառով դրանք կոչվում են **իոնացնող ճառագայթներ**: Ատոմների իոնացման պրոցեսը գործնական մեծ նշանակություն ունի ճառագայթման հայտնաբերման և դոզաչափման, ինչպես նաև իոնացնող ճառագայթման կենսաբանական ազդեցության պարզաբանման համար:

Այսպիսով՝ ատոմի հատկությունները՝ գրգռումը, իոնացումը և էներգիայի ճառագայթումը, պայմանավորված են էլեկտրոնային ուղեծրում էլեկտրոնների գրաված դիրքով:

ԱՏՈՄԻ ՄԻՋՈՒԿԸ

Ատոմի միջուկը բաղկացած է երկու տիպի մասնիկներից՝ պրոտոններից և նեյտրոններից, որոնք ունեն ընդհանուր անվանում՝ նուկլոն: Դրանք միջուկի ներսում կարող են փոխարկվել մեկը մյուսի: **Նուկլոնները** միմյանց հետ փոխկապակցված են հսկայական ուժերով և կազմում են չափազանց խիտ միջուկային մատերիա:

Պրոտոնը (p) կայուն տարրական մասնիկ է՝ 1,00758 զամ զանգվածով, ինչը 1840 անգամ մեծ է էլեկտրոնի զանգվածից, և ունի էլեկտրոնի լիցքին հավասար մեկ դրական էլեկտրական լիցք: Միջուկում պրոտոնների թիվը (Z) տվյալ քիմիական տարրի լիցքի թիվն է կամ ատոմային համարը, որը համապատասխանում է Դ. Մենդելեևի պարբերական համակարգի հերթական համարին: Պրոտոնների թվով բնորոշում են ցանկացած տարրի ֆիզիկական և քիմիական հատկությունները: Այսպես՝ պղնձի ատոմի միջուկում դրանք թիվը 29 է, կապարի միջուկում՝ 82, ուրանի միջուկում՝ 92: Ջրածնի (1_1H) ատոմը մեկ պրոտոնով միջուկ է, որի շուրջ պտտվում է մեկ էլեկտրոն. էլեկտրոնը պոկելու դեպքում ատոմում կմնա միայն պրոտոնը: Այդ պատճառով պրոտոնը հաճախ անվանում են ջրածնի միջուկ:

Նեյտրոնը (n) էլեկտրական չեզոք մասնիկ է՝ 1,00898 զամ զանգվածով, անկայուն է, ազատ վիճակում անջատում է էլեկտրոն և հականեյտրինո (v) և վերածվում է պրոտոնի: Նեյտրոնները էլեկտրաչեզոքության հետևանքով չեն շեղվում մագնիսական դաշտում, չեն վանվում ատոմի միջուկից և օժտված են ներթափանցման մեծ ունակությամբ՝ ճառագայթելով և վնասելով կենսաբանական օբյեկտները:

Միջուկում նեյտրոնների թվով է պայմանավորված տարրի ֆիզիկական բնութագիրը, քանի որ նույն տարրի տարբեր միջուկներում նեյտ-

րոնների թիվը տարբեր կարող է լինել (1-10): Թեթև կայուն տարրերի միջուկում պրոտոնների և նեյտրոնների թվերի հարաբերությունը 1:1 է, իսկ պարբերական աղյուսակում ավելի հեռու տեղադրված տարրերի (սկսած 21-րդ տարրից) նեյտրոնների թիվը զգալիորեն ավելանում է՝ պրոտոնների համեմատ: Օրինակ՝ ուրանի միջուկը՝ $^{238}_{92}U$, պարունակում է 92 պրոտոն և 146 նեյտրոն (նուկլոնների թիվը՝ 238): Միջուկում առկա պրոտոնների և նեյտրոնների գումարը կոչվում է զանգվածային թիվ և նշանակվում է A տառով: Նեյտրոնների թիվը միջուկում հավասար է զանգվածային թվի և տարրի ատոմային համարի տարբերությանը՝ $N=A-Z$, ինչը ծանր միջուկների համար 1,6 անգամ ավելի է պրոտոնների թվից:

Այսպիսով՝ թեթև և միջին տարրերի ատոմի միջուկը կայուն համակարգ է, որը պարունակում է քիչ թվով պրոտոններ: Պարբերական աղյուսակի վերջում տեղադրված ծանր ատոմների միջուկներում գերակշռում են նեյտրոնները, որոնք անհրաժեշտ են պրոտոնների միջև առաջացած վանող ուժերի հավասարակշռման համար: Դրանց բնորոշ են մի շարք ներքին փոփոխություններ, ինչի հետևանքով միջուկներն անցնում են ավելի կայուն վիճակի՝ արձակելով անտեսանելի ճառագայթներ:

ՀԱՍԿԱՑՈՂՈՒԹՅՈՒՆ ԻՋՈՏՈՂՆԵՐԻ, ԻՋՈՒՐԱՆԵՐԻ, ԻՋՈՏՈՆՆԵՐԻ, ԻՋՈՄԵՐՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Բնության մեջ քիմիական տարրերը հիմնականում տարբեր ատոմների խառնուրդներ են, որոնք տարբերվում են միջուկում նեյտրոնների թվով: Ֆ. Սոդդին 1910 թ. առաջինն ուսումնասիրեց այն ատոմները, որոնցում պրոտոնների թիվը հավասար է, իսկ նեյտրոնների թիվը՝ տարբեր, և դրանք անվանեց *իզոտոպներ* (միևնույն տեղը զբաղեցնող): Մենդելեևի համակարգում իզոտոպների համարը նույնն է, զանգվածային թիվը՝ տարբեր: Օրինակ՝ թթվածինն ունի մի քանի իզոտոպ՝ $^{14}_8O$, $^{15}_8O$, $^{16}_8O$, ջրածինը՝ 1_1H , 2_1H (դեյտերիում), 3_1H (տրիտիում): Իզոտոպների միջուկները կոչվում են նուկլիդներ, իսկ ռադիոակտիվ ատոմները՝ ռադիոնուկլիդներ:

Բնական տարրերի մեծ մասը (90-ից 71) 2-10 իզոտոպների խառնուրդներ են: Ներկայումս հայտնի է տարբեր տարրերի 2000-ից ավելի

իզոտոպ, որոնցից 300-ը կայուն իզոտոպներ են: Վերջիններս հիմնականում ստացվում են արագացուցիչներում և միջուկային ռեակտորներում ընթացող միջուկային ռեակցիաների ժամանակ (ռադիոակտիվ իզոտոպներ):

Իզոբարներ են կոչվում բնության մեջ գտնվող այն տարրերի միջուկները, որոնք ունեն միևնույն զանգվածային թիվ և տարբեր ատոմային համար, օրինակ՝ $^{14}_6\text{C}$, $^{14}_7\text{N}$, $^{14}_8\text{O}$ կամ $^{40}_{18}\text{Ar}$, $^{40}_{19}\text{K}$, $^{40}_{20}\text{Ca}$:

Իզոտոմներ են կոչվում տարբեր տարրերի ատոմային միջուկները, որոնք ունեն միևնույն թվով նեյտրոններ, օրինակ՝ կամ $^{13}_6\text{C}$ և $^{14}_7\text{N}$ (C-ի միջուկում վեց պրոտոն է և յոթ նեյտրոն, N-ի միջուկում՝ յոթ պրոտոն և յոթ նեյտրոն):

Հազվադեպ հանդիպում են միջուկներ, որոնց զանգվածային թիվը, հետևաբար և նեյտրոնների ու պրոտոնների թիվը նույնն է, սակայն կիսատրոհման պարբերությունը (T), էներգիան և ճառագայթման տեսակը՝ տարբեր. դրանք կոչվում են **իզոմերներ**: Օրինակ՝ $^{60}_{27}\text{Co}$ -ի համար՝ $T=5,3$ տարի, իսկ $^{60}_{27}\text{Co}$ -ի իզոմերի համար՝ $T=10,7$ րոպե, $^{80}_{35}\text{Br}$ -ի՝ համապատասխանաբար, 18 րոպե և 4,4 ժամ: Այն իզոմերները, որոնք օժտված են հավելյալ էներգիայով, գտնվում են մետաստաբիլ վիճակում և իզոմերային անցումից հետո վերադառնում են հիմնական վիճակին:

ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՈՒԺԵՐ, ԶԱՆԳԱԾԻ ԴԵՖԵԿՏ

Ատոմի միջուկը կայուն է նուկլիդների միջև գործող միջուկային ուժերի շնորհիվ: Դրանք պատկանում են ուժեղ փոխազդեցությունների դասին և մի քանի կարգով բարձր են բնության մեջ հայտնի մի քանի ուժերից՝ էլեկտրամագնիսական, ձգողականության: Միջուկային ուժերը կարճ գործող ուժեր են: Դրանց ծագումը պայմանավորված է ուժեղ փոխազդող մասնիկների, օրինակ՝ π -մեզոնների կամ պիոնների և նուկլոնների անընդհատ փոխանակմամբ: Փոխազդող մասնիկների միջև հեռավորությունը մեծացնելիս միջուկային ուժերը շատ արագ նվազում են: Դրանք օժտված են հագեցնալու հատկությամբ, այսինքն՝ միջուկում նուկլոնները փոխազդում են միայն իրենց մոտ գտնվող նուկլոնների հետ: Այդ պատճառով միջուկում նուկլոնների թիվն ավելացնելիս միջուկային ուժերը զգալիորեն թուլանում են: Դրանով է բացատրվում ծանր

տարրերի միջուկների կայունությունը, քանի որ դրանց միջուկներում պրոտոնների և նեյտրոնների թիվը բավականին մեծ է:

Միջուկը պրոտոնների ու նեյտրոնների բաժանելու և դրանց միջուկային ուժերի ազդեցության դաշտից հեռացնելու համար անհրաժեշտ է աշխատանք կատարել, այսինքն՝ ծախսել էներգիա, որը կոչվում է **միջուկի կապի էներգիա**: Միջուկի առաջացման ժամանակ նուկլոններից անջատվում է կապի էներգիա: Օրինակ՝ հաշվումները ցույց են տվել, որ հելիումի ատոմի միջուկի զանգվածը հավասար է 4,033 զամ (1,0076·2+1,0089·2): Հայտնի է, որ հելիումի միջուկի փաստացի զանգվածը 4,003 զամ է, այսինքն՝ 0,03 զամ-ով փոքր է առանձին վերցրած իր բաղադրիչ մասերի զանգվածից. այսինքն՝ միջուկն ունի զանգվածի դեֆեկտ (թերություն): Չանգվածի դեֆեկտը (Δm) միջուկի հաշվարկային և փաստացի զանգվածների տարբերությունն է:

Չանգվածի դեֆեկտը ցույց է տալիս միջուկում մասնիկների կապակցվածության աստիճանը և էներգիայի այն քանակությունը, որն անջատվել է տարբեր նուկլոններից՝ միջուկի առաջացման ժամանակ:

Այդ հաշվարկը կատարում են Ա. Էյնշտեյնի բանաձևով՝ $E=mc^2$, որտեղ E -ն յուրաքանչյուր մարմնի էներգիան է հանգստի վիճակում, m -ը՝ զանգվածը, c , c -ն՝ լույսի արագությունը. $c=3\cdot 10^{10}$ սմ/վրկ:

Համաձայն այս օրենքի՝ զանգվածը և էներգիան նույն երևույթի տարբեր ձևերն են: Ոչ զանգվածը, ոչ էներգիան չեն անհետանում, այլ համապատասխան պայմաններում մի ձևից անցնում են մյուսին, այսինքն՝ զանգվածի Δm համակարգի ցանկացած փոփոխության համապատասխանում է էներգիայի համարժեք փոփոխություն՝ ΔE . $\Delta E=\Delta mc^2$:

Այս եղանակով մարդը ատոմի զանգվածը վերածել է էներգիայի և ստեղծել ատոմային ռումբ:

Օգտվելով այս բանաձևից և նկատի ունենալով, որ 1 զամ-ը $1,6\cdot 10^{24}$ գ է, կարելի է հաշվարկել այն էներգիան, որն անջատվում է առանձին նուկլոններից՝ հելիումի միջուկի առաջացման ժամանակ. $\Delta E=0,03\cdot 1,6\cdot 10^{-24}(3\cdot 10^{10})^2=4,5\cdot 10^{-5}$ էրգ: Հայտնի է, որ 1 գ զամ-ի էներգետիկ համարժեքը կազմում է 931 ՄԷՎ: Այստեղից միջուկի կապի էներգիան՝ $\Delta E=0,03\cdot 931\approx 28$ ՄԷՎ, այսինքն՝ 28 ՄԷՎ էներգիա է անհրաժեշտ հելիումի ատոմի միջուկը երկու պրոտոնի և երկու նեյտրոնի բաժանելու համար: Մեկ նուկլոնի կապի միջին էներգիան կոչվում է կապի տեսակարար էներգիա: Հելիումի համար այն կազմում է $28:4=7$ ՄԷՎ: Եթե թեթև միջուկները (դեյտերիում, տրիտիում) հաշվի չառնենք, ապա մեկ նուկլոնին բաժին ընկած կապի էներգիայի քանակը բոլոր միջուկների

համար կազմում է մոտավորապես 8 ՄԷՎ: Իմանալով զանգվածի դեֆեկտը՝ կարելի է հեշտությամբ հաշվել միջուկի կապի էներգիան: Օրինակ՝ դեյտերիումի միջուկի էներգիան կազմում է 2,2, ազոտինը՝ 104,56, իսկ ուրանինը՝ 1800 ՄԷՎ:

Միջուկային ռեակցիաներին բնորոշ է միլիոն անգամ ավելի մեծ էներգիա, քան սովորական քիմիական ռեակցիաներին: Չանգվածի և էներգիայի փոխկապակցվածության օրենքը ցույց է տալիս, թե որտեղից է առաջանում այն հսկայական էներգիան, որն անջատվում է միջուկների սինթեզի և տրոհման ժամանակ:

Այսպիսով՝ միջուկային կամ ատոմային էներգիան միջուկի տարբեր ռեակցիաների ռադիոակտիվ տրոհման ժամանակ անջատված էներգիան է, որն արտահայտվում է որպես α -, β -մասնիկների, նեյտրոնների, ճեղքված միջուկների կինետիկ էներգիա կամ γ -ճառագայթման էներգիա: Այդ մասնիկների ու ճառագայթների կլանումից հետո այն կարող է փոխարկվել ջերմային կամ էլեկտրական էներգիայի: Ատոմային էներգիայի կայունությունը բնորոշվում է կապի էներգիայով. որքան կայուն է միջուկը, այնքան մեծ է կապի էներգիան: Առավել կայուն են այն միջուկները, որոնք պարունակում են զույգ թվով պրոտոններ և զույգ թվով նեյտրոններ՝ այսպես կոչված, զույգ-զույգ միջուկներ:

ՈՐԴԻՆԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹԸ

Ինքնաբերաբար ճառագայթման երևույթն անվանում են ռադիոակտիվություն, իսկ ճառագայթներ արձակող նյութերը՝ ռադիոակտիվ նյութեր (radius՝ ճառագայթ, activus՝ գործողություն):

Ռադիոակտիվությունը (ճառագայթակտիվություն) որոշ քիմիական տարրերի անկայուն միջուկների ինքնաբերաբար փոխարկումն է մեկ այլ տարրի միջուկների (սովորաբար՝ այլ տարրի իզոտոպի), որն ուղեկցվում է ռադիոակտիվ ճառագայթների արձակմամբ, ինչն անտեսանելի է:

Ռադիոակտիվությունն ատոմների միջուկների առանձնահատկությունն է և կախված է միայն դրա ներքին վիճակից: Ռադիոակտիվության երևույթը, այսինքն՝ փոխակերպման պրոցեսը, անվանում են ռադիոակտիվ տրոհում, իսկ տրոհվող միջուկները, ի տարբերություն կայուն միջուկների, կոչվում են ռադիոակտիվ միջուկներ: Տրոհման ընթացքի վրա կարելի է ազդել միայն ատոմային միջուկի վիճակը (կարգաթիվը և զանգվածային թիվը) փոխելով: Ռադիոակտիվ փոխարկումների արա-

գության վրա չեն ազդում ո՛չ ջերմաստիճանի ու ճնշման փոփոխությունները, ո՛չ էլեկտրական ու մագնիսական դաշտի առկայությունը, ո՛չ տվյալ տարրի քիմիական միացության ձևն ու ագրեգատային վիճակը:

Ռադիոակտիվությունը լինում է բնական և արհեստական, որոնք ենթարկվում են միևնույն օրենքներին:

ԲՆԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԸՆՏԱՆԻՔՆԵՐ

1896 թ. Ա. Բեքերելը հայտնաբերեց բնության մեջ հանդիպող ռադիոակտիվ երևույթներ, որոնք անվանեց բնական ռադիոակտիվություն: Պարզվեց՝ ուրանի աղերն արծակում են անտեսանելի թափանցող ճառագայթներ, որոնց ազդեցությամբ տեղի է ունենում ֆոտոթիթեղի սևացում և որոշ նյութերի ֆլուորեսցենցիա (լուսարձակում): Մարիա Սկլադովսկայա-Կյուրին 1898 թ. հայտնաբերեց, որ թափանցող ճառագայթներ արծակելու հատկություն ունեն նաև թորիումի միացությունները: Յետագայում Մարիա և Պիեր Կյուրիները հայտնաբերեցին, որ ուրանի ծյուրային հանքանյութն իր մեջ պարունակում է բարձր ակտիվություն ունեցող տարրեր՝ պոլոնիում և ռադիում, որոնք անընդհատ արծակում են էներգիա՝ ջերմության ձևով: Պարզվեց, որ բնական ռադիոակտիվ տարրերն արծակում են երեք տարբեր ճառագայթներ՝ ալֆա, բետա և գամմա (նկ. 6):

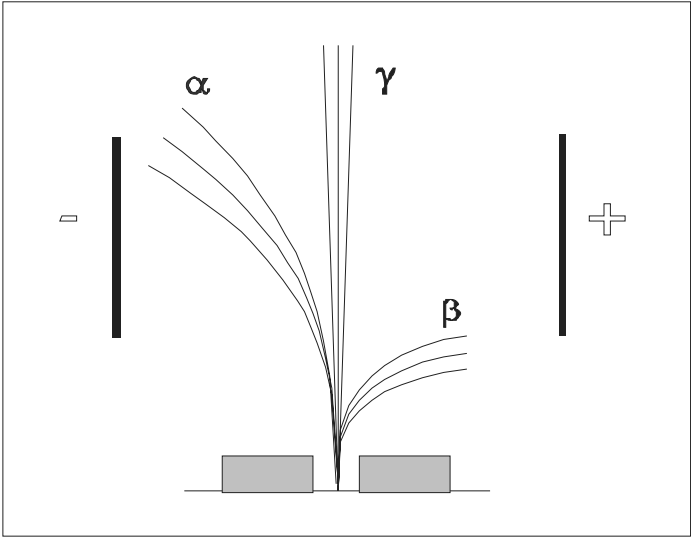
Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում α -ճառագայթները շեղվում են դեպի բացասական բևեռը. դրանք դրական (+) լիցքավորված մասնիկներն են: Իսկ β -ճառագայթները շեղվում են դեպի դրական բևեռը. դրանք բացասական (-) լիցքավորված մասնիկներն են: γ -ճառագայթներն էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ չեն փոխում իրենց ուղղությունը. դրանք ռենտգենյան ճառագայթների նման էլեկտրամագնիսական տատանումներ են՝ ավելի կարճ ալիքներով:

Այսպիսով՝ միայն γ -ճառագայթներն են իսկական ճառագայթներ, որոնք չեն շեղվում անգամ ուժեղ էլեկտրական դաշտում:

Բնության մեջ ռադիոակտիվ տարրերը շատ քիչ են: Դրանք ավելի շատ տարածված են երկրագնդի կեղևային շերտի պինդ հանքաշերտում, ինչպես նաև ջրում, օդում, բուսական և կենդանական օրգանիզմներում:

Ռադիոակտիվ տարրեր հանդիպում են հատկապես ուրանի հանքաշերտերում. դրանք 83-ից բարձր ատոմային համարով ծանր տարրերի

իզոտոպներ են, որոնց միջուկն անկայուն է և ենթարկվում է հաջորդական միջուկային տրոհումների՝ առաջացնելով ռադիոակտիվ փոխարկումների շղթաներ:



Նկ. 6. Ռադիոակտիվ նյութերի ճառագայթման տարանջատումը մագնիսական դաշտում:

Մեկ մայր տարրից առաջացած իզոտոպների շարքը կոչվում է **ռադիոակտիվ ընտանիք կամ շարք**: Ընտանիքները կոչվում են առաջին տարրի անվամբ, որից սկսվում են ռադիոակտիվ փոխարկումները, այսինքն՝ ըստ դրանց սկզբնատարրի:

Հայտնի է երեք բնական ռադիոակտիվ ընտանիք. ուրան-ռադիումի՝ $^{238}_{92}\text{U-Ra}$, ուրան-ակտինիումի՝ $^{235}_{89}\text{Ac}$, և թորիումի՝ $^{232}_{90}\text{Th}$:

Ուրանի ընտանիքի ելակետային տարրը՝ $^{238}_{92}\text{U}$, 14 հաջորդական ռադիոակտիվ փոխարկումների (ութ α - և β -) հետևանքով վերածվում է կապարի կայուն իզոտոպի՝ $^{206}_{82}\text{Pb}$: Այս ընտանիքի մեջ են մտնում ռադիումը և դրա տրոհման արգասիքները, ուստի այն կոչվում է նաև ուրան-ռադիումի ընտանիք:

Ակտինիումի ընտանիքի սկզբնատարրը ուրանի իզոտոպն է՝ $^{235}_{92}\text{U}$, որը նախկինում անվանում էին ակտինոուրան՝ AcU :

Ակտինիումի $^{227}_{89}\text{Ac}$ իզոտոպի շնորհիվ այդ ընտանիքը կոչվեց
ակտինիում-ուրանի ընտանիք: $^{235}_{92}\text{U-Ac}$ -ն 11 փոխարկումներից հետո
(յոթ α - և չորս β -) վերածվում է $^{205}_{82}\text{Pb}$ կայուն իզոտոպի:

Թորիումի ընտանիքի սկզբնատարրը՝ $^{232}_{90}\text{Th}$, տասը հաջորդական
վերափոխումներից հետո վերածվում է կապարի կայուն
իզոտոպի՝ $^{208}_{82}\text{Pb}$:

Ռադիոակտիվ ընտանիքներում ալֆա-տրոհումների թիվը միշտ
մեծ է բետա-տրոհումների թվից, ինչի հետևանքով փոխարկումների
ժամանակ ստացվող նոր տարրերն ավելի ցածր ատոմային համար են
ունենում:

Այդ ընտանիքների սկզբնատարրերին բնորոշ է չափազանց մեծ կի-
սատրոհման պարբերություն (T1/2):

ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Ռադիոակտիվությունը բնութագրվում է միջուկների տրոհման ժա-
մանակով, անջատված մասնիկների՝ միմյանց նկատմամբ ունեցած
ուղղություններով և էներգիաներով:

Ալֆա-ճառագայթումը առաջանում է α -տրոհման ժամանակ, երբ մի-
ջուկից արձակվում են ալֆա-մասնիկներ:

Ալֆա-մասնիկները հելիումի ատոմների միջուկներն են (^4_2He), ո-
րոնք ունեն երկու պրոտոն, երկու նեյտրոն, կրկնակի դրական լիցք և
մեծ հարաբերական զանգված՝ 4,003 զամ: Դրանց էներգիան տատան-
վում է 2-11 ՄԷՎ-ի սահմաններում: Յուրաքանչյուր իզոտոպի α -մասնի-
կի էներգիան հաստատուն է: Կախված էներգիայից՝ դրանց վազքն օ-
դում կազմում է 2-10 սմ, կենսաբանական հյուսվածքներում՝ մի քանի
տասնյակ միկրոմետր, իսկ նյութի մեջ դրանց ճանապարհն ուղղափոխ է:
Օդում անցած 1 սմ ճանապարհին α -մասնիկներն առաջացնում են
100-250 հազար զույգ իոն, ուստի օրգանիզմ ներթափանցելիս այդ
մասնիկների էներգիան փոխանցվում է քջիջներին և վտանգավոր ազ-
դեցություն ունենում դրանց վրա:

Ալֆա-մասնիկներն առաջացնում են արտահայտված իոնացման և
ֆլուորեսցենցիայի էֆեկտ:

Բետա-ճառագայթումը (β) լիցքավորված մասնիկների (էլեկտրոն-

ներ կամ պոզիտրոններ) հոսքն է, որոնք անջատվում են միջուկների կողմից՝ β -տրոհման ժամանակ: Միջուկային ծագում ունեցող էլեկտրոնների ֆիզիկական բնութագիրը (զանգված, լիցք) նույնն է, ինչ ատոմային թաղանթների էլեկտրոններինը: Բետա-մասնիկները նշանակվում են β^- կամ e^- (էլեկտրոնային տրոհում), β^+ կամ e^+ (պոզիտրոնային տրոհում):

Միևնույն ռադիոակտիվ տարրի β -մասնիկների էներգետիկ պաշարները տարբեր են: Դա բացատրվում է նրանով, որ տրոհման ժամանակ β -մասնիկների հետ միաժամանակ միջուկից դուրս է թռչում էլեկտրաչեզոք մասնիկ նեյտրինո ($\bar{\nu}$), այդ պատճառով դրանց վազքի մեծությունը միևնույն միջավայրում տարբեր է: Քանի որ β -մասնիկների զանգվածը շատ փոքր է, ապա էլեկտրական դաշտում դրանք հեշտությամբ փոխում են իրենց շարժման ուղղությունը: β -մասնիկների իոնացման էֆեկտը համեմատաբար փոքր է. օդում 1 սմ ճանապարհին դրանք առաջացնում են 50-100 զույգ իոն և ունեն իոնացման ցրված տիպ: Դրանց վազքն օդում, կախված էներգիայից, կազմում է մինչև 25 մ, իսկ կենսաբանական հյուսվածքներում՝ մինչև 1 սմ:

β -մասնիկների առավելագույն էներգիան տարբեր տարրերի համար տատանվում է 0,015 - 0,05 ՄԷՎ (փափուկ β -ճառագայթում) մինչև 3-12 ՄԷՎ (կոշտ β -ճառագայթում) սահմաններում:

Փամմա-ճառագայթումը (γ) էլեկտրամագնիսական ալիքների հոսքն է, ինչպես ռադիոալիքները, տեսանելի լույսը, ուլտրամանուշակագույն, ինֆրակարմիր և ռենտգենյան ճառագայթները, որոնք տարբերվում են ալիքի երկարությամբ և էներգիայով:

Ռենտգենյան և փամմա-ճառագայթներն օժտված են ամենակարծ ալիքի երկարությամբ և ամենաբարձր էլեկտրամագնիսական տատանումներով (1 վայրկյանում 10^{11} - 10^{17} սմ):

Տարբերում են արգելակային և բնութագրական ռենտգենյան ճառագայթներ:

Արգելակային ռենտգենյան ճառագայթներն առաջանում են էլեկտրոնների կտրուկ արգելակման հետևանքով՝ նյութի ատոմի միջուկի էլեկտրական դաշտում, իսկ բնութագրական ռենտգենյան ճառագայթները՝ իոնացման և գրգռման ժամանակ ատոմների էլեկտրոնային թաղանթների վերափոխումից:

Ատոմների կամ մոլեկուլների անցումը գրգռված վիճակից ոչ գրգռված վիճակի կարող է ուղեկցվել տեսանելի լույսի, ինֆրակարմիր

և ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների անջատմամբ:

Գամմա-քվանտները միջուկային ծագում ունեցող ճառագայթներ են: Դրանք արձակվում են α - և β -տրոհման ժամանակ՝ բնական և արհեստական ռադիոնուկլիդների միջուկներից, երբ դուստր տարրի միջուկում առաջանում է էներգիայի ավելցուկ, որն ակնթաթորեն լուսարձակվում է γ -քվանտների ձևով:

Գամմա-քվանտները չունեն լիցք, էլեկտրամագնիսական դաշտում չեն շեղվում և գտնվում են անընդհատ շարժման մեջ: Նյութի և անօդ տարածության մեջ γ -ճառագայթների տարածման արագությունը հավասար է լույսի արագությանը՝ $3 \cdot 10^{10}$ սմ/վրկ:

Գամմա-քվանտների էներգիան ուղիղ համեմատական է տատանումների հաճախականությանը և կապված է դրանց ալիքի երկարության հետ: Որքան փոքր է ալիքի երկարությունը և մեծ ճառագայթման տատանումների հաճախականությունը, այնքան մեծ է դրա էներգիան, հետևաբար՝ և ներթափանցելու ունակությունը: γ -քվանտներն օժտված են թույլ իոնացնող ազդեցությամբ, սակայն մեծ թափանցման հատկությամբ: Վազքի արագությունն օդում հասնում է մինչև 100-150 մ:

Բնական ռադիոակտիվ տարրերի γ -ճառագայթման էներգիան տատանվում է մի քանի ԿեՎ-ից մինչև 2-3 ՄեՎ, երբեմն՝ 5-6 ՄեՎ:

ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՓՈԽԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՏԻՊԵՐԸ

Ատոմների միջուկները կայուն են, սակայն նեյտրոնների և պրոտոնների հարաբերությունների որոշակի խախտումների դեպքում դրանք կորցնում են կայունությունը և ենթարկվում ռադիոակտիվ փոխարկումների, ինչի հետևանքով փոխվում է միջուկի բաղադրությունը: Մի տարրի ատոմի միջուկը փոխարկվում է մեկ այլ տարրի միջուկի, և դրանք արձակում են ռադիոակտիվ ճառագայթներ:

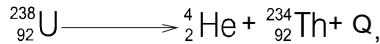
Գոյություն ունեն միջուկային փոխարկումների կամ ռադիոակտիվ տրոհման տարբեր տիպեր՝ ալֆա-տրոհում, բետա-տրոհում (էլեկտրոնային, պոզիտրոնային), էլեկտրոնային զավթում (գրավում), ներքին փոխարկում (կոնվերսիա), որոնք բնորոշ են ռադիոակտիվ տարրերին:

Ալֆա-տրոհումը ուղեկցվում է α -մասնիկի (հելիումի ատոմի միջուկ) անջատմամբ, ինչի հետևանքով անկայուն տարրի միջուկը կորցնում է երկու պրոտոն և երկու նեյտրոն: Այն վերածվում է այլ միջուկի, որտեղ պրոտոնների թիվը (միջուկի լիցք) պակասում է երկուսով, իսկ

մասնիկների թիվը (զանգվածային թիվ)՝ չորսով:

Առաջացած (դուստր) տարրը Մենդելեևի պարբերական համակարգում տեղաշարժվում է երկու վանդակ դեպի ձախ:

Օրինակ՝

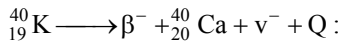


որտեղ Q-ն անջատված էներգիան է:

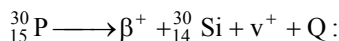
α -տրոհումը ծանր միջուկների ($Z \geq 82$) փոխարկման տարածված ձևն է: Հայտնի է 160 α -ակտիվ տեսակի միջուկ: 82-ից ցածր կարգաթիվ ունեցող միջուկները կայուն են α -տրոհման նկատմամբ:

Բետա-տրոհումը միջուկի ներսում պրոտոնի և նեյտրոնի՝ միմյանց փոխարկվելու պրոցեսն է, որն ուղեկցվում է էլեկտրոնի կամ պոզիտրոնի և էլեկտրաչեզոք մասնիկների՝ նեյտրինոյի կամ հականեյտրինոյի առաքմամբ կամ կլանմամբ ($\bar{\nu}$, $\bar{\nu}$):

Միջուկում նեյտրոնների ավելցուկի դեպքում տեղի է ունենում էլեկտրոնային (β^-) տրոհում. նեյտրոններից մեկը վերածվում է պրոտոնի, իսկ միջուկն արձակում է էլեկտրոն և հականեյտրինո ($\bar{\nu}$): Այս տրոհման դեպքում միջուկի լիցքը և տարրի ատոմային համարը մեծանում են մեկ միավորով, այսինքն՝ դուստր տարրը Մենդելեևի աղյուսակում տեղաշարժվում է մեկ վանդակ դեպի աջ, իսկ զանգվածային թիվը մնում է անփոփոխ: Բետա-էլեկտրոնային տրոհումը բնորոշ է բնական և արհեստական ռադիոակտիվ տարրերին: Օրինակ՝ կալիումի իզոտոպի փոխարկման արդյունքում այն վերածվում է կալցիումի.



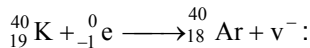
Եթե նեյտրոնների ու պրոտոնների անբարենպաստ հարաբերությունը միջուկում պայմանավորված է պրոտոնների ավելցուկով, ապա տեղի է ունենում պոզիտրոնային (β^+) տրոհում. այս դեպքում միջուկն արձակում է պոզիտրոն և նեյտրինո ($\bar{\nu}$), իսկ պրոտոններից մեկը վերածվում է նեյտրոնի: Միջուկի լիցքը և տարրի ատոմային համարը փոքրանում է մեկ միավորով, դուստր տարրը Մենդելեևի աղյուսակում տեղաշարժվում է մեկ վանդակ դեպի ձախ, իսկ զանգվածային թիվը մնում է անփոփոխ: Պոզիտրոնային տրոհումը նկատվում է մի քանի արհեստական իզոտոպների մոտ: Օրինակ՝ ֆոսֆորի իզոտոպը տրոհվում է՝ առաջացնելով սիլիցիում.



Պոզիտրոնը, դուրս թռչելով միջուկից, ատոմի թաղանթից պոկում է ավելորդ էլեկտրոնը կամ փոխազդեցության մեջ է մտնում ազատ է-

լեկտրոնի հետ՝ առաջացնելով պոզիտրոն-էլեկտրոն զույգ, որն ակընթաթորեն վերածվում է երկու գամմա-քվանտի: Այդ պրոցեսը կոչվում է աննիհիլացիա (ոչնչացում), իսկ առաջացած էլեկտրամագնիսական ճառագայթումը՝ աննիհիլացիոն: Տվյալ դեպքում տեղի է ունենում մատերիայի մի ձևի վերածում մեկ այլ ձևի. այսինքն՝ նյութի մասնիկների վերածում գամմա-ֆոտոնների: Յուրաքանչյուր գամմա-քվանտ օժտված է 0,511 ՄԷՎ էներգիայով, որը հավասար է էլեկտրոնի և պոզիտրոնի հանգստի զանգվածի էներգետիկ համարժեքին: Այսպիսով՝ միջուկներից արձակվող էլեկտրոնները և պոզիտրոնները կոչվում են բետա-մասնիկներ կամ բետա-ճառագայթում:

էլեկտրոնային զավթում (գրավում): Միջուկի փոխարկումը կարող է իրականանալ նաև էլեկտրոնային զավթման ճանապարհով, երբ միջուկի պրոտոններից մեկը զավթում է ատոմի թաղանթներից մեկի էլեկտրոնը և վերածվում՝ նեյտրոնի: Այդ պրոցեսն անվանում են K- կամ L-զավթում: Նոր միջուկի հերթական համարը սկզբնական միջուկից փոքր է մեկ միավորով, իսկ զանգվածային թիվը չի փոխվում: Օրինակ՝



K- կամ L-թաղանթի վրա ազատված տեղը լրացվում է ավելի հեռու գտնվող ատոմային թաղանթի էլեկտրոնով, իսկ անցման ժամանակ անջատվում է հավելյալ էներգիա՝ բնութագրական ռենտգենյան ճառագայթման ձևով: Պոզիտրոնային տրոհում և էլեկտրոնային զավթում, որպես կանոն, նկատվում է միայն արհեստական ռադիոակտիվ իզոտոպների մոտ:

Որոշ միջուկներ կարող են տրոհվել մի քանի եղանակներով՝ α -, β -, պոզիտրոնային տրոհմամբ և K-զավթմամբ, ընդ որում՝ փոխարկումներն իրականանում են խիստ որոշակի հարաբերությամբ:

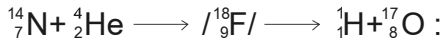
Ներքին փոխարկում: Գրգռված ատոմի միջուկը կարող է գրգռման էներգիան փոխանցել ներքին շերտերի էլեկտրոններից մեկին (K, L, M, N), ինչի հետևանքով այն պոկվում և հեռանում է ատոմի սահմաններից:

Այդ էլեկտրոններն ստացել են ներքին փոխարկման էլեկտրոններ անվանումը, որոնք արձակվում են միջուկի անմիջական էլեկտրամագնիսական փոխազդեցության հետևանքով՝ թաղանթի էլեկտրոնների հետ առաջացնելով էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգ: Փոխարկման էլեկտրոններն ունեն գծային սպեկտր՝ ի տարբերություն բետա-տրոհման էլեկտրոնների, որոնց սպեկտրը անընդհատ է:

ԱՐԴԵՍՏԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ

Արհեստական ռադիոակտիվության երևույթն անմիջականորեն կապված է միջուկային ռեակցիաների հետ:

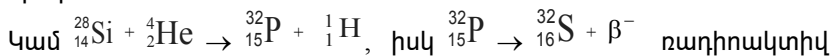
Առաջին անգամ 1919 թ. Է. Ռեզերֆորդը կատարեց միջուկների արհեստական փոխարկումներ՝ ուսումնասիրելով ալֆա-մասնիկների փոխազդեցությունը ազոտի միջուկների հետ: Նա հայտնաբերեց դեպքեր, երբ α -մասնիկը, մտնելով ատոմի միջուկի մեջ, դուրս է մղում պրոտոնին: Այդ դեպքում ազոտի կայուն իզոտոպ ${}^{14}_7\text{N}$ -ը α -մասնիկի ազդեցությամբ վերածվում է ֆտորի անկայուն միջուկի, որն անմիջապես փոխարկվում է թթվածնի միջուկի՝ արձակելով պրոտոն.



1934 թ. Իռեն և Ֆրեդերիկ ժուլիո-Կյուրի ամուսինները հայտնաբերեցին արհեստական ռադիոակտիվության երևույթը. այն քիմիական տարրերը, որոնք սովորական պայմաններում ռադիոակտիվ չեն, ատոմային միջուկի ռմբակոծման արդյունքում վերածվում են ռադիոակտիվ իզոտոպների: Եթե ռմբակոծումը կատարվում է արագ էլեկտրոնների միջոցով, ապա փոփոխություններն առաջանում են ատոմի էլեկտրոնային թաղանթի խորը շերտերում: Իսկ եթե ռմբակոծումը կատարվում է բարձր էներգիայի ծանր մասնիկներով, տեղի են ունենում միջուկային ռեակցիաներ, և առաջանում է նոր միջուկ: Վերջինս կարող է կայուն չլինել: Այսպես՝ Կյուրի ամուսինները բացահայտեցին, որ ալյումինիումի, մագնեզիումի և բորի միջուկները պոլոնիումի մասնիկներով ռմբակոծվելու արդյունքում որոշ ժամանակ դառնում են ռադիոակտիվ և արձակում են ճառագայթներ: Դրանց ատոմային միջուկները վերակառուցվում են, առաջանում են նոր տարրերի ատոմային միջուկներ: Վերջիններիս առաջացումը հաստատվել է քիմիական անալիզի միջոցով. բոլրը վերածվում է ազոտի իզոտոպի, իսկ ալյումինիումը՝ ֆոսֆորի ռադիոակտիվ իզոտոպի: Բացի արհեստական ռադիոակտիվությունից՝ 1940-1950 թթ. նրանք հայտնագործեցին նոր տեսակի ռադիոակտիվ տրոհում՝ պոզիտրոնային տրոհում, որը բնական ռադիոակտիվ տարրերին բնորոշ չէ:

Գիտությանը հայտնի բոլոր ռադիոակտիվ իզոտոպներից (մոտ 2000) միայն 300-ն են բնական: Մյուսներն ստացվել են արհեստական ճանապարհով՝ միջուկային ռեակցիաների արդյունքում, որտեղ որպես ռմբակոծող միջուկային մասնիկ օգտագործում են պրոտոններ, նեյտ-

րոններ, դեյտրոններ, α -մասնիկներ, ինչպես նաև γ -քվանտներ: Արհեստական ռադիոակտիվ տարրերի մեծ մասը β -ակտիվ է: Այդ տարրերի միջուկների վերափոխումը տեղի է ունենում մի քանի եղանակով. պրոտոնը վերածվում է նեյտրոնի՝ արձակելով պոզիտրոն և ատոմի թաղանթից կլանելով K-էլեկտրոն: Այդ փոխարկումների ժամանակ երբեմն առաջանում են էլեկտրադինական տատանումներ, որոնք γ -ճառագայթներն են: Արհեստական եղանակով են ստացվել 213, 215, 218-222, 227, 229-230 զանգվածային թվով ռադիոլումի ռադիոակտիվ իզոտոպները: Օրինակ՝ $^{226}_{88}\text{Ra}$ -ի իզոտոպը ալֆա ճառագայթող է և վերափոխվում է ռադոնի՝ $^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$:



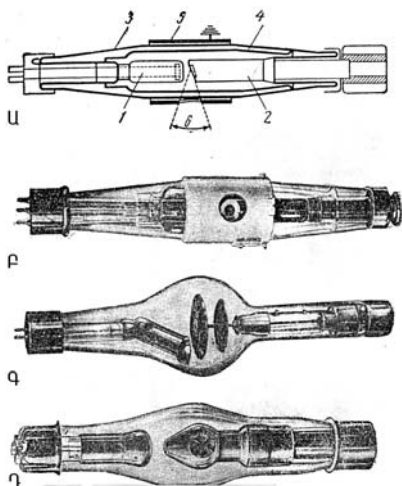
Ֆոսֆորը փոխարկվում է ծծմբի:

Ներկայումս արհեստական ռադիոակտիվ նյութերն ստացվում են միջուկային ռեակտորներում, որտեղ կայուն ատոմների միջուկ-թիրախները, ենթարկվելով մասնիկների ռմբակոծման, զավթում են դրանք և զրգռվում՝ ստանալով լրացուցիչ էներգիա:

Միջուկային ռեակցիաներն ընթանում են երկու փուլով. նախ տեղի է ունենում լիցքավորված մասնիկի և միջուկի միացում, ապա՝ բաղադրյալ միջուկի տրոհում: Բավարար քանակությամբ կինետիկ էներգիա պարունակող լիցքավորված մասնիկը, հանդիպելով քիմիական տարրի միջուկին, միանում է դրան, ինչի հետևանքով միջուկի լիցքն ու զանգվածն ավելանում են:

Բացի դրանից՝ հարվածող մասնիկն ատոմին հաղորդում է որոշակի քանակությամբ կինետիկ էներգիա, որը հավասարաչափ բաշխվում է նոր գոյացած միջուկի ներսում: Որպեսզի դրական լիցքավորված մասնիկները թափանցեն դրական լիցքավորված միջուկի մեջ, անհրաժեշտ է շատ մեծ կինետիկ էներգիա: Այդ նպատակով ստեղծվել են հատուկ սարքեր՝ արագացուցիչներ, ուժեղ էլեկտրական դաշտում լիցքավորված մասնիկների ցրման համար:

Լիցքավորված մասնիկների արագացուցիչներ են ռենտգենյան սարքավորումները, գծային արագացուցիչները, բետատրոնը, ֆազոտրոնը, ցիկլոտրոնը, էլեկտրոնային սինխրոտրոնը, սինխրոցիկլոտրոնը (նկ. 7, 8, 9):



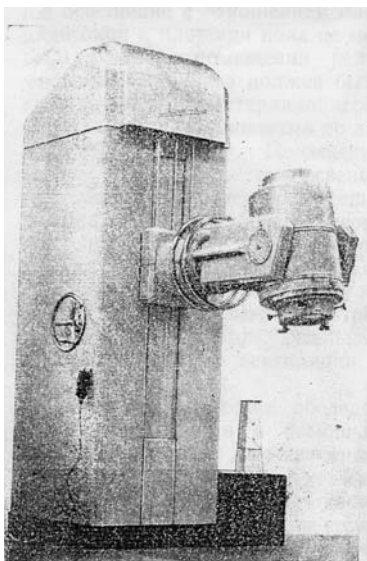
Նկ. 7. Ռենտգենյան փողակներ (խողովակներ)։

Ա. կառուցվածքային սխեման.

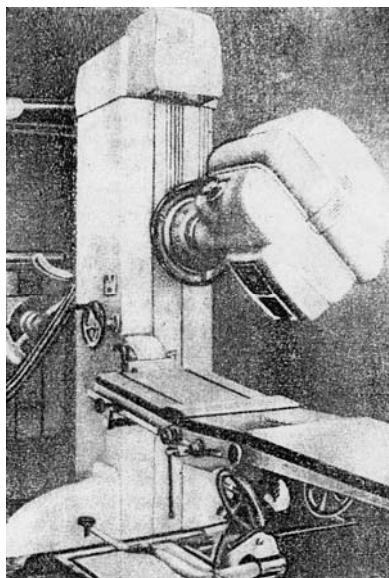
1. կատոդ,
2. անոդ,
3. արտաքին թաղանթ,
4. ներքին թաղանթ,
5. կապարե թաղանթ,
6. ծառագայթման փուլնք.

Բ. ռենտգենախտորոշիչ փողակ.

- Գ. պտտվող անոդ.
- Դ. ռենտգենաբուժական փողակ:



Նկ. 8. Գամմա-տեղակայանք «Լուչ-Ա», լիցքավորված ռադիոակտիվ կորալտով (^{60}Co):



Նկ. 9. Բետատրոն. ծառագայթման առավելագույն էներգիան՝ 15 ՄԷՎ:

Միջուկային փոխարկումներում որպես ռմբարկու մասնիկներ կարող են հանդես գալ հատկապես ազատ նեյտրոնները, որովհետև դրանք չունեն լիցք, օժտված են մեծ զանգվածով, չեն վանվում միջուկի կողմից և անարգել փոխազդում են միջուկի հետ՝ վերափոխվելով կայուն տարրի միջուկ-թիրախ ռադիոակտիվ իզոտոպի: Ակտիվացման նման ռեակցիա է դիտվում արյան և հյուսվածքների կայուն տարրերի հետ, երբ կենդանիներին ենթարկում են նեյտրոնային ճառագայթման՝ առաջացնելով օրգանիզմի՝ պատճառված (հատուցված) ռադիոակտիվություն:

Արհեստական ռադիոակտիվ իզոտոպները լայնորեն կիրառվում են կենսաբանության, բժշկության, անասնաբուժության, գյուղատնտեսության և այլ բնագավառներում:

ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՏՐՈՂՄԱՆ ՕՐԵՆՔԸ

Ռադիոակտիվ իզոտոպների քանակը ժամանակի ընթացքում նվազում է ռադիոակտիվ տրոհման (միջուկների փոխարկումներ) հետևանքով: Տրոհման ժամանակ կարող են փոխվել ռադիոակտիվ միջուկի կարգաթիվը և զանգվածի թիվը: Տրոհման արագությունը որոշվում է միջուկի կառուցվածքով, ուստի անհնար է սովորական ֆիզիկական ու քիմիական եղանակներով ազդել այդ պրոցեսի վրա: Յուրաքանչյուր իզոտոպի համար ատոմների տրոհման միջին արագությունը հաստատուն է և բնորոշ է միայն տվյալ իզոտոպին: Իզոտոպի ռադիոակտիվ տրոհման հաստատունը՝ λ , ցույց է տալիս, թե միջուկների որ մասն է տրոհվում միավոր ժամանակի ընթացքում: Այն արտահայտվում է ժամանակի հակադարձ միավորներով՝ վրկ⁻¹, րոպե⁻¹, ժամ⁻¹ և այլն, այսինքն՝ ռադիոակտիվ միջուկների թիվը ոչ թե ավելանում, այլ նվազում է:

Տրոհման հաստատունի հակադարձ մեծությունը ($\tau = 1/\lambda$) կոչվում է միջուկի կյանքի միջին տևողություն:

Ռադիոակտիվ տրոհման օրենքը. ժամանակի ընթացքում միշտ տրոհվում է առկա ատոմների միևնույն բաժինը: Ռադիոակտիվ տրոհման օրենքը մաթեմատիկորեն արտահայտվում է հետևյալ հավասարման տեսքով.

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

որտեղ N_t -ն t ժամանակից հետո մնացած ռադիոակտիվ միջուկների

թիվն է, N_0 -ն՝ ռադիոակտիվ միջուկների ելակետային թիվը, $t = 0$ ($N_0 > N_t$ ժամանակում), e -ն՝ բնական լոգարիթմների հիմքը, $e = 2,72$, λ -ն՝ ռադիոակտիվ տրոհման հաստատունը, t -ն՝ ժամանակը:

Այս բանաձևով կարելի է հաշվել չտրոհված ռադիոակտիվ ատոմների թիվը տվյալ պահին: Գործնականում տրոհման հաստատունի փոխարեն օգտվում են կիսատրոհման պարբերությունից:

Կիսատրոհման պարբերությունն այն T ժամանակահատվածն է, որի ընթացքում ռադիոակտիվ միջուկների սկզբնական N_0 քանակությունը նվազում է երկու անգամ կամ տրոհվում է միջուկների կեսը: Տարբեր ռադիոակտիվ իզոտոպների համար կիսատրոհման պարբերությունը կազմում է մի քանի վայրկյանից մինչև միլիարդ տարիներ, ընդ որում՝ մինչույն տարրը կարող է ունենալ տարբեր կիսատրոհման պարբերությամբ իզոտոպներ: Համապատասխանաբար, ռադիոակտիվ տարրերը ևս բաժանվում են կարճակյացների (ժամեր, օրեր) ու երկարակյացների: Կիսատրոհման պարբերության և տրոհման հաստատունի միջև եղած կապը դուրս են բերում տրոհման օրենքի հավասարումից.

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

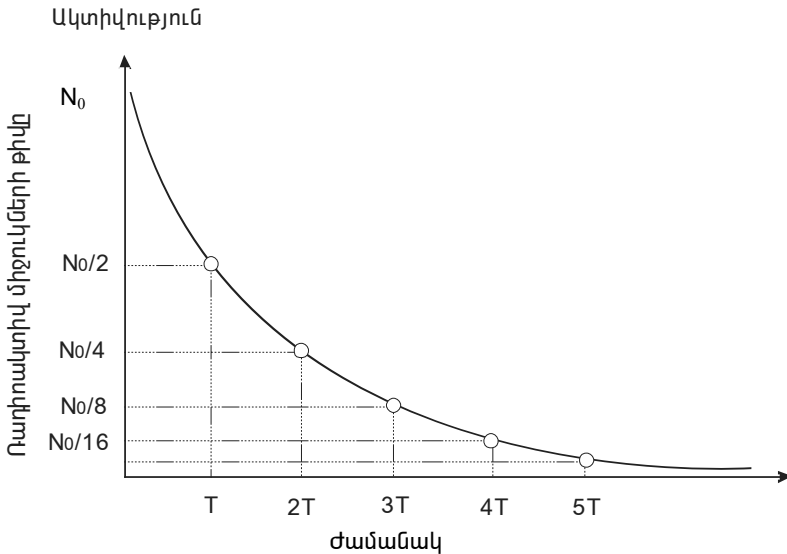
Եթե այդ արտահայտության մեջ տեղադրենք $t = T$ և $N_t = N_0/2$, ապա կստանանք՝ $N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T}$: Կրճատելով N_0 -ն և վերցնելով բնական լոգարիթմը՝ կստանանք՝ $\lambda T = \ln 2$, այսինքն՝ $\lambda T = 0,693$, որտեղից՝

$$\lambda = 0,693/T, T = 0,693/\lambda:$$

Այս հարաբերությունը ցույց է տալիս, որ տրոհման հաստատունի և կիսատրոհման պարբերության միջև գոյություն ունի հակադարձ կախվածություն, այսինքն՝ որքան մեծ է λ -ի արժեքը, այնքան փոքր է T -ն, և հակառակը. $N_t = N_0 e^{-0,693t/T}$:

Այսպիսով՝ ռադիոակտիվ իզոտոպի միջուկների թիվը ժամանակի ընթացքում պակասում է ցուցչային (էքսպոնենցիալ) օրենքով:

Ռադիոակտիվ տրոհման օրենքը գրաֆիկորեն արտահայտվում է ցուցչային կորի տեսքով, որտեղից կիսատրոհման պարբերությունների թվի ավելացման հետ չտրոհված ատոմների թիվը նվազում է ասիմպտոտիկ ձևով՝ մոտենալով զրոյի: Միջուկների տրոհումներն ընթանում են ոչ հավասարաչափ՝ մերթ մեծ, մերթ փոքր բաժիններով: Ուստի ճիշտ տվյալներ ստանալու համար անհրաժեշտ է հետազոտվող ռադիոակտիվ պատրաստուկի (նմուշ) հաշվարկը մի քանի անգամ կրկնել՝ ճիշտ ընտրելով հաշվարկի ժամանակը (նկ. 10):



Նկ. 10. Ռադիոակտիվ տրոհման կոր:

ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՏԱՐՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

Ռադիոակտիվ նյութի քանակը որոշում են վերջինիս ակտիվությամբ, որը հավասար է միավոր ժամանակահատվածում տեղի ունեցող տրոհումների թվին: Որքան շատ միջուկային փոխարկումների է ենթարկվել փորձարկվող պատրաստուկը մեկ վայրկյանում, այնքան մեծ է դրա ակտիվությունը:

Ռադիոնուկլիդների ակտիվությունն ուղիղ համեմատական է ռադիոակտիվ ատոմների թվին, այսինքն՝ տվյալ նյութի քանակի ավելացմանը զուգահեռ այն աճում է: Տարբեր ռադիոնուկլիդների միևնույն կշռային քանակների ակտիվությունը տարբեր է, ինչը պայմանավորված է դրանց ռադիոիզոտոպների տրոհման արագությամբ: Այսպես՝ միևնույն զանգվածով և կիսատրոհման տարբեր պարբերություններով ռադիոնուկլիդներից՝ ^{238}U ($4,5 \cdot 10^9$ տարի), ^{32}P (14,3 օր) և ^8Li (0,89 վրկ) ամենաբարձր ակտիվություն ունեն լիթիումը և ֆոսֆորը, քանի որ

դրանց տրոհումների թիվը մեկ վայրկյանում ավելի մեծ է: Բացարձակ միավորների համակարգում (Si) ռադիոնուկլիդի ակտիվության միավորը վայրկյանի ընթացքում տեղի ունեցող տրոհումների թիվն է, որը անվանել են **բեքերել** (Բք). $1\text{ Բք} = \text{վրկ}^{-1}$: Առավել տարածված է արտահամակարգային միջազգային միավորը՝ **կյուրի** (Կի), որը ցանկացած ռադիոակտիվ տարրի այն քանակն է, որի մեջ տրոհումների թիվը մեկ վայրկյանում հավասար է $3,7 \cdot 10^{10}$: Այն համապատասխանում է 1 գ ռադիումի ռադիոակտիվությանը: Սովորաբար օգտագործում են կյուրիի կոտորակային միավորները՝ միլիկյուրի ($1\text{ մԿի} = 10^{-3}\text{ Կի} = 3,7 \cdot 10^7$ տրոհ/վրկ), միկրոկյուրի ($1\text{ մկԿի} = 10^{-6}\text{ Կի} = 3,7 \cdot 10^4$ տրոհ/վրկ), նանոկյուրի ($1\text{ նԿի} = 10^{-9}\text{ Կի} = 3,7 \cdot 10$ տրոհ/վրկ):

Ռադիոակտիվ նյութերը բնութագրվում են **տեսակարար ակտիվության կամ խտության մեծություններով**, որի միավորներն են Կի/մլ, Կի/լ, Կի/գ, Կի/կգ և դրանց ածանցյալները: Յուրաքանչյուր ռադիոակտիվ նյութի ակտիվության նվազումը որոշում են ռադիոակտիվ տրոհման հիմնական օրենքին համապատասխանող բանաձևով.

$$A_t = A_0 e^{-0,693t / T},$$

որտեղ A_t -ն պատրաստուկի ակտիվությունն է t ժամանակից հետո: T -ն և t -ն արտահայտվում են միևնույն չափանիշներով (րոպե, ժամ, օր և այլն):

Տարբեր աղբյուրների բնութագրման համար որոշում են **զամմա-ակտիվությունը**: Այդ նպատակով մտցված է մեկ այլ միավոր՝ միլիգրամ (1 մգ) ռադիումի համարժեքը՝ (մգ-հմժ-ռա):

1 մգ (1 մկի) ռադիումի կետային աղբյուրը, անցնելով 0,5 մմ հաստությամբ պլատինե ֆիլտրի միջով, 1 սմ օդում ստեղծում է 8,4 Ռ/ժ դոզայի հզորություն, այն անվանում են **ռադիումի իոնացման զամմա-հաստատուն** և նշանակում K_γ :

Ռադիումի զամմա-հաստատունն ընդունված է որպես ճառագայթման դոզայի հզորության չափանմուշ, որի հետ համեմատում են մյուս բոլոր զամմա-ճառագայթիչների զամմա-հաստատունը: Ռադիոիզոտոպների համար գոյություն ունեն զամմա-հաստատունի աղյուսակներ: Այսպես՝ Co^{60} -ի զամմա-հաստատունը՝ $K_\gamma = 13,5\text{ Ռ/ժ}$. համեմատությունները ցույց են տվել, որ 1 մԿի Co^{60} -ի ճառագայթման դոզան 1,6 անգամ ավելի բարձր է, քան 1 մԿի ռադիումինը ($13,5/8,4=1,6$): Իզոտոպի M զամմա-համարժեքը դրա A (մկի) ակտիվության հետ կապված է իոնացման զամմա-հաստատունի միջոցով՝ հետևյալ հարաբերություններով՝ $M = AK_\gamma / 8,4$, $A = 8,4 M / K_\gamma$, որոնք հնարավորություն են տալիս ռա-

դիտակտիվ նյութի ակտիվությունը, արտահայտված մգ-հմԺ-ռա, վերածել ակտիվության՝ արտահայտված միլիկյուրիներով, և հակառակը:

ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅՈՒԹԻ ԴԵՏ

Բոլոր տեսակի միջուկային ճառագայթները, թափանցելով նյութի մեջ, առաջացնում են էֆեկտներ, որոնց հիման վրա կարելի է՝

-հայտնաբերել և գրանցել միջուկային ճառագայթները (α -, β -մասնիկները, γ -քվանտները, նեյտրոնները և այլն),

-գնահատել ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությունը,

-ընտրել պաշտպանության միջոցներ:

Այս երևույթները հասկանալու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրել տարբեր ճառագայթների փոխազդեցությունը նյութի հետ:

α - ԵՎ β -ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Լիցքավորված մասնիկները, անցնելով նյութի միջով, աստիճանաբար կորցնում են իրենց էներգիան, հիմնականում ատոմների էլեկտրոնների, ինչպես նաև միջուկի էլեկտրական դաշտի հետ փոխազդեցության հետևանքով: Էլեկտրոնների հետ ատոմների փոխազդեցության ընթացքում α - և β -մասնիկների կինետիկ էներգիան ծախսվում է իոնացման և ատոմների ու մոլեկուլների գրգռման վրա: Փոխազդելով միջուկի էլեկտրական դաշտի հետ՝ լիցքավորված մասնիկն արգելակվում է և փոխում իր շարժման ուղղությունը: Այդ ժամանակ տեղի է ունենում ճառագայթում, որը կոչվում է ***արգելակային ռենտգենյան ճառագայթում***: Լիցքավորված մասնիկների կինետիկ էներգիայի նվազումը էլեկտրական դաշտում անվանում են ճառագայթային կորուստներ. որքան մեծ է միջավայրի ատոմների հերթական համարը և մասնիկների էներգիան, այնքան մեծ են կորուստները:

Ճառագայթային կորուստներն ու արգելակային ռենտգենյան ճառագայթները բնորոշ են միայն β -մասնիկներին: Ուստի աշխատանքի ընթացքում β -ճառագայթներից պաշտպանվելու համար նպատակահարմար է օգտագործել փոքր խտությամբ նյութեր, օրինակ՝ պլեկսիդ-լաս, օրգանական ապակի, պոլիմերներ և այլն:

Միջուկների և լիցքավորված մասնիկների փոխազդեցության հավանականությունը շատ փոքր է: Օրինակ՝ նյութի միջով անցնող 500 000 α -մասնիկներից, միջին հաշվով, միայն մեկն է փոխազդում միջուկի հետ:

α-մասնիկների թույլ թափանցելիության շնորհիվ դրանց շարժումը կարելի է լրիվ կասեցնել թղթի, հագուստի, վիրաբուժական ռետինե ձեռնոցների և այլ միջոցների օգնությամբ:

Փոխազդեցության էներգետիկ բնութագրումները: Իոնացման պրոցեսի էներգետիկ մեծությունը իոնացման աշխատանքն է (պոտենցիալը): Դա այն միջին աշխատանքն է, որը ծախսվում է մեկ զույգ իոնների առաջացման համար: Օդային միջավայրում այդ ցուցանիշը α-մասնիկների համար կազմում է միջին հաշվով 35 էՎ, իսկ β-մասնիկների համար՝ 34 էՎ: Ըստ լիցքավորված մասնիկի E էներգիայի՝ կարելի է հաշվարկել առաջացած I զույգ իոնների քանակը, այսինքն՝ լրիվ իոնացման դեպքում՝

$$I=E/W,$$

որտեղ W-ն մեկ զույգ իոնի առաջացման համար անհրաժեշտ էներգիայի միջին քանակությունն է:

Տարբեր բնույթի, սակայն հավասար էներգիայով օժտված լիցքավորված մասնիկներն առաջացնում են միևնույն քանակությամբ իոնների զույգեր (լրիվ իոնացում): Այս դեպքում տեսակարար իոնացումը կամ իոնացման խտությունը, այսինքն՝ զույգ իոնների թիվը նյութում մասնիկի մեկ միավոր ուղղու վրա տարբեր է: Իոնացման խտությունը մեծանում է մասնիկի լիցքի մեծացման և դրա շարժման արագության փոքրացման դեպքում: Այն ուղին, որով α- կամ β-մասնիկն անցնում է նյութի միջով և առաջացնում իոնացում, կոչվում է **մասնիկի վազք:**

Անցնելով նյութի միջով՝ լիցքավորված մասնիկների էներգիան և արագությունը աստիճանաբար նվազում են, այդ պատճառով իոնացման խտությունը մասնիկի ճանապարհի երկարությամբ աճում է և ճանապարհի վերջում հասնում իր գագաթնակետին: Վազքի վերջում α-մասնիկն իրեն է միացնում երկու էլեկտրոն և վերածվում է հելիումի ատոմների, իսկ β-մասնիկը (էլեկտրոն) կարող է միանալ միջավայրի ատոմներից մեկին կամ որոշ ժամանակ մնալ որպես ազատ էլեկտրոն: α- և β-մասնիկների տարածման ուղղությունը, վազքի արագությունը նյութում և բնութագրային մյուս տվյալները նշված են համապատասխան բաժնում:

Անհրաժեշտ է նշել α- և β-մասնիկների մեկ տարբերություն ևս. դա վերաբերում է նյութի միջով անցնելու ընդունակությանը:

Քանի որ տվյալ ռադիոակտիվ իզոտոպից արձակված բոլոր α-մասնիկներն օժտված են համեմատաբար հավասար էներգիայով և նյութի

մեջ շարժվում են ուղղագիծ ուղղությամբ, ապա կլանիչի միավոր մակերեսով անցնող զուգահեռ խրճում α -մասնիկների թիվը կտրուկ նվազում է՝ վազքի վերջում հավասարվելով զրոյի: β -մասնիկների սպեկտրը անընդհատ է, ուստի կլանիչի հաստությունը մեծացնելիս միավոր մակերեսով անցնող β -մասնիկների թիվը զուգահեռ խրճում աստիճանաբար փոքրանում է, քանի որ տարբեր էներգիա ունեցող β -մասնիկները կլանվում են կլանիչի տարբեր շերտերի կողմից:

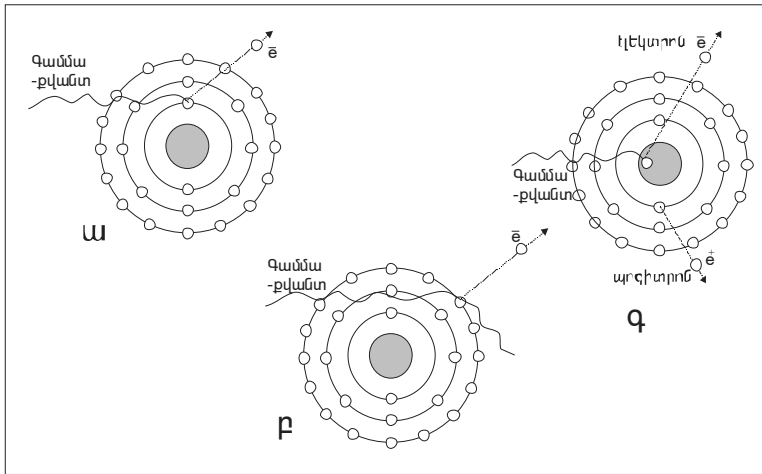
Սովորաբար կլանիչի հաստությունն արտահայտում են $q/\text{սմ}^2$ կամ $\Delta q/\text{սմ}^2$ միավորներով՝ ցույց տալով կլանիչի զանգվածը 1 սմ^2 մակերեսում:

ԳԱՄՄԱ-ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅՈՒԹԻ ՀԵՏ

Ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթների փոխազդեցությունը ճառագայթահարվող նյութի ատոմների հետ տեղի է ունենում տարբեր ձևերով և հիմնականում կախված է դրանց էներգիայից, կլանող նյութի ատոմային համարից: Ռադիոակտիվ տրոհման ժամանակ միջուկներն արձակում են գամմա-քվանտներ, որոնց էներգիան մի քանի կիլոէլեկտրոն-վոլտից մինչև մեգաէլեկտրոնվոլտ է: Գամմա-քվանտները, անցնելով նյութի միջով, կորցնում են իրենց էներգիան՝ առաջացնելով ֆոտոէլեկտրական կլանում (ֆոտոէֆեկտ), քոմփոնային ցրում (քոմփոնէֆեկտ), էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգի առաջացում (նկ.11):

Ֆոտոէֆեկտ: Ֆոտոէլեկտրական կլանման ժամանակ գամմա-քվանտը բախվում է ճառագայթահարվող նյութի ատոմներում ամուր կապված էլեկտրոնի հետ (հաճախ K-շերտի էլեկտրոնի հետ), դրան հաղորդում իր ամբողջ էներգիան և անհետանում, իսկ էլեկտրոնը ձեռք է բերում կինետիկ էներգիա:

Ֆոտոէֆեկտի դեպքում գամմա-քվանտի ողջ էներգիան վերափոխվում է ֆոտոէլեկտրոնի կինետիկ էներգիայի, որն իոնացնում է միջավայրի ատոմներն ու մոլեկուլները: Ատոմի ուղեծրում K-շերտի ազատված տեղը զբաղեցնում է L-շերտի էլեկտրոնը, L-շերտի տեղը՝ M-շերտի էլեկտրոնը և այլն՝ արձակելով քվանտներ, որոնք բնորոշ են ռենտգենյան բնութագրական ճառագայթմանը: Արդյունքում քվանտն անհետանում է, իսկ ատոմից պոկած էլեկտրոնը, որը կոչվում է ֆոտոէլեկտրոն, փոխազդեցության մեջ է մտնում միջավայրի ատոմների հետ: Ֆոտոէլեկտրական կլանումը գերակշռում է այն դեպքում, երբ γ -քվանտի էներգիան չի գերազանցում $0,05 \text{ ՄԷվ}$, իսկ կլանիչը մեծ ատոմային համարով նյութ է (օրինակ՝ կապար):



**Նկ. 11. Գամմա-ճառագայթների փոխազդեցությունը նյութի հետ.
ա. ֆոտոէլեկտրական կլանում, բ. քոմփթոնէֆեկտ,
գ. զույգերի առաջացում:**

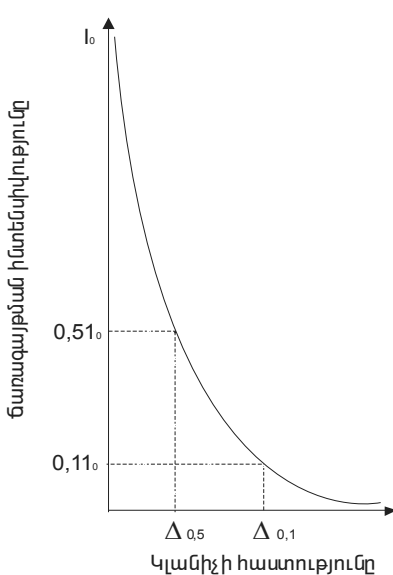
Քոմփթոնէֆեկտի ժամանակ γ -քվանտներն ատոմին հաղորդում են իրենց էներգիայի միայն մի մասը, որը ծախսվում է էլեկտրոնն ատոմից պոկելու և դրան շարժման արագություն տալու համար: Փոխելով շարժման ուղղությունը՝ γ -քվանտները ցրվում են: Վերջիններիս հետ բախվելով՝ պոկված էլեկտրոնը ձեռք է բերում էներգիայի որոշակի պաշար, որը ծախսում է միջավայրի ատոմներն իոնացնելու համար: Ի տարբերություն ֆոտոէֆեկտի՝ քոմփթոնային ցրումը հնարավոր է ազատ էլեկտրոնների վրա:

Էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգերի առաջացումը: Բարձր էներգիայի գամմա-քվանտների և արգելակային ռենտգենյան ճառագայթման ազդեցության դեպքում կարևոր դեր է խաղում զույգերի գոյացումը: Այս դեպքում ֆոտոնների էներգիան $1,02$ ՄեՎ-ից պակաս չպետք է լինի: Անցնելով նյութի միջով՝ գամմա-քվանտներն ուժեղ էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ վերածվում են էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգի, այսինքն՝ տեղի է ունենում ճառագայթման էլեկտրամագնիսական էներգիայի վերածում նյութի մասնիկների: Այդ ժամանակ առաջացած էլեկտրոնն ու պոզիտրոնը, ինչպես էլեկտրոնները ֆոտո- և քոմփթոնային էֆեկտների դեպքում, իրենց էներգիան փոքր բաժիններով ծախսում են հետագա իոնացման համար: Հետագայում առաջացած զույգերն

անհետանում են (աննիհիլացիայի են ենթարկվում), վերածվելով երկու երկրորդական γ -քվանտների, որոնց էներգիան համարժեք է մասնիկների հանգստի զանգվածին ($0,511$ ՄԷՎ): Երկրորդական γ -քվանտներն ընդունակ են առաջացնել միայն քոմփթոնէֆեկտ, այնուհետև՝ ֆոտոէֆեկտ, այսինքն՝ կորցնել էներգիան միայն էլեկտրոնների հետ բախվելիս: Զույգերի առաջացման հավանականությունը մեծանում է γ -քվանտների էներգիայի և կլանիչի խտության մեծացմանը զուգընթաց:

Բարձր էներգիայի (8 ՄԷՎ-ից ավելի) գամմա-ճառագայթները կարող են փոխազդել ատոմների միջուկների հետ (միջուկային էֆեկտ), ինչի հավանականությունը շատ փոքր է, և այն գործնականորեն չի թուլացնում ճառագայթումը նյութի մեջ:

Անհրաժեշտ է նշել, որ գամմա-ճառագայթների թուլացման օրենքը զգալիորեն տարբերվում է α - և β - մասնիկների թուլացման օրենքից, որի համար միշտ կարելի է ընտրել նյութի այնպիսի շերտ, որտեղ լրիվ



Նկ. 12. Գամմա-ճառագայթների ուժգնության թուլացման կախվածությունը կլանիչի հաստությունից:

կլանվի α - կամ β -մասնիկների հոսքը: Իսկ γ -ճառագայթների խտուրձը, անկախ կլանող նյութի հաստությունից, չի կարող լրիվ կլանվել. կարելի է միայն թուլացնել դրանց ուժգնությունը:

Գամմա-ճառագայթների թուլացումն ավելի լավ է արտահայտված քվանտների ցածր էներգիայի, կլանիչի մեծ ծավալի ու խտության և այլ պայմաններում: Նկատի ունենալով, որ γ -քվանտների վազքն օդում հասնում է մինչև $100\text{--}150$ մ, ապա $2,5$ ՄԷՎ էներգիա ունեցող քվանտների համար կիսաթուլացման շերտը ($\Delta 1/2$) կազմում է 200 մ, կապարում՝ $1,8$ սմ, բետոնում՝ 10 սմ, փայտում՝ 25 սմ: Իսկ 40 սմ հաստությամբ կապարի շերտը տասնապատիկ անգամ թուլացնում է նշված γ -քվանտների էներգիան (Նկ. 12):

ՆԵՅՏՐՈՆՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶՂԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅՈՒԹԻ ԴԵՏ

Նեյտրոնային ճառագայթումն օժտված է բարձր թափանցելիությամբ և կենդանի օրգանիզմներում կարող է առաջացնել պատճառված ռադիոակտիվություն: Նեյտրոնը հայտնագործել է Ջադվիկը (1932 թ.): Այն մասնակցում է տարրական մասնիկների՝ բոլոր հայտնի փոխազդեցություններին:

Էլեկտրական լիցքի բացակայության շնորհիվ նեյտրոնը թափանցում է ատոմի էլեկտրոնային թաղանթների միջով, մոտենում լիցքավորված մասնիկին և փոխազդում վերջինիս հետ՝ առաջացնելով միջուկային ռեակցիա, որի հետևանքով կարող է տեղի ունենալ ծանր միջուկի տրոհում կամ ռադիոակտիվ իզոտոպների առաջացում: Ուստի նեյտրոնները շատ կարևոր նշանակություն ունեն ինչպես գիտական հետազոտությունների կատարման, այնպես էլ միջուկային էներգետիկայի համար: Քանի որ նեյտրոններն ունեն ներթափանցման բարձր ունակություն և էներգիան կորցնում են միայն ատոմի միջուկի հետ՝ բախման ժամանակ, ապա հնարավոր է միջուկների վրա նեյտրոնների առածգական և ոչ առածգական ցրում: Ըստ էներգիայի՝ տարբերում են գերաբազ, արագ, միջակա, դանդաղ և քերմային նեյտրոններ:

Պերարագ նեյտրոնները ստանում են միջուկային ռեակտորներում՝ միջուկային պայթյունների ժամանակ: Դրանց էներգիան կազմում է 10-50 ՄԷՎ: Փոխազդելով ծանր տարրերի հետ՝ գերաբազ նեյտրոններն առաջացնում են միջուկների կիսում և գրգռում, պրոտոնների և նեյտրոնների հարաբերությունը խախտվում է, փոքրանում է միջուկային ուժերի շղթայակցումը, և մասնիկները տեղափոխվում են տարբեր բևեռներ: Միջուկը ենթարկվում է դեֆորմացիայի (ձևափոխման) և կիսվում է 2-3 բեկորների, ընդ որում՝ յուրաքանչյուր կիսման ժամանակ անջատվում է հսկայական էներգիա (մոտ 200 ՄԷՎ) և երկու-երեք ազատ նեյտրոններ, որոնք ընդունակ են առաջացնել նոր միջուկների կիսում: Այսպես առաջանում է միջուկների կիսման շղթայական պրոցես:

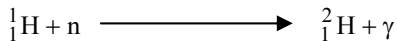
Ռադիոկենսաբանական ուսումնասիրությունների համար առավել կարևոր են միջուկային պայթյունների առաջին ամիսներին առաջացած հետևյալ նյութերը՝ ^{131}I , ^{140}Ba , ^{89}Sr , հետագայում՝ նաև ^{90}Sr , ^{137}Cs :

Արագ նեյտրոնները առաջանում են միջուկային ռեակցիաների ընթացքում: Դրանց էներգիան չի գերազանցում 100 ԿԷՎ: Բախվելով ատոմների միջուկներին՝ արագ նեյտրոնները փոխանցում են իրենց էներգիայի մի մասը՝ առաջացնելով արագ թռչող միջուկներ, որոնք

ծախսում են իրենց էներգիան միջավայրի իոնացման համար: Ուստի արագ նեյտրոնների ընթացքը կարելի է դանդաղեցնել թեթև նյութերով, որոնք պարունակում են ջրածնի շատ ատոմներ, օրինակ՝ ջուր, պարաֆին, գործվածք (կտոր), և որոնք հեշտությամբ անցնում են ծանր տարրերի հաստ շերտով, օրինակ՝ կապար և այլն:

Միջակա նեյտրոնների էներգիան 100 էՎ-ից մինչև 1 ԿէՎ է: Դրանք փոխազդում են նյութի հետ՝ առաջացնելով առաձգական ցրում:

Դանդաղ և քերմային նեյտրոնների էներգիան չի գերազանցում 1 ԿէՎ: Դանդաղ նեյտրոնները, ի տարբերություն արագ նեյտրոնների, գրավվում են ատոմների միջուկներով, առաջացնելով նոր կայուն կամ ռադիոակտիվ իզոտոպներ: Ջուր պարունակող նյութերում ջրածնի միջուկը գրավում է դանդաղ նեյտրոնները և վերափոխվում ծանր ջրածնի միջուկի՝ դեյտերիումի (2_1H): Այդ ընթացքում անջատվում են կոշտ գամմա-քվանտներ՝ 2,18 ՄէՎ էներգիայով.



Ջերմային նեյտրոնների էներգիան հասնում է մինչև 0,025 էՎ: Ինչպես և դանդաղ նեյտրոնները՝ դրանք գրավվում են կլանվող միջավայրում:

Փոքր էներգիայով նեյտրոններից պաշտպանվելու համար անհրաժեշտ է կլանիչներից (ջուր, կադմիում, բոր) բացի օգտագործել նաև ծանր նյութերից պատրաստված էկրան (բարիում, կապար), որը թուլացնում է գամմա-ճառագայթումը:

Նեյտրոնների գրանցման համար ստեղծվել են նեյտրոնային դետեկտորներ, որոնց աշխատանքը հիմնված է ատոմային միջուկների հետ նեյտրոնների փոխազդեցության հետևանքով առաջացող երկրորդային մասնիկների գրանցման վրա:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ատոմի ու միջուկի տարրական մասնիկները:
2. Էլեկտրոնին արտաքինից լրացուցիչ էներգիա հաղորդելիս էլեկտրոնային թաղանթներում առաջացող պրոցեսները:
3. Ռենտգենյան, ալֆա-, բետա- և գամմա- ճառագայթների առաջացումը:
4. Իզոտոպների, իզոմերների, իզոբարների, իզոտոնների բնութագիրը:
5. Բնական և արհեստական ռադիոակտիվություն:
6. Ճառագայթման տրոհման օրենքը, դրա նշանակությունը:
7. Ռադիոակտիվ տարրերի ակտիվության միավորները:
8. Նյութի հետ ճառագայթների փոխազդեցության հետևանքով առաջացող էֆեկտները:

ԳԼՈՒԽ 3

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԴՈՋԱՉԱՓՈՒՄ ԵՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՉԱՓՈՒՄ

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը մարդկանց, կենդանիների, շրջապատում գտնվող կենդանի ու անկենդան ծագում ունեցող նյութերի վրա որոշելու համար անհրաժեշտություն առաջացավ սահմանել ճառագայթման մեծության միավորը. այդ միավորը դոզան է, որը տալիս է իոնացնող ճառագայթների քանակական և որակական գնահատականը: Մշակվեցին իոնացնող ճառագայթների՝ կլանվող էներգիայի քանակը ճիշտ հայտնաբերելու և չափելու մեթոդներ: Այս ամենը, ինչպես նաև ճառագայթների հետ աշխատելիս անվտանգության ապահովման անհրաժեշտությունը նպաստեցին դոզաչափման զարգացմանը:

Դոզաչափումը (դոզիմետրիա) միջուկային ֆիզիկայի և չափողական տեխնիկայի այն բաժինն է, որն ուսումնասիրում է նյութի վրա իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը բնորոշող մեծությունները, դրանց չափման մեթոդներն ու սարքերը, կլանման դոզաների հաշվարկները արտաքին և ներքին ճառագայթման ժամանակ:

Ճառագայթաչափումը (ռադիոմետրիա) կիրառական միջուկային ֆիզիկայի այն բաժինն է, որը մշակում է ռադիոիզոտոպների ռադիոակտիվության չափման մեթոդները, դրանց նույնականացումը: Ճառագայթաչափումը հայտնաբերում և չափում է ռադիոակտիվ աղբյուրներում ատոմների միջուկների տրոհումը ճառագայթների արձակման տեսքով:

Դոզաչափումը և ճառագայթաչափումը հիմնվում են իոնացնող ճառագայթների հայտնաբերման և գրանցման ընդհանուր մեթոդական սկզբունքների վրա:

Ճառագայթաչափման հիմնադիրներն են Է. Ռեզերֆորդը և Ջ. Յեյզերը, ովքեր 1930 թ. կայծակնային հաշվիչով առաջին անգամ որոշել են 1 վայրկյանում 1գ ռադիումի կողմից անջատված ալֆա-մասնիկների թիվը, այսինքն՝ տեսակարար ակտիվությունը:

Ակտիվության զանգվածային չափումները հիմնականում իրականացվում են հարաբերական մեթոդներով՝ չափվող աղբյուրները համեմատելով չափանմուշային (էտալոնային) աղբյուրների հետ: Այդ մեթոդները կիրառվում են միշակիր ատոմներով կատարվող հետազոտություններում, երկրաբանության, բժշկության, անասնաբուժության և գյուղատնտեսության այլ բնագավառներում:

ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԴՈՋԱՆ ԵՎ ՀՅՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կենսաբանական օբյեկտներում իոնացնող էներգիայի դոզաչափումը կարևոր նշանակություն ունի, քանի որ ճառագայթների փոխազդեցության հետևանքով կենդանի օրգանիզմին փոխանցվում է որոշակի քանակությամբ էներգիա: Հայտնի է, որ ռենտգենյան և միջուկային ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությունն օրգանիզմի վրա պայմանավորված է կենսաբանական միջավայրի ատոմների ու մոլեկուլների իոնացմամբ և գրգռմամբ: Հետևաբար՝ ճառագայթների էներգիան ծախսվում է իոնացման վրա: Ճառագայթահարվող օբյեկտի միջով անցնող ճառագայթների մի մասը դրա վրա չի ազդում (չի կլանվում), իսկ կլանված էներգիայի հիմնական մասը, թափանցելով նյութի մեջ, առաջացնում է վերջինիս ճառագայթահարում: Ուստի օրգանիզմի վրա ճառագայթման ազդեցությունը բնորոշող հիմնական մեծությունը ուղիղ համեմատական է կլանված էներգիայի քանակին, որը չափելու համար ընդունված է ճառագայթման (կլանման) դոզա հասկացությունը:

Ճառագայթման դոզան էներգիայի (E) այն քանակությունն է, որը կլանվում է ճառագայթահարվող նյութի ծավալի (զանգված) Δm միավորի կողմից.

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m},$$

որտեղ D-ն կլանման դոզան է, Ջ/կգ կամ գրեյ (Գր):

Տարբերում են էքսպոզիցիոն, կլանված և համարժեքային դոզաներ, ինչպես նաև ճառագայթահարվող օբյեկտի մակերեսային (մաշկային), խորքային, օջախային, ընդհանուր և օդում կլանված դոզաներ:

Կենդանու օրգանիզմի հյուսվածքների խորքում զույգ իոնների քանակը չափազանց դժվար է չափել, ուստի օբյեկտի վրա ազդող ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթների քանակական բնութագրման համար որոշում են, այսպես կոչված, **էքսպոզիցիոն դոզան (D₀)**, որը բնորոշում է ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթների իոնացնող ունակությունը օդում: Էքսպոզիցիոն դոզայից, համապատասխան գործակիցների օգնությամբ, որոշում են օբյեկտի խորքային կլանված դոզան: Էքսպոզիցիոն դոզան որոշում են օդի որոշակի զանգվածում ճառագայթների իոնացնող ազդեցությամբ՝ ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթների տասնյակ ԿԵՎ-ից մինչև 3 ՄԵՎ էներգիայի սահմաններում: Ավելի մեծ էներգիայի արգելակային ճառագայթման չափման միավորները վերջնակա-

նապես որոշված չեն:

Որպես էքսպոզիցիոն դոզայի միավոր միավորների միջազգային համակարգում (Si) ընդունված է կուլոնը կիլոգրամի հարաբերակցությամբ (Կլ/կգ), այսինքն՝ ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթների այնպիսի էքսպոզիցիոն դոզա, որի ժամանակ 1 կգ չոր օդում առաջանում են իոններ՝ յուրաքանչյուր նշանի մեկ կուլոն էլեկտրական լիցքով:

Գործնականում կիրառվում է 1928 թ. ընդունված արտահամակարգային միավորը՝ **ռենտգենը** (1 Ռ = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Կլ/կգ):

Ռենտգենը (Ռ) ռենտգենյան կամ գամմա-ճառագայթների էքսպոզիցիոն դոզան է, որի դեպքում նորմալ պայմաններում (0°C և 1013 գՊա) 1 սմ^3 օդում ($0,001293$ գ) առաջանում են $2,08 \cdot 10^9$ զույգ իոններ:

Քանի որ օդում մեկ զույգ իոնի առաջացման համար ծախսվում է միջին հաշվով 34 էՎ էներգիա, ապա ռենտգենի էներգետիկ համարժեքը 1 սմ^3 օդում կազմում է $2,08 \cdot 10^9 \cdot 34 = 7,08 \cdot 10^4$ ՄէՎ = $0,114$ էրգ/սմ³ կամ 88 էրգ ($0,114 : 0,001293 = 88$ էրգ) 1 գ օդում:

Ռենտգեն միավորի ածանցյալներն են կիլոռենտգենը (1 կՌ = 10^3 Ռ), միլիռենտգենը (1 մՌ = 10^{-3} Ռ), միկրոռենտգենը (1 մկՌ = 10^{-6} Ռ):

Սակայն ռենտգեն միավորով հնարավոր չէ լուծել ռադիոլոգիայի բոլոր չափողական և գործնական խնդիրները, ուստի 1953 թ. Ռադիոլոգների միջազգային կոնգրեսի կողմից առաջարկվեց և լայն կիրառում ստացավ **ռադ** միավորը՝ ցանկացած միջավայրում ճառագայթների ֆիզիկական էֆեկտների, մասնավորապես՝ կենսաբանական հյուսվածքներում կլանված դոզայի որոշման համար:

Ռադ միավորը (rad-radiation absorbent dose) ցանկացած տեսակի իոնացնող ճառագայթների կլանված դոզան է, որի դեպքում նյութի 1 գ զանգվածում կլանվում է 100 էրգ ճառագայթման էներգիա.

$1 \text{ ռադ} = 100 \text{ էրգ/գ} = 10^{-2} \text{ Ջ/կգ}$: Ռադ միավորի ածանցյալներն են՝ 1 կիլոռադ = 10^3 ռադ, 1 միլիռադ = 10^{-3} ռադ, 1 միկրոռադ = 10^{-6} ռադ:

Միավորների միջազգային համակարգում, որպես կլանված դոզայի միավոր, ընդունված է **գրեյը**՝ 1 Գր = $1 \text{ Ջ/կգ} = 100 \text{ ռադ}$:

Այս միավորի ներմուծումը չի բացառում ճառագայթների չափման ռենտգեն միավորների օգտագործումը, մանավանդ որ դոզաչափերն աստիճանավորված են ռենտգեններով: Այն գործածվում է ճառագայթման դաշտի չափման, քվանտային ճառագայթման աղբյուրների քանակական բնութագրման համար:

Հյուսվածքների կողմից կլանված դոզան չափում են հետևյալ բանաձևով.

$$D_{\text{նադ}} = D_{\text{նf}},$$

որտեղ $D_{\text{նադ}}$ -ը կլանված դոզան է, նադ, $D_{\text{նf}}$ -ն՝ էքսպոզիցիոն դոզան նույն կետում, ռենտգեն, f-ը անցումային գործակից, որի մեծությունը կախված է ճառագայթման էներգիայից և կլանող հյուսվածքի տեսակից (ատոմային համարից ու խտությունից):

Եթե օդում մեկ ռենտգեն ճառագայթման դոզան համարժեք է 88 էրգ/գ, ապա կլանման դոզան այդ միջավայրի համար կկազմի $88 : 100 = 0,88$ ռադ (1 Ռ):

Կենսաբանական տեսակետից կարևոր է որոշել միավոր ժամանակահատվածում ճառագայթահարվող օբյեկտի ստացած դոզան, որը չի առաջացրել ճառագայթային ակտահարման ռեակցիա: Այլ դեպքում մահացու դոզայից պակաս դոզան, որը օբյեկտն ստացել է կարճ ժամանակահատվածում, կարող է առաջացնել տարբեր ծանրության հիվանդություններ: Ուստի, ընդունվեց *դոզայի հզորություն* հասկացությունը (P), որը ճառագայթման D դոզան է՝ ստացված է միավոր ժամանակահատվածում. $D = Pt$, $P = \frac{D}{t}$:

Որքան մեծ է դոզայի հզորությունը, այնքան արագ է մեծանում ճառագայթման դոզան: Դոզայի հզորությունը վերաբերում է ինչպես էքսպոզիցիոն, այնպես էլ կլանված դոզային: Տարբեր տեսակի ճառագայթների միևնույն դոզաների կենսաբանական ազդեցությունը օրգանիզմի վրա միատեսակ չէ: Դա պայմանավորված է ճառագայթման *տեսակարար իոնացմամբ*. որքան այն բարձր է, այնքան մեծ է *հարաբերական կենսաբանական արդյունավետությունը* (ՀԿԱ) կամ *որակի գործակիցը* (ՈԳ): Այն ցույց է տալիս, թե միևնույն կլանված դոզայի դեպքում տվյալ տեսակի ճառագայթման կենսաբանական արդյունավետությունը հյուսվածքներում քանի անգամ է ավելի ռենտգենյան կամ գամմա-ճառագայթումից: Տարբեր տեսակի ճառագայթների համար ՀԿԱ գործակցի նշանակությունը տարբեր է: Օրինակ՝ ռենտգենյան, գամմա- և բետա - ճառագայթների համար՝ ՈԳ=1, ալֆա-մասնիկների, պրոտոնների համար՝ 10 և այլն (աղ. 2):

Գառագայթման կենսաբանական ազդեցության գնահատման համար ընդունված են *ռենտգենի կենսաբանական համարժեքը* (ՌԿՀ) (биологический эквивалент рентгена, бэр) և *նադի կենսաբանական համար-*

ժեքը (ռադկի), այսինքն՝ *կենսաբանական դոզա. թաղկի* = $D_{\text{նաթ}} \cdot 34\text{Ա}:$
Ռադկի-ն ցանկացած տեսակի ճառագայթման կլանված դոզան է, որն ըստ իր կենսաբանական ազդեցության համարժեք է ռենտգենյան կամ γ -ճառագայթների 1 ռադին: Համարժեք դոզայի ածանցյալներն են՝ կիլոռադկի= 10^3 ռադկի, միլիռադկի= 10^{-3} ռադկի, միկրոռադկի= 10^{-6} ռադկի:

Աղյուսակ 2

Հարաբերական կենսաբանական արդյունավետության
գործակիցները

Ճառագայթի տեսակը	ՀԿԱ (ՈԳ)
Ռենտգենյան, զամմա և բետա-ճառագայթներ	1
Ալֆա-մասնիկներ, պրոտոններ	10
Դանդաղ նեյտրոններ	3-5
Արագ նեյտրոններ	10
Ծանր միջուկների հետահարումներ	20

Ռադիոակտիվ պատրաստուկների ակտիվությունը և դրանց զամմա-ճառագայթման հետևանքով առաջացած դոզայի փոխհարաբերությունը որոշելու համար կիրառվում է զամմա- հաստատունը՝ K_γ : Այսպես՝ A միկրոկյուրի ակտիվությամբ կետային աղբյուրի համար ճառագայթման D դոզան (ռենտգեն), որը առաջացել է t ժամանակամիջոցում (ժամ) R տարածության վրա (սմ), արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով.

$$D = \frac{K_\gamma A t}{R^2} :$$

Համապատասխանաբար՝ էքսպոզիցիոն դոզայի հզորությունը կլինի՝ $P = \frac{K_\gamma A t}{R^2}$, Ո/ժամ:

Օրինակ՝ ռադիումի $K_\gamma=8,4$ գ, $D = \frac{8,4 \cdot A t}{R^2}$, $P = \frac{8,4 \cdot A t}{R^2}$, Ո/ժամ:

R^2 -ը ցույց է տալիս, որ կետային աղբյուրներից ստացված դոզան թուլանում է ըստ տարածության քառակուսիների օրենքի (լուսիս ինտենսիվության փոփոխման նման):

ԽՆԴԻՐ 1. Հաշվարկել էքսպոզիցիոն ($D_{\text{էք.ֆիզ.}}$) և համարժեքային ($D_{\text{հմծ}}$) կլանված դոզաները ճառագայթման տարբեր աղբյուրներից, եթե

գամմա-ճառագայթման դոզան կազմել է 1 ռադ, բետա-ճառագայթմանը՝ 10 ռադ, ալֆա - ճառագայթմանը՝ 1 ռադ, արագ նեյտրոններինը՝ 1 ռադ:

ԼՈՒԾՈՒՄ. $D_{\text{նադկի}} = D_{\text{նադ}} \cdot 344,$

$D_{\text{էք.}} \Sigma = 1 + 10 + 1 + 1 = 13 \text{ ռադ},$

$D_{\text{հմժ}} \Sigma = 1 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 1 \cdot 10 + 1 \cdot 10 = 31 \text{ ռադկի:}$

Գումարային համարժեքային դոզան երկու անգամ մեծ է էքսպոզիցիոն դոզայից:

ԽՆԴԻՐ 2. Աշխատատեղում գտնվում է 5 Կի ակտիվությամբ ^{60}Co պատրաստուկ:

Որոշել աշխատողի ճառագայթահարման դոզան 0,5 մ տարածության վրա 6 րոպե աշխատելու ընթացքում: ^{60}Co գամմա - հաստատունը՝ 13,5 Ռ/ժ:

ԼՈՒԾՈՒՄ. $D = \frac{A_t K_\gamma}{R^2}, \quad D = \frac{5000 \cdot 13,5 \cdot 0,1}{50^2} = 2,7 \text{ Ռ:}$

Այսպիսով՝ ճառագայթման դոզան 2,7 Ռ է:

Դոզայի հզորությունը տվյալ պայմաններում հաշվարկվում է

հետևյալ բանաձևով. $D = Pt, \quad P = \frac{D}{t}:$

ԽՆԴԻՐ 3. Աշխատատեղում գտնվում է ռադիոակտիվ ^{60}Co պատրաստուկ՝ ռադիումի 10 մգ/էկվ ակտիվությամբ: Որոշել աշխատողի ճառագայթահարման դոզան՝ 0,5 մ հեռավորության վրա 6 օր, օրական 3 -ական րոպե աշխատելու դեպքում:

Հայտնի է, որ ռադիումի գամմա-հաստատունը 8,4 գ է:

ԼՈՒԾՈՒՄ. $D = \frac{8,4 Mt}{R^2},$ որտեղ M -ը ռադիումի մգ/հմժ է.
 $D = \frac{8,4 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 6}{2500} = 0,1 \text{ Ռ:}$

ԽՆԴԻՐ 4. ճագարին ներարկել են 2 մԿի ակտիվությամբ ^{131}I : Որոշել վահանաձև գեղձի ճառագայթահարման դոզան 24 ժամվա ընթացքում: Հայտնի է, որ գեղձի զանգվածը 5 գ է, ^{131}I գամմա-հաստատունը՝ $K_\gamma = 2,3 \text{ Ռ/ժ}, T_{\text{աղ.}} = 7,5 \text{ օր}, p = 0,85 \text{ գ/սմ}^3, q = 37,8 \text{ սմ:}$

ԼՈՒԾՈՒՄ. $D_{\gamma\infty} = 0,032 \cdot K_\gamma \cdot \text{Co} \cdot p \cdot q \cdot T_{\text{աղ.}},$ ռադ:

ՊՈԶԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՍԿԶԲՈՒԼՔԸ ՆԵՐՔԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ռադիոակտիվ նյութերի ներթափանցումը օրգանիզմ առաջացնում է ճառագայթային ախտահարման վտանգ: Ներքին ճառագայթման դոզայի որոշումը դժվար է հատկապես այն դեպքում, երբ անհայտ է օրգանիզմ ներթափանցած ռադիոակտիվ նյութի քանակը (շնչառական և մարսողական ուղիներով, մաշկի միջոցով):

Ալֆա-ճառագայթներ արձակող նյութերի կենսաբանական ազդեցությունն օրգանիզմի վրա ավելի մեծ է, քան նույն խտության 1 գ հյուսվածքի վրա գամմա- և բետա-ճառագայթող նյութերի ազդեցությունը: Դա պայմանավորված է ալֆա-մասնիկների՝ հյուսվածքներում բարձր խտության իոնացված միջավայր ստեղծելու ունակությամբ:

Անհրաժեշտ է նշել, որ միևնույն քանակությամբ ռադիոակտիվ նյութը ներքին ճառագայթման դեպքում մի քանի անգամ ավելի վտանգավոր է, քան արտաքին ճառագայթման ժամանակ:

Դա պայմանավորված է հետևյալ առանձնահատկություններով.

- ճառագայթման տևողությունը կտրուկ ավելանում է, քանի որ օրգանիզմում ռադիոնուկլիդները կենդանի հյուսվածքների հետ առաջացնում են քիմիական ռեակցիաներ և շատ դանդաղ են դուրս բերվում այնտեղից:

- ճառագայթման աղբյուրի և ճառագայթահարվող հյուսվածքի միջև ընկած տարածությունը կրճատվում է՝ հասնելով մինչև զրո (0), իսկ մարմնային անկյունը, որի դեպքում ճառագայթումն ազդում է օրգանիզմի վրա, հասնում է 4π :

- Ռադիոակտիվ նյութերը (հատկապես՝ ճառագայթները) առաջացնում են իոնացման գծային խտություն:

- Արտաքին ճառագայթումն օրգանիզմի բոլոր հյուսվածքների վրա հավասարաչափ է ազդում, իսկ ներքին ճառագայթման ժամանակ ռադիոնուկլիդները կենտրոնացնում են ճառագայթման նկատմամբ առավել զգայուն (կրիտիկական օրգաններ) և կենսականորեն կարևոր օրգաններում:

- Արտազատման կենսաբանական արդյունավետությունն ($T_{արդ.}$) ավելի բարձր է այն ռադիոնուկլիդների մոտ, որոնց քիմիական «նմանությունը» կենդանի հյուսվածքների տարրերի հետ ավելի փոքր է, և, հակառակը, $T_{արդ.}$ -ը ցածր է, երբ ռադիոնուկլիդը երկարատև և ավելի ուժեղ է ազդում օրգանիզմի վրա:

Ռադիոակտիվ նյութերի քանակն օրգանիզմում ժամանակի ընթացքում նվազում է միաժամանակ ընթացող երկու պրոցեսների՝ ֆիզիկական տրոհման և օրգանիզմից կենսաբանական դուրսբերման հետևանքով: Դուրսբերման արդյունավետության հաստատունը ($\lambda_{արդ.}$) ֆիզիկական տրոհման հաստատունի ($\lambda_{ֆիզ.}$) և կենսաբանական դուրսբերման հաստատունի ($\lambda_{կենս.}$) գումարն է՝ $\lambda_{արդ.} = \lambda_{ֆիզ.} + \lambda_{կենս.}$, իսկ կիսադուրսբերման արդյունավետ պարբերությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$T_{արդ.} = \frac{T_{ֆիզ.} \cdot T_{կենս.}}{T_{ֆիզ.} + T_{կենս.}},$$

որտեղ $T_{արդ.}$ -ը ցույց է տալիս, թե որքան ժամանակում ռադիոակտիվ իզոտոպի քանակը օրգանիզմում կնվազի 2 անգամ:

Ներքին ճառագայթման դոզան կարելի է հաշվել, եթե հայտնի են ռադիոակտիվ իզոտոպը, դրա տեղաբաշխումն օրգանիզմում և ճառագայթահարման տևողությունը: Ռադիոակտիվ իզոտոպի կոնցենտրացիան (C_t) օրգանիզմի հյուսվածքներում է ժամանակի ընթացքում կնվազի ըստ էքսպոնենտային կախվածության՝ $C_t = C_0 \cdot e^{-\lambda_{արդ.}t}$:

Հետևաբար, ըստ էքսպոնենցիայի, կնվազի դոզայի P_t հզորությունը. $P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda_{արդ.}t}$: Որևէ օրգանում տեղաբաշխված γ -ճառագայթների լրիվ կլանման դոզան, որը կուտակվում է ժամանակի սկզբնական պահից ($t = 0$) մինչև իզոտոպի լրիվ տրոհումը, կարելի է հաշվել՝

$$D_{\gamma\infty} = 0,032 K_{\gamma} C_0 \cdot \rho \cdot q \cdot T_{արդ.}, \text{ ռադ, բանաձևով,}$$

որտեղ 0,032-ը կլանված դոզաների հաշվարկային գործակիցն է, K_{γ} -ն՝ γ -իզոտոպի հաստատունը, C_0 -ն՝ իզոտոպի սկզբնական կոնցենտրացիան հյուսվածքում, մկի/գ, ρ -ն՝ հյուսվածքի խտությունը, գ/սմ³, q -ն՝ երկրաչափական գործոնը՝ կախված օբյեկտի ձևից և չափից, $T_{արդ.}$ -ը՝ օրգանիզմից իզոտոպի կիսադուրսբերման արդյունավետ պարբերությունը:

Եթե ճառագայթահարված օբյեկտում գտնվում են ալֆա -, բետա - և գամմա-ճառագայթող իզոտոպներ, ապա յուրաքանչյուր իզոտոպի համար առանձին հաշվում են դոզան, ապա ստացված միավորները գումարում:

Անասնաբուժական բժշկագիտությունում գործածում են հետևյալ հասկացությունները՝ արդյունավետ համարժեքային, մակերեսային, օջախային, էրիթեմային, էպիլյացիոն դոզաներ:

Արդյունավետ համարժեքային դոզան (ԱՀԴ) մարմնի համաչափ

ճառագայթահարման դոզան է, որը համապատասխանում է հետևանքների առաջացման վտանգին. դոզայի իրական, ոչ համաչափ, մեկ կամ մի քանի օրգանի ճառագայթահարման համար ընդունված է կլանված դոզայի համարժեք միավոր՝ **զիվերտ (Ջվ)**.

1 Ջվ=100 բեր=100 Ռ, 1 մՋվ= =100 մբեր=100 մՌ:

Մակերեսային դոզան էքսպոզիցիոն դոզան է, որը չափում են ճառագայթահարված մարմնի մակերեսի վրա:

Օջախային դոզան միջին կլանված դոզան է ճառագայթահարված օջախում (օրինակ՝ ուռուցքում):

Էրիթեմային դոզան ճառագայթահարման այն դոզան է, որն առաջացնում է մաշկի կարմրություն՝ էրիթեմա և պիգմենտացիայի խանգարում:

Էպիլյացիոն դոզան ճառագայթահարման այն դոզան է, որն առաջացնում է ժամանակավոր էպիլյացիա:

Հասկացողություն միկրոդոզաչափման մասին: Իոնացնող ճառագայթների էներգիայի փոխանցումը և տարաբաշխումը բջջային ու ենթաբջջային մակարդակներով անհնար է ուսումնասիրել միջինացված մակրոսկոպիկ մեծությունները (էքսպոզիցիոն և կլանված դոզաներ) որոշելով, որովհետև միկրոկառուցվածքների մեծությունը կազմում է անգստրեմ, այն համաչափելի է իոնացնող մասնիկների վազքի մեծության հետ: Այսպիսով՝ միկրոկառուցվածքների (բջջի և դրա առանձին մասերի) կլանված էներգիայի միկրոսկոպիկ տեղաբաշխման հետազոտման համար օգտվում են միկրոդոզաչափական եղանակներից:

Միկրոդոզաչափումը ֆիզիկայի առանձին բաժին է, որն ուսումնասիրում է իոնացնող ճառագայթների էներգիայի հաղորդումը և բաշխումը նյութի միկրոզանգվածների (բջջի) սահմաններում:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ԵՎ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ՍԱՐՔԵՐՆ ՈՒ ՍԵԹՈՂՆԵՐԸ

Ռադիոակտիվ ճառագայթները զգայարաններով չեն ընկալվում: Դրանք հայտնաբերվում են սարքերի և հարմարանքների օգնությամբ, որոնց աշխատանքը հիմնված է նյութի և ճառագայթների փոխազդե-

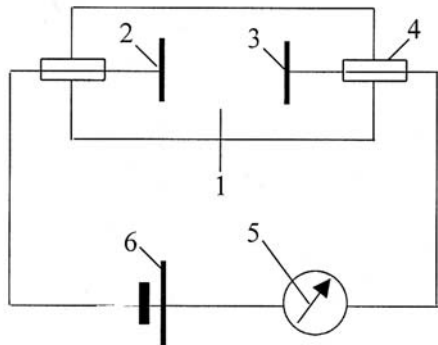
ցության ժամանակ առաջացած ֆիզիկաքիմիական էֆեկտների վրա:

Գործնականում օգտագործում են **ճառագայթման իոնացնող դետեկտորները**, որոնք չափում են նյութի հետ ճառագայթների փոխազդեցության առաջնային էֆեկտները՝ գազային միջավայրի իոնացումը: Դրանցից են իոնացնող խցիկները, համաչափական և Յեյգեր-Մյուլլերի հաշվիչները, կայծային, պսակած և այլ տեսակի հաշվիչները: Երկրորդական էֆեկտները չափում են լուսանկարչական, լյումինեսցենտային, քիմիական, գունաչափական և այլ մեթոդներով, որոնք պայմանավորված են իոնացմամբ:

ճառագայթման իոնացնող դետեկտորները հերմետիկ խցիկներ են, որոնք լցված են օդով կամ գազով, էլեկտրոդներով՝ էլեկտրական դաշտ ստեղծելու համար: Անցնելով խցիկի մեջ՝ լիցքավորված α - և β -մասնիկներն առաջացնում են գազային միջավայրի առաջնային իոնացում, իսկ γ -քվանտները դետեկտորի պատում առաջացնում են մասնաբաժնի էլեկտրոններ (ֆոտոէլեկտրոն, քոմփթոնէլեկտրոն, էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգեր), որոնք հետագայում խցիկում առաջացնում են գազային միջավայրի իոնացում (նկ.13):

Չոր գազը (օդ) լավ էլեկտրամեկուսիչ է, քանի որ էլեկտրական լիցքեր չի տեղափոխում: Լիցքավորված մասնիկները, ընկնելով գազային խցիկ, առաջացնում են իոնային զույգեր և գազը (օդ) դառնում է էլեկտրական հոսանքի հաղորդիչ:

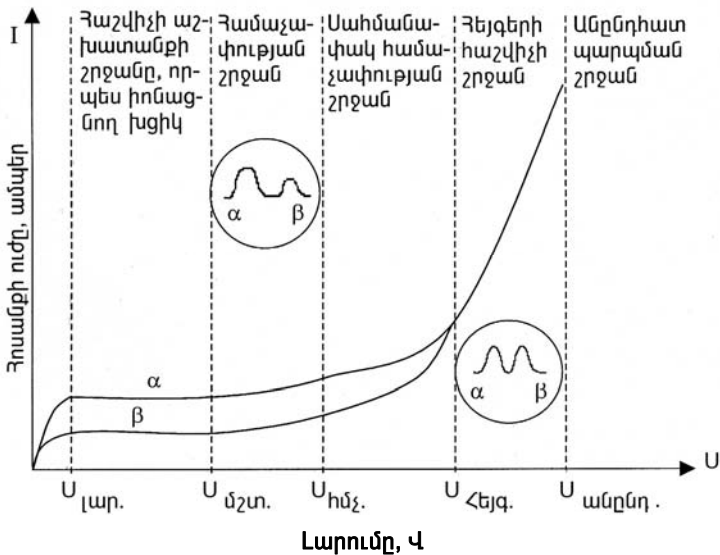
Էլեկտրոդների վրա լարվածության բացակայության դեպքում ստեղծված բոլոր սկզբնական իոնները ենթարկվում են ռեկոմբինացիայի և վերածվում են չեզոք մոլեկուլների: Լարվածության բարձրացման դեպքում իոններն էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ ձեռք են բերում ուղղվածություն. դրական իոնները կուտակվում են կատոդի, իսկ էլեկտրոնները՝ անոդի վրա: Շրջափայլում առաջանում է իոնացնող հոսանք, որը գրանցվում է համապատասխան սարքի միջոցով:



Նկ. 13. *Իոնացնող խցիկի աշխատանքի սխեմա.*

1. գազով կամ օդով լցված խցիկ, **2.** անոդ, **3.** կատոդ, **4.** մեկուսիչ, **5.** խցիկում իոնացնող հոսանքի չափման սարքավորում, **6.** սնման աղբյուր:

Իոնացնող հոսանքի մեծությունը ճառագայթման քանակի չափման միավորն է: Լարվածության բարձրացման հետ աճում է իոնացնող հոսանքի ուժը: Նկար 14-ում ցույց է տրված իոնացնող հոսանքի ուժի (I) կախվածությունը դետեկտորի էլեկտրոդներին կցված լարումից (U): Այդ կորագիծը դետեկտորի վոլտամպերային բնութագիրն է:



Նկ. 14. Իոնացնող խցիկի վոլտամպերային բնութագիրը:

Որոշակի լարումից սկսած ($U_{լար.}$) գալիս է մի պահ, երբ ճառագայթմամբ առաջացած բոլոր իոնները հասնում են էլեկտրոդներին, և լարվածության մեծացման դեպքում իոնացնող հոսանքը չի աճում: Գծագրի վրա $U_{լար.}$ - $U_{մշտ.}$ նշանակված հատվածը կոչվում է **հոսանքի հազեցման շրջան:** Իոնացնող հոսանքի ուժը կախված է առաջնային իոնացման մեծությունից, այսինքն՝ դետեկտորի խցիկում միջուկային ճառագայթմամբ ստեղծված առաջնային զույգ իոնների թվից: Ուստի γ -ճառագայթներից առաջացած իոնացնող հոսանքը β -մասնիկներից քիչ է: α -մասնիկներից առաջացած իոնացնող հոսանքն ամենաբարձրն է, քանի որ α -ճառագայթների իոնացնող խտությունը 2-3 կարգով ավելի բարձր է, քան β - և γ -մասնիկների մոտ:

Լարման $U_{\text{մշտ.}} - U_{\text{հմչ.}}$ շրջանում իոնացնող հոսանքի ուժը կրկին բարձրանում է, քանի որ առաջացած իոնները ձեռք են բերում այնպիսի արագություն, որ դետեկտորում առաջացնում են բազմաթիվ իոնային զույգեր: Այդ պրոցեսը կոչվում է հարվածային կամ երկրորդական իոնացում: Լարման $U_{\text{մշտ.}} - U_{\text{հմչ.}}$ շրջանում ստեղծված առաջնային իոնների և իոնացնող հոսանքի ստեղծմանը մասնակցող իոնների ընդհանուր գումարի միջև գոյություն ունի խիստ համաչափություն, և այդ շրջանը կոչվում է **համաչափության շրջան**: Այս ռեժիմով են աշխատում համաչափական հաշվիչները: Գազային ուժեղացման գործակիցը ($K_{\text{գ.ու.}}$) հասնում է մինչև $10^3 - 10^4$:

Լարման հետագա մեծացման դեպքում $U_{\text{հմչ.}} - U_{\text{Յեյգ.}}$ շրջանում առաջնային իոնների թվի և իոնացնող հոսանքի միջև եղած համաչափությունը խախտվում է: Այդ պատճառով այն անվանում են **սահմանափակ համաչափության շրջան**:

Լարման ավելի բարձր աստիճանի դեպքում իոնացնող հոսանքի ուժն այլևս կախված չէ առաջնային իոնների թվից: Գազային ուժեղացումն այնքան է աճում ($K_{\text{գ.ու.}} = 10^8 - 10^{10}$), որ յուրաքանչյուր միջուկային մասնիկ, հայտնվելով դետեկտորի մեջ, առաջացնում է ինքնուրույն գազային պարպման բռնկում, որը տարածվում է ողջ խցիկում: Լարման $U_{\text{Յեյգ.}} - U_{\text{անընդ.}}$ շրջանը կոչվում է **Յեյգերի շրջան**: Այս ռեժիմով աշխատում են Յեյգեր-Մյուլլերի հաշվիչները:

Եթե լարումը մեծանա $U_{\text{անընդ.}}$ շրջանից, ապա դետեկտորը կանցնի մշտական **պսակային** (անընդհատ) պարպման շրջան, որը չի դադարում իոնացման աղբյուրի հեռացման դեպքում: Այդ ռեժիմում դետեկտորը խափանվում է, ուստի գազային պարպման հաշվիչներով աշխատելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել այս երևույթը:

Իոնացնող խցիկը ճառագայթման դետեկտոր է, որն օգտագործվում է բոլոր տեսակի միջուկային ճառագայթների չափման համար: Իոնացնող խցիկներն ըստ կառուցվածքի լինում են հարթ, գլանաձև և գնդաձև՝ 0,5 - 5 լ օդի տարողությամբ: Որպես անհատական դոզաչափեր՝ օգտագործում են մատոցային, ինքնահոսի նման փոքրիկ իոնացնող խցիկները (ДК - 02, КИД - 1, КИД - 2, ДП - 24, ДП - 22В և այլն):

Մեծ ծավալով խցիկներն ավելի զգայուն են և օգտագործվում են փոքր դոզաների չափման համար:

Իոնացնող խցիկները, ըստ նշանակության և կառուցվածքի, կարող են աշխատել իմպուլսային և հոսքային ռեժիմով: Այդ խցիկներն օգտա-

գործվում են ոչ միայն ճառագայթման դոզայի, այլև դրա հզորության չափման համար:

Խոնացնող խցիկների մանրամասն բնութագիրը շարադրված է դրանց շահագործման տեխնիկական հրահանգում:

Համաչափական հաշվիչները զգալիորեն տարբերվում են խոնացնող խցիկներից, քանի որ առաջնային խոնացման սկզբնական ուժեղացումը տեղի է ունենում խցիկի ներսում ($K_{q.ni.}=10^3-10^4$): Գազային ուժեղացման օգտագործումը հնարավորություն է տալիս էապես բարձրացնել չափումների զգայունությունը, որոշել միջուկային մասնիկների էներգիան և ուսումնասիրել դրանց բնույթը:

Համաչափական հաշվիչները գլանաձև են: Գլանի առանցքի երկարությամբ ձգվում է մետաղյա լար, որը անողն է, իսկ պատի ներքին հաղորդիչ ծածկույթը ծառայում է որպես կատոդ:

Էլեկտրական շղթայում համաչափական հաշվիչները միացնում են այնպես, ինչպես խոնացնող խցիկը: Պատրաստվում են նաև կտրվածքային տիպի, երբեմն էլ՝ տափակ բազմաթել դետեկտորների տեսքով համաչափական հաշվիչներ (CAT – 7, CAT – 8, СИ – 3Б):

Համաչափական հաշվիչները հիմնականում օգտագործում են α -մասնիկների գրանցման համար:

Չեյզեր-Մյուլլերի հաշվիչները (գազապարպումային) օգտագործում են բոլոր տեսակի ճառագայթների գրանցման համար, ավելի հաճախ՝ β - և α -ճառագայթների: Փոքր էներգիայի (0,1 – 0,2 ՄեՎ) α - և β -մասնիկները և կոշտ β -ճառագայթները հաշվելու համար օգտագործում են կտրվածքային տիպի հաշվիչներ (MCT – 17, T – 25 – БФЛ, СБТ և այլն): Միջին և բարձր էներգիայով β -ճառագայթների հայտնաբերման համար օգտագործում են գլանաձև (CTC – 5, CTC – 6, AC – 1) հաշվիչներ: Գամմա-ճառագայթների գրանցման հաշվիչներն ունեն կառուցվածքային որոշ առանձնահատկություններ. դրանք գլանաձև են և ապակեպատ (ГС, МС – 4, МС – 6): γ -ճառագայթների գրանցումը հիմնված է երկրորդային էլեկտրոնների դուրսմղման երեք ձևերի՝ ֆոտոէֆեկտի, քոմփոնային էֆեկտի և էլեկտրոնապոզիտրոնային զույգերի առաջացման վրա: Երկրորդային էլեկտրոնները, հայտնվելով հաշվիչի զգայուն հատվածում, առաջացնում են գազային պարպում, որը գրանցվում է ճառագայթաչափման սարքի միջոցով:

Չեյզեր-Մյուլլերի հաշվիչների հիմնական տարբերությունն այն է, որ Չեյզերի հաշվիչի ներքին ծավալը լցված է իներտ (չեզոք) գազով՝ ցածր ճնշման պայմաններում, իսկ աշխատանքն իրականանում է Չեյ-

գերի հատվածում, այսինքն՝ ինքնուրույն գազային պարպման ռեժիմում:

Ճառագայթների զրանցման սցինտիլյացիոն՝ լյումինեսցենտային մեթոդ: Սցինտիլյատորները (նյութը՝ ֆոսֆոր) ճառագայթման ազդեցությամբ լուսարձակում են, իսկ լույսի ազդանշանները զրանցվում են հաշվիչի միջոցով: Այս հաշվիչներն աչքի են ընկնում բարձր արդյունավետությամբ (100 %):

Ժամանակակից սցինտիլյացիոն հաշվիչներն աշխատում են հեղուկ, պինդ և գազային նյութերով: Այսպես՝ β - և γ -ճառագայթների համար օգտագործում են պինդ անօրգանական սցինտիլյատորներ՝ ցեզիում, նատրիումի յոդիդի բյուրեղներ, ծանր մասնիկների համար՝ ծծմբային կադմիում, ցինկ:

Օրգանական նյութերից օգտագործում են անտրացեն, պլաստմասսային սցինտիլյատորներ, հեղուկ ֆոսֆոր, չեզոք գազերից՝ հելիում, արգոն:

Կիսահաղորդիչ դետեկտորների աշխատանքը պայմանավորված է կիսահաղորդիչների՝ իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ էլեկտրական իմպուլսներ հաղորդելու ունակությամբ: Որպես կիսահաղորդիչներ՝ օգտագործում են գերմանիումի և սիլիցիումի բյուրեղներ:

Լուսանկարչական մեթոդը լուսանկարչական ճառագայթների հայտնաբերման առաջին մեթոդն էր, որը հնարավորություն տվեց բացահայտել ռադիոակտիվության երևույթը: Մեթոդի հիմքում ընկած է ճառագայթների փոխազդեցությունն արծաթի հետ: Լուսանկարչական թիթեղի ֆոտոէմուլսիայի սևացման աստիճանն ուղիղ համեմատական է ճառագայթման դոզային: Այդ սկզբունքով կատարվում է β - և γ -ճառագայթների հետ աշխատող մարդկանց անհատական դոզաչափման լուսային հսկողություն:

Լուսանկարչական մեթոդը լայնորեն կիրառվում է միջուկային ֆիզիկայում՝ տարբեր լիցքավորված մասնիկների հետազոտման ժամանակ, իսկ կենսաբանական օբյեկտներում օգտագործվում է ինքնաճառագայթագրառման մեթոդը:

Գունաչափական մեթոդը հիմնված է նյութի ճառագայթման ժամանակ էներգիայի կլանման հետևանքով արտադրվող ջերմային էներգիայի չափման վրա: Չափումը կատարում են հատուկ գունաչափերի օգնությամբ:

Քիմիական մեթոդները հիմնված են ճառագայթման հետևանքով առաջացած տարբեր քիմիական փոփոխությունների վրա: Այսպես՝

փոխվում է լուծույթների կամ բյուրեղների գույնը, արտազատվում է գազ, առաջանում է կոլոիդների նստվածք և այլն: Դրանց փոփոխման աստիճանը ուղիղ համեմատական է ճառագայթման կլանման էներգիային:

Լայն կիրառում են ստացել ֆերոսուլֆատային, ցերիումի, գազային, ինչպես նաև հատուկ տեսակի ապակուց և պլաստմասսայից պատրաստված դոզաչափերը:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՉԱՓՍԱՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐԸ

Իոնացնող ճառագայթների չափման գործիքները պայմանականորեն բաժանում են երեք խմբի՝ ճառագայթաչափական (ճառագայթաչափ), դոզաչափական (դոզաչափ) և սպեկտրաչափական:

Այդ սարքերը դասակարգվում են ըստ ճառագայթների գրանցման եղանակների (իոնացման, սցինտիլյացիոն, լուսանկարչական և այլն), գրանցվող ճառագայթների տեսակի (ծանր մասնիկներ, β - և γ - ճառագայթներ և այլն), սնման աղբյուրի (էլեկտրացանցային, մարտկոցային և ուժակուտակչային) և ըստ նշանակություն:

Դոզաչափերը (ռենտգենաչափեր) այն սարքերն են, որոնց օգնությամբ չափում են ճառագայթման էքսպոզիցիոն և կլանված դոզաներն ու դրանց համապատասխան հզորությունը: Դոզաչափերը կազմված են երեք մասից՝ դետեկտոր (իոնացնող խցիկ), ռադիոտեխնիկական սխեմա, որն ուժեղացնում է իոնացնող հոսանքը, և չափող-գրանցող սարք: Որպես դոզաչափ կարելի է օգտագործել ցանկացած նյութ, որը ճառագայթների ազդեցությամբ ենթարկվում է փոփոխության՝ առաջացնելով ֆիզիկաքիմիական էֆեկտներ:

Դոզաչափերն ըստ գործողության բաժանվում են երկու խմբի. մեկը որոշում է դոզայի հզորությունը միավոր ժամանակահատվածում՝ արտահայտված ռենտգեններով, մյուսը՝ ճառագայթման դոզան որոշակի ժամանակահատվածում (նկ. 15):

Ըստ նպատակի՝ դոզաչափերը լինում են ստացիոնար (լաբորատոր), շարժական և անհատական: Օրինակ՝ «Կակտուս» մակնիշի լաբորատոր դոզաչափով որոշում են գամմա-ճառագայթների դոզայի հզորությունը:

Շարժական են ПМР – I միկրոռենտգենաչափը, РП – I, РМ – ІМ, МРМ – 2, ДРГЗ – 02, ДП – 5А և այլ մակնիշի դոզաչափերը, որոնց օգ-

նությամբ չափում են ռենտգենյան և զամմա-ճառագայթների դոզան:

Անհատական դոզաչափերը բաղկացած են մի շարք մատնոցային իոնացնող խցիկներից, ունեն ինքնահոսի տեսք և նախատեսված են անհատ ռենտգենոլոգների և ռադիոլոգների մոտ ռենտգենյան և γ -ճառագայթների ամենօրյա դոզաչափման, ինչպես նաև բնակչության մոտ տարբեր ճառագայթային իրավիճակներում ու այլ պայմաններում ճառագայթային հսկողության իրականացման համար:

Անհատական դոզաչափման համար օգտագործում են КИД – 1, КИД – 2, ДК – 02, ДП – 24, ДП – 22 – В, ДП – 23 – А մակնիշի դոզաչափեր: Իսկ զգայուն նյութեր, լումինեսցենտային բյուրեղներ և լուսանկարչական ժապավեն պարունակող ИЛК, ИФК, ИФКУ – I մակնիշի դոզաչափերն ավելի պարզ և փաստացի գործիքներ են, սակայն դրանց տվյալներն ստացվում են որոշ ժամանակ անց՝ ժապավենի մշակումից հետո:

Անհրաժեշտ է նշել, որ յուրաքանչյուր մակնիշի դոզաչափի և ճառագայթաչափի տեխնիկական բնութագիրն ու շահագործման կարգը ներկայացվում է գործիքին կցվող հրահանգում:

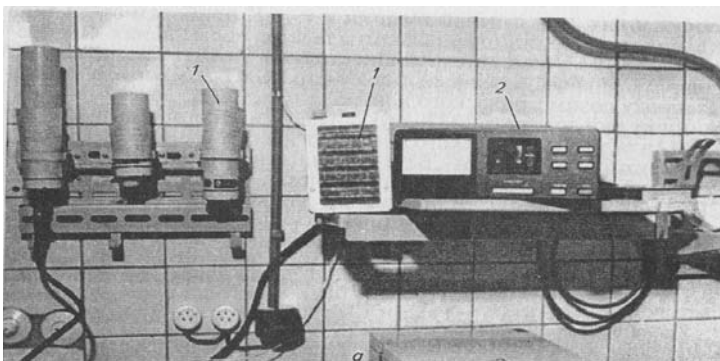
Ճառագայթաչափերի (ռադիոմետրեր) միջոցով չափում են ռադիոակտիվ պատրաստուկների և ճառագայթման աղբյուրների ակտիվությունը (քանակություն), առարկաների մակերեսային ռադիոակտիվությունը, հողի, ջրի և այլ հեղուկների, գազերի, կերի, մթերքի տեսակարար ակտիվությունը, ինչպես նաև իոնացնող մասնիկների հոսքի խտությունն ու ինտենսիվությունը:

Ճառագայթաչափերը լինում են տարբեր համակարգերի և կառուցվածքի՝ պարզ դետեկտորներից մինչև բազմաթիվ հանգույցներից ու առանձին ինքնուրույն բլոկներից մոնտաժված բարդ սարքեր (նկ. 16):

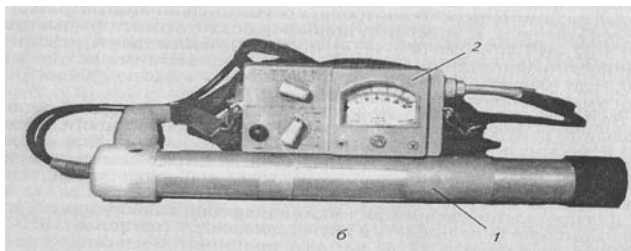
Ստացիոնար լաբորատոր ճառագայթաչափերն աշխատում են գազալիցքային և սցինտիլյացիոն հաշվիչներով և օգտագործվում են հետազոտվող պատրաստուկների ակտիվությունը մեծ ճշգրտությամբ որոշելու համար: Դրանցից են Б – 2, Б – 3, ПП – 16, ПП – 8, РКБ – 4 – ИМ, РПС – 2 – 03Т ճառագայթաչափերը, որոնք սնվում են էլեկտրական հոսանքի ցանցից:

Բժշկական, անասնաբուժական և գիտահետազոտական աշխատանքներն անցկացվում են մեքենայացված լաբորատորիաներում, որտեղ կատարվում են ճառագայթափմունաբանական անալիզներ՝ ապահովելով մեծ քանակությամբ նմուշների անընդհատ և երկարատև հետազոտություն: Դրանք են γ -անալիզատորներ «Գամմա-1», «Գամ-

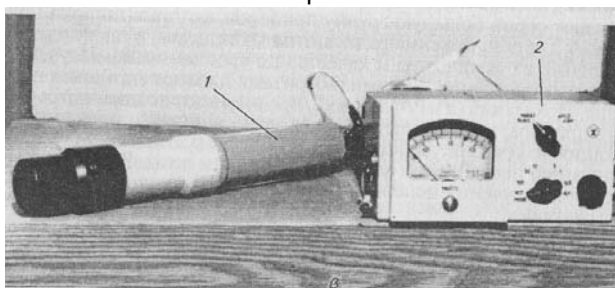
մա-12», «Բետա-2» սարքերը, որոնք նախատեսված են γ -քվանտների համար, «RIA – GAMMA» (LKB – Շվեդիա), «Rack - Beta»:



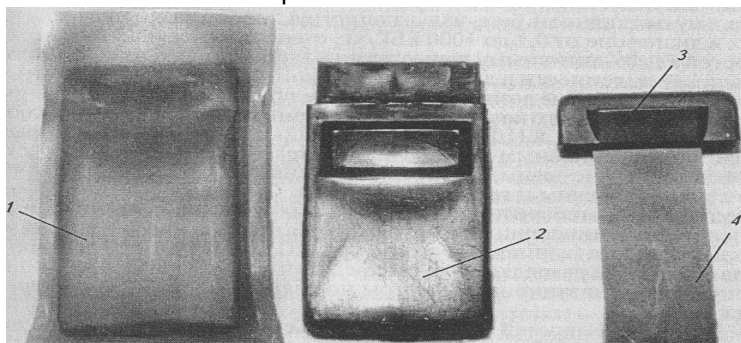
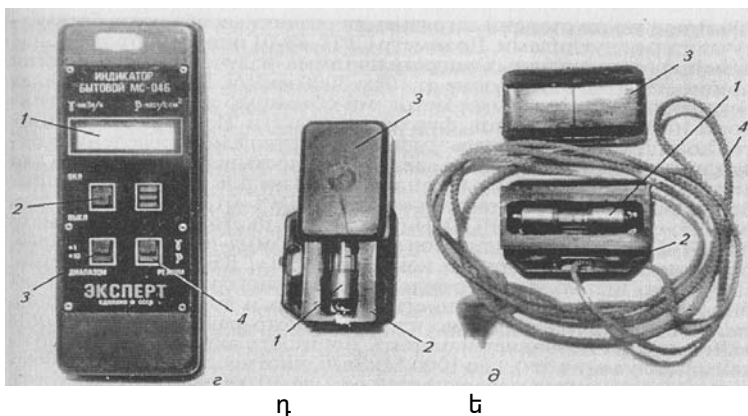
ա



բ



գ

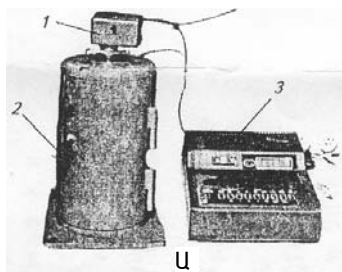


Նկ. 15. Դոզաչափեր.

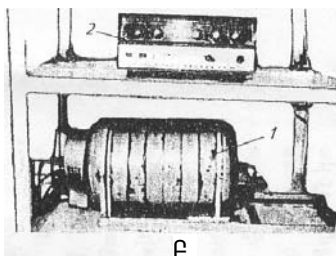
ա. ստացիոնար դոզաչափ՝ Ն՝ԿՇ-02. 1. դետեկտորային բլոկ, 2. ազդանր-
չանային չափիչ սարք: Շարժական դոզաչափեր՝ բ. СРП-68-01: գ. ДРГЗ-02.
1. դետեկտորային բլոկ, 2. չափիչ սարք: դ. «Էքսպերտ»: ե. քերմալումինես-
ցենտային դոզաչափ, գ. ֆոտոժապավենային դոզաչափ՝ ԵՕԷՕ-1, 1. ընդհա-
նուր տեսքը, 2. կասետա, 3. ֆոտոժապավեն:

Շարժական (դաշտային) ճառագայթաչափերն ունեն փոքր ծավալ
և սնվում են մարտկոցներից, ուժակուտակիչներից կամ էլեկտրական
հոսանքի ցանցից և հեշտությամբ տեղափոխվում են:

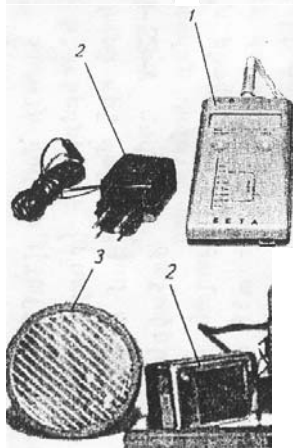
Հիմնականում օգտագործվում են ունիվերսալ «ЛУЧ – А», РУП – 1,
ДП – 5А շարժական ճառագայթաչափերը, որոնք նախատեսված են ա-
ռարկաների մակերեսային ռադիոակտիվ աղտոտվածությունը որոշելու
համար:



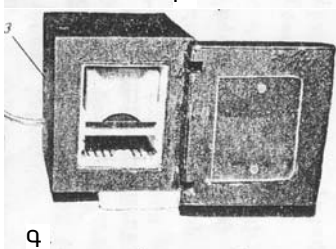
Ա



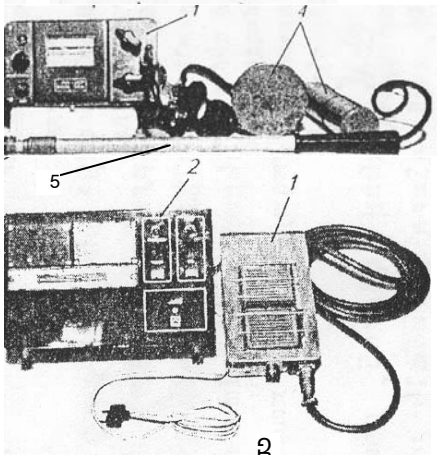
Բ



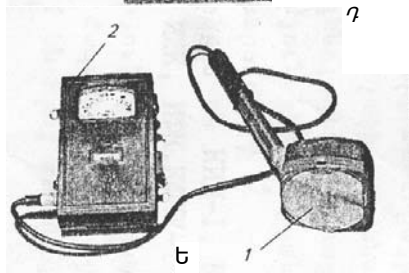
Դ



Զ



Զ



Ե

Նկ. 16. Ճառագայթաչափեր.

Ա. ՄՆՆ-2-5. 1. ինպուլսների ուժեղացուցիչ, 2. դետեկտորային բլոկ, 3. վերահաշվիչ: Բ. ՕՆՕ-1500. 1. դետեկտորային բլոկ, 2. վերահաշվիչ: Գ. «Բետտա-1». 1. ինդիկացիայի բլոկ, 2. սնման բլոկ, 3. դետեկտորային բլոկ: Դ. ՃՈՂ-1 չարժական ճառագայթաչափ. 1. չափող վահանակ: 2. β-ճառագայթող դետեկտոր, 3. α-ճառագայթող դետեկտոր, 4. նեյտրոնների դետեկտոր, 5. γ- ճառագայթող դետեկտոր: Ե. ԷԺԱ-1. 1. դետեկտոր, 2. չափող վահանակ: Զ. ՇՅ-04. 1. դետեկտորային բլոկ, 2. ազդանշանային բլոկ:

ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԶԱՓՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Չարաբերական (համեմատական) մեթոդը հիմնված է հետազոտվող նմուշի և ստանդարտ չափանմուշի (ետալոն, որը պարունակում է հայտնի քանակությամբ իզոտոպ) ակտիվության համեմատության վրա: Որպես չափանմուշ՝ ցանկալի է ունենալ երկարակյաց ռադիոակտիվ իզոտոպ, որը կարելի է ավելի երկարատև օգտագործել: Լավագույն չափանմուշը պարունակում է հետազոտվող նմուշի նույն իզոտոպը՝ հաշվի առնելով իզոտոպի տրոհման արագությունը և ճառագայթման էներգիայի տեսակը: Օրինակ՝ ամսանաբուժական հսկողության օբյեկտների ռադիոճառագայթաչափական փորձաքննության համար, որպես չափանմուշ, օգտագործում են ^{40}K , ^{90}Sr , ^{234}Th և այլ իզոտոպներ: Չարաբերական մեթոդի արդյունքի հավաստիությունը կախված է նմուշի և չափանմուշի ճառագայթաչափման միևնույն պայմաններից՝ որոշման տեղից, ժամանակից, չափող գործիքից և պատրաստուկի տեղադրման հեռավորությունից:

Հետազոտվող նմուշի ակտիվությունը ($A_{\text{նմուշ}}$) որոշում են հետևյալ բանաձևով և արտահայտում բեքերել կամ կյուրի միավորներով.

$$A_{\text{նմուշ}} = \frac{A_{\text{չափանմուշ}} \cdot N_{\text{նմուշ}}}{N_{\text{չափանմուշ}}},$$

որտեղ N -ը մասնիկների հաշվի արագությունն է:

Չարաբերական մեթոդը լայնորեն կիրառվում է գործնական և գիտահետազոտական ճառագայթաչափման ժամանակ:

Հաշվարկային մեթոդ. α - և β -ճառագայթող ռադիոիզոտոպների ակտիվությունը որոշում են սցինտիլյացիոն կամ գազապարպումային հաշվիչներով: Սակայն այդ մասնիկներից ոչ բոլորն են ընկնում հաշվիչի աշխատանքային ծավալի մեջ: Հետևաբար՝ հաշվիչի կողմից միավոր ժամանակահատվածում գրանցված իմպուլսների թիվն ավելի փոքր է, քան հետազոտվող նմուշում իրականում տեղի ունեցող միջուկների տրոհված թիվը միևնույն ժամանակահատվածում:

Պատրաստուկի իրական ռադիոակտիվությունը գրանցված իմպուլսների արագության թվով որոշելու համար անհրաժեշտ է հաշվարկների մեջ մտցնել ուղղումների գործակիցներ, որոնք հաշվի են առնում ճառագայթման ժամանակ տեղի ունեցող կորուստները: Հաշվարկային մեթոդն այդ իմաստով շատ աշխատատար է:

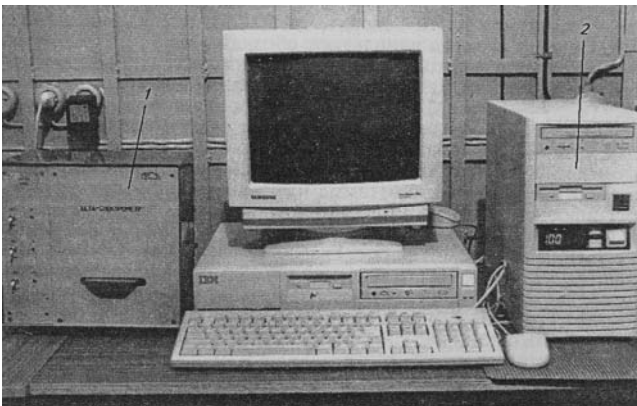
Բացարձակ մեթոդը հնարավորություն է ընձեռում ուղղակիորեն

հաշվել բոլոր տրոհված միջուկների α - և β - մասնիկների թիվը հետազոտվող ռադիոակտիվ պատրաստուկում՝ տեղավորելով այն ճառագայթաչափի ներսում: Պատրաստուկի ակտիվությունն արտահայտում են ռադիոակտիվության միավորներով (Կի, մԿի, մկԿի), ինչը վերացնում է ուղղումների անհրաժեշտությունը:

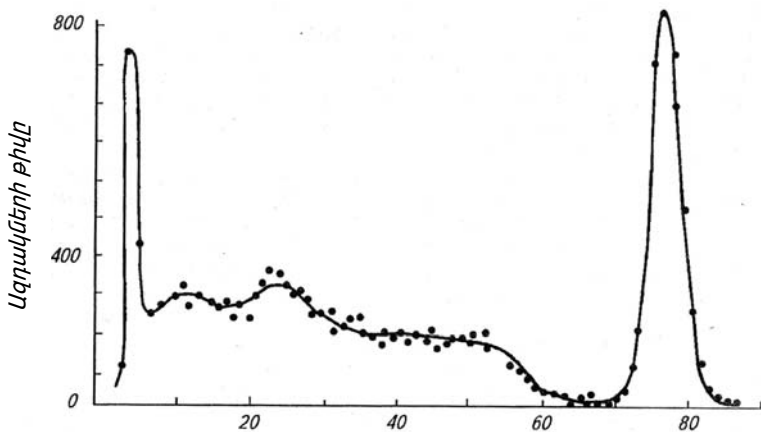
ՄՊԵԿՏՐԱՉԱՓԵՐ

Սպեկտրաչափի օգնությամբ կարելի է չափել իոնացնող ճառագայթների էներգիան և ինտենսիվությունը (լարվածություն), հետազոտվող նմուշներում առանց նախնական անջատման տարբերակել ռադիոնուկլիդները և ճշտորեն որոշել դրանց բացարձակ ակտիվությունը:

Սպեկտրաչափը բաղկացած է հետևյալ մասերից՝ դետեկտոր, որը վերափոխում է զամմա-քվանտների էներգիան էլեկտրական ազդակի (իմպուլս), նախաուժեղարար՝ ազդանշանն ուժեղացնող, դետեկտորի և նախաուժեղարարի սնման բլոկ, սպեկտրաչափի ուժեղարար, որը ձևավորում է անհրաժեշտ ձևի ազդանշան և սարքի մյուս մասերը պաշտպանում աղմուկից, համանման-թվային փոխարկիչ, որը չափում է յուրաքանչյուր ազդակի ամպլիտուդը և ինֆորմացիան կուտակում հիշողության մեջ, մոնիտոր (օսցիլոգրաֆ կամ համակարգչի էկրան), որի միջոցով ցուցադրվում են ստացված ազդակների գիստոգրառումները (նկ. 17):



***Նկ. 17. Սպեկտրաչափ.
1. դետեկտորային բլոկ, 2. համակարգիչ:***



Նկ. 18. ^{137}Cs -ի սպեկտրի տիպիկ կորագիծը:

Անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների նմուշների անալիզները կատարելու համար նպատակահարմար է օգտագործել գամմա-սպեկտրաչափ, որը նախատեսված է IBM համակարգիչի համար և պատրաստված է PKT-05 տվիչի հիման վրա (Նկ. 18), ինչպես նաև ունիվերսալ սպեկտրաչափական համակիրներ «Գամմա - Պլուս», «Պրոգրես» PC Pentium-ի հիմքով, որոնք նախատեսված են ալֆա-, բետա-, գամմա-ճառագայթների վերափոխակերպման համար և այլն:

Ըստ այդմ՝ տարբերում են ալֆա-, բետա- և գամմա-սպեկտրաչափական մեթոդներ, որոնք կիրառվում են հետազոտվող նմուշներում ռադիոիզոտոպների ու ռադիոնուկլիդների բաղադրությունը և ակտիվությունը որոշելու նպատակով:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Դոզաչափում և ճառագայթաչափում, դրանց խնդիրները:
2. Ճառագայթային դոզա, դրա հզորությունը, միավորները:
3. Միջուկային ճառագայթների հայտնաբերման և գրանցման մեթոդները:
4. Դոզաների հաշվառման սկզբունքը ներքին ճառագայթման ժամանակ:
5. Խոնացնող ճառագայթների հայտնաբերման սարքերը, դրանց աշխատանքի սկզբունքը:
6. Ճառագայթների գրանցման մեթոդները:
7. Ճառագայթաչափեր, դոզաչափեր, դրանց հիմնական բաղադրիչ մասերը:
8. Ռադիոակտիվության չափման մեթոդները:

ԳԼՈՒԽ 4

ՈԱԴԻՈԷԿՈԼՈԳԻԱՅԻ ՀԻՍՈՒՆՔՆԵՐԸ

Երկրագնդի վրա բնակվող բոլոր կենդանի էակները մշտապես ենթարկվում են իոնացնող ճառագայթների ազդեցությանը: Իոնացնող ճառագայթները, ռադիոնուկլիդները, ռադիոիզոտոպները հզոր էկոլոգիական գործոններ են: Դրանց ազդեցությունն օրգանիզմների վրա ուսումնասիրել են դեռևս 20-րդ դարի 30-ական թվականներին: Վ.Ի. Վերնադսկին, Ա.Ա. Պերեդելսկին, Վ.Մ. Կլեչկովսկին, Ն. Ա. Կորնենը և ուրիշներ՝ Ռուսաստանում, Յ. Օդումը՝ Մեծ Բրիտանիայում, դարձան ռադիոէկոլոգիայի՝ որպես նոր գիտական ուղղության, հիմնադիրներն ու ներդրողները:

Ռադիոէկոլոգիան ընդհանուր էկոլոգիայի ճյուղերից է, որը տարբեր ոլորտներում զարգացման ավելի մեծ թափ ստացավ ատոմային էներգիայի օգտագործման հետևանքով:

Էկոլոգիան (օյկոս՝ ապրելավայր, լոգոս՝ գիտություն) գիտություն է կենդանի օրգանիզմների, դրանց համակեցությունների և շրջապատող միջավայրի պայմանների փոխհարաբերությունների ուսումնասիրման մասին: Էկոլոգիայի խնդիրները բազմազան են: Հատկապես կարևոր են օրգանիզմների զարգացման օրինաչափությունների հետազոտությունները, դրանց մեկնաբանությունը և արդյունավետության հիմնավորման խնդիրները միջավայրի անընդհատ փոփոխությունների պայմաններում:

Մարդն իր ամենօրյա գործունեությամբ մեծ վնաս է հասցնում բնությանը, շրջապատին, և ոչ միշտ է, որ ճիշտ ու արդյունավետ է օգտագործում այն իր նպատակների համար:

Երբ էկոլոգիական խնդիրները դեռ նոր էին առաջանում, հայտնի բնագետ և փիլիսոփա Ֆրիդրիխ Էնգելսը զգուշացնում էր՝ չգայթակղվել, չհրապուրվել բնության նկատմամբ ունեցած հաջողակ հաղթանակներով, քանի որ յուրաքանչյուր հաղթանակի համար բնությունը վրեժ է լուծում: Էնգելսը կոչ էր անում ապրել բնության հետ ներդաշնակ և համաչափ:

Իսկ հանրահայտ Գյոթեն գրում է. «Բնությունը կատակներ չի ճանաչում, նա միշտ արդարացի է, միշտ լուրջ է, միշտ խիստ է: Նա միշտ ճշմարտացի է, սխալները և մոլորությունները մարդկանցից են բխում»: Այդ թևավոր խոսքերն այսօր առավել էական և ակտուալ են, դրանք կի-

րառելի են էկոլոգիական հարցերը ճիշտ լուծելու համար:

Ռադիոէկոլոգիան ուսումնասիրում է ռադիոակտիվ նյութերի կուտակումը օրգանիզմների կողմից և դրանց տարածումը (միգրացիա) կենսոլորտում:

Ռադիոէկոլոգիան զարգանում է տարբեր ուղղություններով. գյուղատնտեսական ռադիոէկոլոգիան, որպես ինքնուրույն ուղղություն, առանձնացնում է բույսերի և կենդանիների ռադիոէկոլոգիա: Գյուղատնտեսական ռադիոէկոլոգիայի հիմնական խնդիրն է ուսումնասիրել կենդանիների և բույսերի մորֆոֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունները, պոպուլյացիաների թիվը և տեղաբաշխումը՝ կապված փոփոխվող ճառագայթային ֆոնի պայմանների հետ: Հետազոտությունները կատարվում են ժամանակակից ֆիզիոլոգիական մեթոդների, ճշգրիտ սարքերի ու չափիչ տեխնիկայի կիրառմամբ իրականացվող փորձերի միջոցով: Այդ ուղղությամբ մեծ ներդրում են կատարել Վ. Կլեչկովսկին, Ն. Կորնենը, Ռ. Ալեկսիմը, Ա. Սիրոտկինը և ուրիշներ:

60-ական թվականներին, որպես ինքնուրույն բաժին, մասնատվեց ծովային օրգանիզմների ռադիոէկոլոգիան: Ապացուցված է, որ ծովային շատ կենդանիներ ընդունակ են իրենց մարմնի մեջ կուտակել և երկար ժամանակ պահպանել ռադիոակտիվ նյութեր: Իսկ մարդը և գիշատիչ կենդանիները, սնվելով այդ ծովային կենդանիներով, կարող են ստանալ ռադիոնուկլիդների որոշակի, ընդհուպ մինչև մահացու դոզա: Բացի այդ՝ ատոմական էլեկտրակայաններում ատոմային էներգիայի լայն կիրառման հետևանքով, սկսեց զարգանալ քաղցրահամ ջրավազանների ռադիոէկոլոգիան, որի խնդիրն է ուսումնասիրել այդ ջրերում բնակվող օրգանիզմների աղտոտվածությունը ռադիոնուկլիդներով և դրանց տարածումը էկոլոգիական շղթայով:

Գյուղատնտեսական ռադիոէկոլոգիան ուսումնասիրում է ռադիոնուկլիդների տարածումը և կուտակումը գյուղատնտեսական կենդանիների և մարդու օրգանիզմում սննդային շղթայի միջոցով՝ նկատի ունենալով ռադիոնուկլիդների փոխանցման՝ մթնոլորտ - ջուր - հող - բույս - կենդանի - գյուղատնտեսական արտադրանք - մարդ ուղին (բնակչության մատակարարումը սննդով, արտադրությանը՝ հումքով):

Երկրի վրա մշտապես տեղի է ունենում բնական ճառագայթում: Ճառագայթակայուն կամ ճառագայթադիմացկուն են այն օրգանիզմները, որոնք հարմարվել են բնական ճառագայթային ֆոնին:

Բնական ճառագայթային ֆոնը դոզայի այն հզորությունն է, որը ստեղծվում է տիեզերական ճառագայթների, բնական ռադիոակտիվ

տարրերի և դրանց ռադիոակտիվ արտադրանքի տեղումների պարունակությամբ օդի, ջրի, հողի և օրգանիզմների մեջ: Բնական ճառագայթային ֆոնը տատանվում է 3-25 մկՌ/ժ սահմաններում:

Օրգանիզմների ճառագայթահարման ֆոնի ստեղծման համար կարևոր է հատկապես կալիում - 40-ի, ածխածին - 14-ի, ռադիում - 226-ի, տրիտիումի, ռադոն - 222-ի և թորոն - 220-ի ազդեցությունը:

Մարդը իր գործունեության արդյունքում մշտապես ավելացնում է ճառագայթային ֆոնի մակարդակը, ինչին նպաստում է իոնացնող ճառագայթների օգտագործումը արդյունաբերության, էներգետիկայի, բժշկության և գյուղատնտեսության բնագավառներում:

Բացի այդ՝ կենսոլորտի ռադիոակտիվ աղտոտումն ավելանում է միջուկային պայթյունների, ռադիոակտիվ թափոնների դուրսբերման և աստղային ձեռնարկություններում տեղի ունեցող վթարների հետևանքով, ինչպես նաև միջուկների տրոհման արգասիքների միջոցով, որոնք մակածվում են ռադիոակտիվ նուկլիդներով: Ռադիոակտիվ աղտոտման հետևանքով մարդու և կենդանիների մոտ առաջանում է ճառագայթային հիվանդություն կամ տարբեր աստիճանի ճառագայթահարումներ:

Վերջին տասնամյակների ընթացքում ճառագայթային ֆոնը զգալիորեն բարձրացել է ամբողջ երկրագնդի վրա, ինչն անդրադառնում է միջավայրի էկոլոգիական հատկությունների վրա: Հայտնի է, որ կենդանի օրգանիզմները և կենսատերթիվական գոյության միջավայրը կազմում են միասնական միջավայրահամակարգ:

Էկոլոգիայի, ինչպես նաև ռադիոէկոլոգիայի հատուկ բաժին է ***գենփոփական էկոլոգիան***՝ իր բազմազան և հեռանկարային հիմնախնդիրներով:

Կենսոլորտի և կենսագենփոփայի ուսմունքի հիմնադիր Վ.Ի. Վերնադսկին մշել է, որ օրգանիզմների և միջավայրի միջև մշտապես տեղի է ունենում քիմիական տարրերի փոխանակություն:

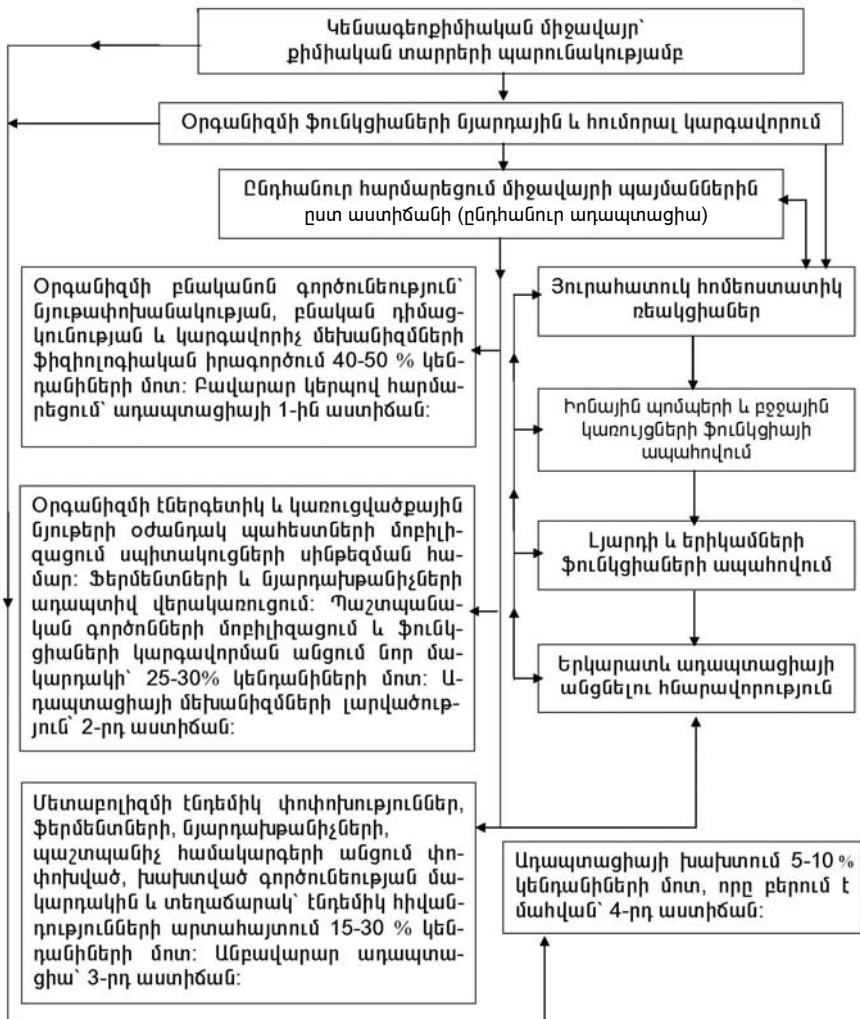
Կենդանի օրգանիզմները ոչ միայն ընտրողաբար կուտակում են իրենց կենսագործունեության համար անհրաժեշտ տարրերը, այլև կարևոր դեր են կատարում երկրակեղևի զարգացման և կանոնավորման համար՝ ապահովելով կյանքի էվոլյուցիան:

Հաշվի առնելով վերջին տարիներին տեխնածին նյութերի առեւելի կուտակումները կենսոլորտում, ինչպես նաև միջավայրահամակարգի լուրջ խանգարումները, անհրաժեշտ է համաշխարհային մակարդակով անցկացնել գիտականորեն հիմնավորված խելացի և արդյունավետ կենսագենփոփական միջոցառումներ կյանքի պայմանների բարելավ-

ման նպատակով՝ ինչպես գյուղատնտեսության, բժշկության, այնպես էլ արդյունաբերության գիտագործնական ոլորտներում: Հատուկ ուշադրության կենտրոնում է գտնվում քաղաքի հիմնախնդիրը՝ որպես կենսոլորտի տեխնածին ենթառեզիոն:

Կենսագեոքիմիայի կենսաբանական հիմնախնդիրները մշակել և առաջինը գյուղատնտեսության ու բժշկության ոլորտներում ներդրել են հանրահայտ գիտնականներ Ա.Պ. Վինոգրադովը և Վ.Վ. Կովալսկին, որոնք ստեղծեցին գեոքիմիական քարտեզներ քիմիական տարրերի տեղաբաշխման և տարածման վերաբերյալ նախկին Սովետական Միության ողջ տարածքներում, այդ թվում և Հայաստանում (նկ. 19, 20): Նրանք առաջարկել են էկոլոգիայի նոր ճյուղ՝ «Գեոքիմիական էկոլոգիա», որպես կենսոլորտի և կենսագեոքիմիական շրջանացման համակարգի ուսումնասիրման մեթոդոլոգիայի հիմք:

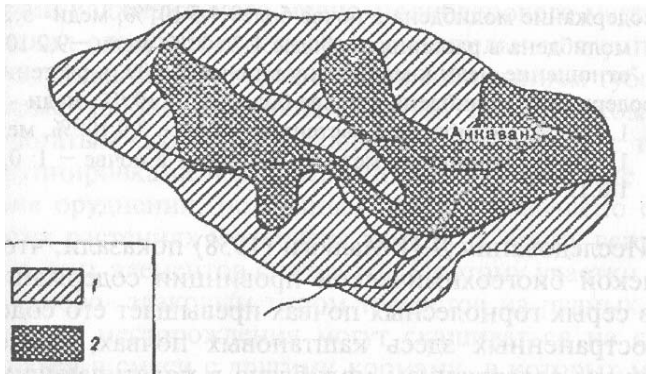
Գեոքիմիական էկոլոգիան ուսումնասիրում է գեոքիմիական ազդեցությունը օրգանիզմների կենսաքիմիական փոփոխականության վրա՝ մանրէների, բույսերի, կենդանիների, մարդու նյութափոխանակության և այլ պրոցեսների վրա: Հատուկ ուշադրության է արժանի ադապտացիայի (հարմարողականության) բարդ մեխանիզմների պարզաբանումը և դրանց խանգարումները էքստրենալ (ծայրահեղ) պայմաններում, որոնք կարող են առաջացնել կենսագեոքիմիական տարբեր էնդեմիկ (տեղաճարակ) հիվանդություններ: Ստորև ներկայացվում է Լ.Գ. Թադևոյանի և Մ.Ս. Գրիգորյանի կողմից մշակված ադապտացիայի մեխանիզմների սխեման (սխեմա 3) կենդանիների համար, ըստ որի՝ կենդանիների հարմարեցման հիմքում որոշակի գեոքիմիական պայմաններում ընկած է կենսաբանական համակարգերի փոփոխվելու ունակությունը միջավայրի փոփոխությունների՝ մորֆոլոգիական, ֆիզիոլոգիական, և կենսաքիմիական պարամետրերի սահմաններում: Երբ քիմիական տարրերի մակարդակը միջավայրում գերազանցում է կամ հակառակը՝ ցածր է սահմանային խտությունից, ապա խախտվում է օրգանիզմի ֆունկցիաների հոմեոստատիկ կարգավորումը, և առաջանում է ադապտացիայի խանգարում, ինչը հաճախ առաջացնում է «ադապտացիայի հիվանդություն» կամ մահ: Մարդու, կենդանիների և բույսերի հարմարեցումը գեոքիմիական միջավայրում ընթանում է նյարդահունորալ մեխանիզմների, նյութափոխանակության և այլ ֆունկցիաների լարվածությամբ, որոնք ապահովում են հոմեոստազի նոր մակարդակ՝ օրգանիզմի ադապտացիա էքստրենալ պայմաններում:



Սխեմա 3. Կենդանիների կենսաբանական ռեակցիաների մեխանիզմները
գեոքիմիական բնակելի միջավայրում
(ըստ Լ.Գ. Թադևոսյանի, Մ.Ս. Գրիգորյանի):

Սակայն երբ խախտվում են կարգավորիչ մեխանիզմները, առաջանում են էնդեմիկ փոփոխություններ և հիվանդություններ: Օրինակ՝ էնդեմիկ խալիպը (վահանաձև գեղձի հիվանդություն) առաջանում է միջավայրում յոդի պակասի, իսկ բորի էնտերիտը, մոլիբդենախտը, լիզախտը՝ այդ տարրերի ավելցուկի դեպքում: Հաճախ էնդեմիկ հիվանդություններն առաջանում են կենսոլորտում մի քանի քիմիական տարրերի անհամատեղությունից: Այդ հիվանդությունների բուժում և կանխարգելում անցկացնելիս անհրաժեշտ է պարզաբանել տեղավայրի գեոքիմիական վիճակը: Հայաստանում, հատկապես լեռնային շրջաններում, հայտնաբերվել են մոլիբդենային, պղնձամոլիբդենային, կապարային, յոդային, բորային և այլ կենսագեոքիմիական պրովինցիաներ և ենթառեգիոններ (Նկ. 19, 20), որտեղ մարդկանց, կենդանիների և բույսերի մոտ նկատվել են էնդեմիկ հիվանդություններ:

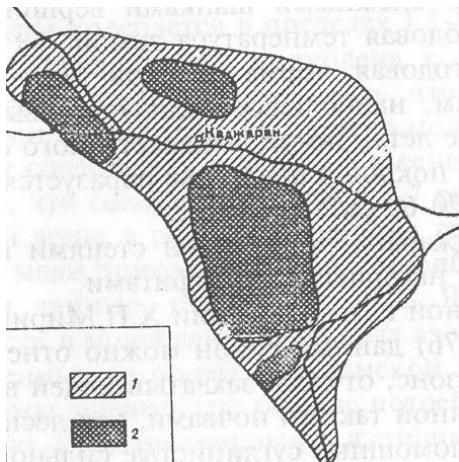
Հայաստանի հանքային ռեսուրսները մեծ են: Այստեղ հայտնաբերված է Մենդելևի աղյուսակի մոտ 70 քիմիական տարր, որոնցից մոտ 30-ը շահագործվում են որպես հանքային նյութեր: Այդ նյութերը կիրառվում են ժողտնտեսության տարբեր ոլորտներում, ինչպես նաև ազդում են շրջակա միջավայրի բոլոր կենդանաբանական օբյեկտների վրա:



Նկ. 19. Հանքավանի մոլիբդենային կենսագեոքիմիական պրովինցիայի քարտեզագրումը (Հայաստան, ըստ Վ.Կովալսկու):

Ստուգիչ (չեզոք) բնաշխարհ (հողում մոլիբդենի (Mo) պարունակությունը՝ $3,1 \cdot 10^{-4}$ %, պղինձ (Cu) $3,4 \cdot 10^{-3}$ %, Cu:Mo=1:0,09, բույսերում՝ Mo – $6,1 \cdot 10^{-5}$ %, Cu – $4 \cdot 10^{-4}$ %, Cu:Mo=1:0,15):

Կենսագեոքիմիական պրովինցիա (հողում՝ $\text{Mo} - 6,9 \cdot 10^{-3} \%$,
 $\text{Cu} - 5 \cdot 10^{-3} \%$, $\text{Cu}:\text{Mo}=1:1,4$. բույսերում՝ $\text{Mo} - 2,6 \cdot 10^{-3} \%$,
 $\text{Cu} - 5,7 \cdot 10^{-4} \%$, $\text{Cu}:\text{Mo}=1:4,6$):



**Նկ. 20. Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կենսագեոքիմիական պրովինցիա-
 յի քարտեզագրումը (Հայաստան, ըստ Վ.Կովալսկու):**

Ստուգիչ բնաշխարհի (հողում՝ $\text{Mo} - 4,5 \cdot 10^{-4} \%$, $\text{Cu} - 5,2 \cdot 10^{-3} \%$,
 $\text{Cu}:\text{Mo}=1:0,09$. բույսերում՝ $\text{Mo} - 1,2 \cdot 10^{-4} \%$, $\text{Cu} - 9,2 \cdot 10^{-4} \%$. $\text{Cu}:\text{Mo}=1:$
 $0,2$):

Կենսագեոքիմիական պրովինցիա (հողում՝ $\text{Mo} - 1,1 \cdot 10^{-2} \%$,
 $\text{Cu} - 1,2 \cdot 10^{-1} \%$, $\text{Cu}:\text{Mo}=1:0,09$. բույսերում՝ $\text{Mo} - 2,9 \cdot 10^{-3} \%$,
 $\text{Cu} - 1,7 \cdot 10^{-2} \%$, $\text{Cu}:\text{Mo}=1:0,17$):

Այսպիսով՝ գեոքիմիական էկոլոգիան և ռադիոէկոլոգիան ուսումնա-
 սիրում են քիմիական տարրերի և ռադիոնուկլիդների դերը կենսոլոր-
 տում՝ որպես էկոլոգիական գործոն, դրանց տեղաբաշխումը, միջավայ-
 րում՝ կապված օրգանիզմների գործունեության հետ, ինչպես նաև էկո-
 լոգիական շղթայով տարրերի անընդհատ վերափոխումներն ու վերա-
 դասավորումները միջավայրահամակարգում (Նկ. 21):

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՔՆԵՐԻ ԵՎ ԱՐՏԱՔԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԱՂՏՈՏՄԱՆ ԱՐՔՈՒՐՆԵՐԸ

Բոլոր կենդանի էակները ենթարկվում են արտաքին և ներքին ճառագայթման բնական և արհեստական իոնացնող ճառագայթների աղբյուրներից:

Իոնացնող ճառագայթների բնական աղբյուրները

Տիեզերական ճառագայթում: Դրանք տիեզերքից երկրի մակերևույթին հասնող (առաջնային տիեզերական ճառագայթում), ինչպես նաև մթնոլորտում օդի ատոմների և առաջնային տիեզերական ճառագայթների փոխազդեցության հետևանքով առաջացող (երկրորդային տիեզերական ճառագայթում) իոնացնող ճառագայթներն են:

Առաջնային տիեզերական ճառագայթումն առաջանում է աստղերի և մառախուղների մակերեսի գոլորշացումից, հրաբուխներից և բաղկացած է թեթև ատոմների միջուկներից՝ ջրածնի պրոտոններ (79 %), հելիումի α -մասնիկներ (20 %), լիթիումի, բերիլիումի, բորի, ածխածնի, ազոտի, ֆոսֆորի և այլ տարրերից, որոնք շատ մեծ էներգիա են պարունակում՝ $3 \cdot 10^9$ - $15 \cdot 10^9$, մյուսները՝ 10^{17} - 10^{18} ԷՎ:

Տիեզերական առաջնային մասնիկներն այդ էներգիան ձեռք են բերում աստղերի փոփոխական էլեկտրամագնիսական դաշտերում՝ իրենց արագացման շնորհիվ, որը մի քանի անգամ մեծանում է միջաստղային տիեզերական փոշու ամպերի մագնիսական դաշտերում և նոր ու առավել նոր աստղերի ընդարձակվող թաղանթներում: Սակայն այդ մասնիկներից միայն քչերն են հասնում երկրի մակերևույթ և փոխազդեցության մեջ մտնելով օդի ատոմների հետ՝ առաջացնում երկրորդային տիեզերական ճառագայթման մասնիկների հոսք: Ուստի տիեզերական ճառագայթների հիմնական զանգվածը, որը հասնում է երկրի մակերևույթ, առաջացնում է երկրորդային տիեզերական ճառագայթում:

Երկրորդային տիեզերական ճառագայթումը բարդ բաղադրություն ունի. այն կազմված է ներկայումս հայտնի բոլոր տարրական մասնիկներից և ճառագայթներից: Դրանց հիմնական զանգվածը, որը հասնում է ծովի մակերեվույթ, կազմում են՝ $\mu\pm$ և $\pi\pm$ մեզոնները (70 %), էլեկտրոնները և պոզիտրոնները (26 %), պրոտոնները, γ -քվանտները, արագ և գերարագ նեյտրոնները:

Կենսաբանական ազդեցության գնահատման համար (տիեզերական ճառագայթման դոզայի հաշվարկ) երկրորդային տիեզերական ճա-

ռագայթունը բաժանում են չորս բաղադրամասի՝ ըստ բաղադրության և էներգիայի մակարդակի.

1. Փափուկ կամ քիչ թափանցող՝ էլեկտրոններ, պոզիտրոններ, γ -քվանտներ և արագ պրոտոններ, որոնց էներգիան 100 ՄԷՎ է:

2. Կոշտ կամ ուժեղ թափանցող, որոնց էներգիան 400 – 600 ՄԷՎ է (մեզոններ, π -մեզոններ, α -մասնիկներ):

3. Ուժեղ իոնացնող, որոնք պարունակում են միջուկային տրոհման նյութեր՝ պրոտոններ, դեյտրոններ, α -մասնիկներ և 10-15 ՄԷՎ էներգիա ունեցող միջուկների ծանր բեկորներ:

4. Նեյտրոնային՝ տարբեր էներգիա ունեցող նեյտրոններ:

Ծովի մակերևույթի տիեզերական ճառագայթունը հիմնականում կազմված է փափուկ և կոշտ բաղադրամասերից:

Փափուկ բաղադրամասը կլանվում է 8-10 սմ հաստությամբ կապարի շերտով և 15-20 սմ երկաթի շերտով: Կոշտ բաղադրամասը անցնում է 1 մ հաստությամբ կապարի շերտով: Այն կարելի է հայտնաբերել հողի և ջրի տակ՝ մի քանի կիլոմետր խորության վրա: Փափուկ և կոշտ բաղադրամասերի մասնիկները, ունենալով մեծ էներգետիկ ունակություն, նյութում ստեղծում են իոնացման նվազագույն խտություն: Դրանց հարաբերական կենսաբանական էֆեկտիվությունը՝ $34\epsilon=1$: Ուժեղ իոնացնող բաղադրամասի մասնիկներն առաջացնում են մեծ խտություն ունեցող իոնացում: Դրանց 34ϵ -ն հավասարեցնում են պրոտոնների, նեյտրոնների և α -մասնիկների 34ϵ -ին, որոնց էներգիան 10 – 15 ՄԷՎ է, այսինքն՝ $34\epsilon=10$:

Ծովի մակերևույթի վրա տիեզերական ճառագայթների հաշվին, ըստ չափումների, 1սմ^3 օդում մեկ վայրկյանում առաջանում են 2,74 զույգ իոններ. դա համապատասխանում է $1,15 \cdot 10^{-11}$ Գր/վ դոզայի հզորությանը: Տիեզերական ճառագայթների ուժգնությունը փոփոխական է՝ կախված ծովի մակերևույթի բարձրությունից, աշխարհագրական լայնությունից և այլն (աղ. 3):

Ապացուցված է, որ կենսաբանական հյուսվածքներում տիեզերական ճառագայթների դոզան 11 %-ով ավելի մեծ է, քան օդում, քանի որ գերաբազ նեյտրոնները, փոխազդելով հյուսվածքների՝ C, N և O ատոմների միջուկների հետ, ճեղքում են վերջիններս՝ առաջացնելով արագ նեյտրոններ, որոնք հյուսվածքներում ստեղծում են լրացուցիչ իոնացում: Ըստ այդմ՝ տիեզերական ճառագայթների հյուսվածքային դոզան 1 օրվա համար կազմում է 0,11 մճաղ կամ 1,1 մկԳր, տարեկան՝ 40 մճաղ կամ 0,4 մԳր:

Տիեզերական ճառագայթման ընդհանուր դոզայի (մՋվ/գ) հզորության փոփոխությունը՝ կախված մակերևույթի բարձրությունից և աշխարհագրական լայնությունից (ըստ Ա.Մ. Կուզնի)

Ծովի մակերևույթի բարձրությունը, կմ	Լայնության աստիճանները		
	հասարակած	30°	50°
0	0,35	0,4	0,5
1	0,6	0,7	0,9
3	1,7	2,2	3,0
5	4,0	5,0	8,0
10	14,0	23,0	45,0
20	35,0	60,0	140

Բնության ռադիոակտիվ նյութեր: Բնության մեջ ռադիոակտիվ նյութերը բազմազան են և երկրագնդի կեղևում անհամաչափ են տարածված: Դրանցից առավել տարածված են կալիումը, ռութիդիումը, ուրանը, ռադիումը և այլն:

Հողի, ջրի, օդի, շինանյութերի մեջ և այլ նյութերում ցրված են մեծ քանակությամբ երկարատև կյանք ունեցող բնական ռադիոնուկլիդներ: Տիեզերական ճառագայթման հետ միասին դրանք ստեղծում են բնական ճառագայթային ֆոն, որը վնասակար չէ օրգանիզմների համար, քանի որ վերջիններս հարմարվել են բնական ռադիոակտիվությանը:

Բնության ռադիոակտիվ նյութերը բաժանվում են երեք խմբի.

1-ին խումբը կազմում են ուրանը՝ U, և թորիումը՝ Th, իրենց տրոհման արգասիքների հետ, ինչպես նաև կալիում-40-ը՝ ^{40}K , ռութիդիում-87-ը՝ ^{87}Rb :

2-րդ խումբը կազմում են կիսատրոհման մեծ պարբերությամբ իզոտոպները՝ ^{48}Ca , ^{130}Te , ^{113}In , ^{96}Zr , ^{180}W , ^{209}Bi և այլն:

3-րդ խումբը ռադիոիզոտոպներն են՝ ^{14}C , ^3H , ^7Be , ^{10}Be , որոնք անընդհատ առաջանում են տիեզերական ճառագայթման ազդեցությամբ:

Ամիրաժեշտ է նշել, որ երկրագնդի կեղևային շերտում ամենատարածված ռադիոիզոտոպը ռութիդիում - 87-ն է: Այն ավելի շատ է, քան

Ս-ն, Th-ը և կալիում - 40-ը: ⁸⁷Rb-ին բնորոշ է փափուկ β -ճառագայթում: Բոլոր տարրերի գումարից բարձր է ⁴⁰K ռադիոակտիվությունը, որը ճառագայթում է կոշտ բետա- և գամմա-ճառագայթներ: ⁴⁰K-ը լայնորեն տարածված է հողերում՝ հատկապես կավային: Իսկ Ս-ն, Th-ը և Ra-ը ավելի շատ պարունակվում են լեռնային հանքավայրերի գրանիտե տեսակներում:

Երկրագնդի վրա հայտնաբերված են ռադիոակտիվ վայրեր և գոտիներ, որտեղ բնական ռադիոակտիվ տարրերը շատ են, իսկ կենդանիների հյուսվածքներում և բույսերում պարունակվում են մեծ քանակությամբ ուրան, ռադիում, թորիում: Ռադիոկենսաբանությունում ընդունված է այդպիսի վայրերն անվանել ուրանի կամ թորիումի գոտիներ (պրովինցիաներ), որոնց բնորոշ են օրգանիզմների էնդեմիկ տեսակներ:

Կան գոտիներ, որտեղ երկրի կեղևում գամմա-ճառագայթումը տատանվում է 0,26-11,5 մԳր/տարի, իսկ, օրինակ, Բրազիլիայում, Յնդկաստանում բնական ճառագայթային ֆոնը շատ բարձր է՝ 0,12-ից մինչև 0,7 Գր/տարի, ինչը 100-500 անգամ գերազանցում է միջին համաշխարհային ֆոնը: Ուստի, այդ վայրերում արու կենդանիների մոտ նկատվում են քրոմոսոմների փոփոխություններ, սեռական գեղձերի կազմափոխություն, ուշ սեռական զարգացում, ստերիլություն:

Մեծ թվով ռադիոակտիվ նյութեր են պարունակում շինանյութերը, որոնք արձակում են գամմա-ճառագայթներ. ամենաշատը երկաթբետոնե կավահողային շենքերում՝ 1,71 մԳր/տարի, ամենաքիչը՝ փայտե տներում՝ 50 մճաղ/տարի կամ 0,5 Գր/տարի:

Ջրի ռադիոակտիվությունը կախված է Ս-ի, Ra-ի և Th-ի լուծված միացություններից և դրանցից արձակված ռադիոակտիվ զազանման նյութերից, դրանց արտադրանքից՝ ռադոնից և թորոնից: Ռադիոակտիվությունը ծովերում և լճերում ավելի բարձր է, քան գետերում, իսկ աղբյուրներում այն կախված է լեռնային ապարների տեսակից, կլիմայից, ռելիեֆից և այլն: Հարավային գետերում Ս-ի խրտությունը մի քանի անգամ ավելի բարձր է, քան հյուսիսային գետերում, իսկ հանքային ջրերում՝ ավելի քիչ: Օրինակ՝ Կովկասյան հանքաջրերում ռադիումը կազմում է $7,5 \cdot 10^{-9}$ Կի/լ, ռադոնը՝ $2,6 \cdot 10^{-8}$ Կի/լ: Օդի և ջրի ռադիոակտիվությունը հարթավայրերում 2-4 կարգ ցածր է, քան լեռնային տեղավայրերում և պայմանավորված է ⁴⁰K-ով:

Օրգանիզմի հյուսվածքների կողմից կլանված բնական ճառագայթման դոզաները, մՁվ/գ (ըստ Ի. Բելոուսովայի և Յու. Շտուկենբերգի)

ճառագայթման աղբյուրը	Փափուկ հյուսվածքներ և սեռական գեղձեր	Ոսկրեր	Թոքեր	Ոսկրածուծ
1. Տիեզերական ճառագայթում	0,88	0,88	0,88	0,88
2. Հողի և շինությունների գամմա-ճառագայթում	0,84	0,66	0,66	0,66
3. Մթնոլորտային օդի գամմա-ճառագայթում	0,036	0,036	0,036	0,036
4. Գումարային արտաքին ճառագայթում	1,76	1,58	1,58	1,58
5. Գումարային ներքին ճառագայթում	0,036	0,48	6,0	0,18
6. ճառագայթում բոլոր աղբյուրներից	2,12	2,06	7,58	1,76

Մթնոլորտում ռադիոակտիվ նյութերը գտնվում են գազանման վիճակում (ռադոն, թորոն, ^{14}C , տրիտիում) կամ անբոգոլների ձևով: Գումարային ռադիոակտիվությունը մթնոլորտում տատանվում է $2 \cdot 10^{-14}$ -ից մինչև $4,4 \cdot 10^{-13}$ Կի/լ և կախված է տեղանքից, տարվա եղանակից, եղանակային պայմաններից և երկրագնդի մագնիսական դաշտի վիճակից:

Բույսերի մեջ բնական ռադիոակտիվ տարրերից առավել մեծ տեսակարար ակտիվություն ունի ^{40}K -ը, որը կազմում է 44,4 - 370 Բք/կգ ($1,2 \cdot 10^{-9}$ - $1 \cdot 10^{-8}$ Կի/կգ), հատկապես բակլազգի բույսերում՝ լոբի, սոյա, ոլոռ: Բույսերում ուրանի, թորիումի, ռադիումի և ածխածնի պարունակությունը շատ քիչ է:

Կենդանիների օրգանիզմներում ^{40}K -ի պարունակությունն ավելի քիչ է, քան բույսերում: Կենսաբանական օբյեկտներում ուրանի, թորիում-

մի և ածխածին –14-ի պարունակությունը ^{40}K -ի համեմատ չնչին է:

Այսպիսով՝ կենդանիների վրա մեծապես ազդում են բնական ռադիոնուկլիդները, տիեզերական ճառագայթումը, բույսերի, հողի, ջրի, օդի և շինանյութերի մեջ գտնվող ռադիոակտիվ տարրերը, ինչպես նաև հենց օրգանիզմում գտնվող և սննդի ու ջրի հետ անցնող բնական ռադիոակտիվ նյութերը: Բոլոր այդ արտաքին և ներքին աղբյուրները, մշտապես ազդելով, օրգանիզմին հաղորդում են որոշակի կլանված դոզա (աղ. 4):

Մարդու համար միջին տարեկան թույլատրելի անվտանգ դոզան սեռական գեղձերի համար կազմում է 1,2 մԳր (0,12 ռադ), կմախքի համար՝ 1,3 մԳր (0,13 ռադ):

Իոնացնող ճառագայթների արհեստական աղբյուրները

Կենսոլորտի արհեստական ռադիոակտիվ աղտոտման պատճառներն են միջուկային պայթյունները, ռադիոակտիվ թափոնների արտանետումը շրջապատող միջավայր, ատոմային ձեռնարկությունների վթարների հետևանքով ռադիոակտիվ նյութերի մուտքը հող, ջուր, մթնոլորտ, բժշկության, կենսաբանության և գյուղատնտեսության մեջ օգտագործվող ռադիոիզոտոպները և այլ արհեստական աղբյուրներ:

Միջուկային պայթյունների ժամանակ նեյտրոնների ազդեցության հետևանքով տեղի են ունենում ծանր տարրերի (^{235}U , ^{239}Pu , ^{233}U և ^{238}U) միջուկների կիսման ռեակցիաներ: Այդ ռեակցիայի ժամանակ նեյտրոնը թափանցում է միջուկի մեջ, օրինակ՝ ^{235}U իզոտոպը վերածվում է ^{236}U -ի, դրա միջուկը դառնում է էներգետիկ անկայուն, միջուկային ուժերը չեն կարող դիմադրել պրոտոնների ուժերին, և միջուկը կիսվում է 2-3 անհամաչափ միջուկների բեկորների: Կիսման պրոցեսը շատ արագ է տեղի ունենում, անջատվում է 200 ՄԷՎ էներգիա, և արձակվում 2-3 ազատ նեյտրոններ: Վերջիններս իրենց ճանապարհին հանդիպում են այլ ծանր միջուկների, որոնք պատրաստ են կիսվել, և առաջանում է շղթայական կիսման պրոցես:

Միջուկային ռեակցիաների ժամանակ խախտվում է միջուկային շղթայակցումը: Նուկլոնները ենթարկվում են վանող ուժերի ազդեցությանը և հեռանում հակադիր բևեռներ, ինչի հետևանքով միջուկը ձևափոխվում է, ստանում երկարավուն ձև: Կենտրոնական մասում այն պրկվում է և կիսվում բեկորների: Միջուկային ռեակցիաները կատարվում են ակնթաթորեն, իսկ ճեղքվող նյութի բավարար քանակության

դեպքում շղթայական պրոցեսը դառնում է անկառավարելի:

Տրոհման պրոցեսը կարող է լինել ինքնապահպանվող, կարգավորելի և ընթանալ որոշակի քանակությամբ էներգիայի անընդհատ անջատմամբ: Այդպիսի ռեակցիաներն իրականացվում են միջուկային ռեակտորներում, որտեղ նեյտրոնների հոսքը կարգավորվում է հատուկ կլանիչների միջոցով:

Միջուկային պայթյունների ժամանակ առաջանում են 35 տարրերի մոտ 250 իզոտոպներ, ծանր տարրերի բեկորներ, ինչպես նաև դրանց տրոհման արգասիքներ (^{235}U , ^{239}Pu , ^{238}U): Վերջիններիս քանակը կախված է միջուկի լիցքի հզորությունից, կիսատրոհման պարբերությունից և տևում է մի քանի վայրկյանից մինչև մի քանի ժամ, տարի, տասնյակ և միլիոն տարիներ, օրինակ՝ ամենադանդաղ տրոհվող տարրերն են ^{87}Rb , ^{93}Zr , ^{129}I , ^{135}Cs : Առաջացած ռադիոնուկլիդների մեծ մասը β - և γ - ճառագայթիչներն են (^{131}I , ^{137}Cs , ^{140}Ba), մյուսները (^{90}Sr , ^{135}Cs) արձակում են միայն β - կամ α - մասնիկներ (^{144}Nd , ^{147}Sm):

Որոշ ռադիոնուկլիդների (ուրան, պոլոնիում) հիմնական զանգվածը շղթայական ռեակցիաների ժամանակ չի հասցնում կիսվել և պայթյունի ուժի ազդեցությամբ փոշիանում է՝ վերածվելով մանրագույն մասնիկների: Դրանք պարունակում են ելակետային ռադիոնուկլիդների հատկություններով ատոմներ:

Միջուկային պայթյունի շրջանում աղտոտվածության լրացուցիչ աղբյուր է հանդիսանում ***պատճառված (հարուցված) ռադիոակտիվությունը***: Այս երևույթն առաջանում է այն ժամանակ, երբ միջավայրում գտնվող ատոմային միջուկները ենթարկվում են ուրանի կամ պլուտոնիումի տրոհման ընթացքում առաջացած նեյտրոնների հոսքի ազդեցությանը (ակտիվացման ռեակցիա):

Մթնոլորտում, հողում, շինանյութերում և ջրում այդ ռեակցիաներից առաջանում են բազմաթիվ ռադիոիզոտոպներ, որոնց մեծ մասը տրոհվում է, արձակելով β -մասնիկներ և γ -ճառագայթներ: Ակտիվացման ռեակցիաների արդյունքում առաջացած ռադիոնուկլիդների գումարային ակտիվությունը մի քանի անգամ ավելի փոքր է, քան ռադիոակտիվ տրոհումներից առաջացած ընդհանուր ակտիվությունը: Վերջիններս արտաքին միջավայրի վարակման հիմնական աղբյուրն են (օդում՝ ^{14}C , ^3H , ^{39}Ar , ջրում՝ ^{24}Na , $^{31,32}\text{P}$, ^{35}S , ^{65}Zn , հողում՝ ^{45}Ca , ^{29}Al , ^{31}Si , ^{27}Mg): Միջուկային պայթյունից հետո առաջին ամիսների ընթացքում հիմնական վտանգը ներկայացնում են առաջացած ^{131}I , ^{89}Sr , ^{140}Ba բեկորների խառնուրդները, իսկ հետագայում՝ ^{90}Sr , ^{137}Cs :

Այսպես՝ այդ նյութերի տրոհումից 7 ժամ հետո գումարային ակտիվությունը կազմում է դրանց ընդհանուր քանակի 10 %, իսկ արդեն մեկ օր հետո այն կարճատև ապրող իզոտոպների հաշվին 50 անգամ թուլանում է: Երկու օր հետո մնում է միայն այդ իզոտոպների 1 %, իսկ 14 օրից՝ 0,1 %: Ուստի պայթյունից հետո կիսման նյութերի ռադիոակտիվությունը չի կարելի որոշել ըստ ռադիոակտիվ տրոհման օրենքի, այլ կարելի է մոտավորապես հաշվարկել Վեյի և Վիգների բանաձևով. $A = A_0 \cdot x$, որտեղ՝ A -ն բեկորների ակտիվությունն է պայթյունից հետո t ժամանակում, A_0 -ն ակտիվությունն է 1 օրվա ընթացքում, x -ը աստիճանի ցուցիչն է ($x=1,2$) պայթյունից հետո՝ մի քանի ժամից մինչև 200 օր ժամանակահատվածում:

Որքան ռադիոակտիվ ամպը հեռանում է պայթյունի վայրից, այնքան փոքրանում են մասնիկների չափերը, և փոխվում է ռադիոնուկլիդների կենսաբանական հասանելիությունը:

Ջերմամիջուկային ռեակցիաների ժամանակ սինթեզման ռեակցիայի պահին գոյանում է նեյտրոնների ինտենսիվ հոսք, որն առաջացնում է մեծ քանակությամբ ակտիվացման նյութեր (պատճառված ռադիոակտիվությամբ), հատկապես տրիտիումի, բերիլիումի, ածխածին-14-ի: Այդ սինթետիկ ռեակցիաները տեղի են ունենում միլիոն աստիճան ջերմության պայմաններում. երկու թեթև տարրերի՝ դեյտերիումի և տրիտիումի միջուկների միաձուլումից առաջանում է առավել ծանր միջուկ՝ հելիում:

Միջուկային սարքերը, որոնք աշխատում են ճեղքում- սինթեզ- ճեղքում ռեակցիաների սկզբունքով, աղտոտում են շրջապատող միջավայրը ուրանի և պլուտոնիումի ռադիոակտիվ բեկորներով, ինչպես նաև տրիտիումով և ռադիոածխածնով:

Այսպես՝ հաշվարկները ցույց են տվել, որ 1 մեգատոն միջուկային պայթյունից գոյանում է 7,4 կգ ռադիոածխածին-14, որը քանակապես համապատասխանում է տիեզերական ճառագայթումից նույն իզոտոպի առաջացմանը մթնոլորտում մեկ տարվա ընթացքում: Տարբեր երկրներում կատարված (մինչև 1959 թ.) ջերմամիջուկային պայթյուններից երկրագնդի վրա լրացուցիչ առաջացել է մոտ 560 կգ ^{14}C :

Միջուկային պայթյունները լինում են օդային, վերգետնյա, ստորգետնյա, ծովի մակերևույթի վրա և այլն: Տեղավայրի աղտոտումը կախված է միջուկային պայթյունի բնույթից, մթնոլորտային պայմաններից, միջուկային սարքի տրամաչափից, աշխարհագրական դիրքից: Օրինակ՝ վերգետնյա պայթյունների ժամանակ ռադիոնուկլիդների բեկորներն աղտոտում են պայթյունի շրջանը և մերձակա տարածքը, որի

վրայով անցել է ռադիոակտիվ ամպը:

Օդային պայթյունների ժամանակ տրոհված ռադիոակտիվ նյութերը տարածվում են մեծ մակերեսի վրա: Սակայն մթնոլորտային տեղումների դեպքում (անձրև, ձյուն, քամի) ռադիոակտիվ ամպը կարող է, երկրագնդի շուրջ մի քանի պտույտ կատարելով, տարածվել և աղտոտել այս կամ այն շրջանը:

Ուստի ռադիոակտիվ աղտոտում կարող է առաջանալ երկրագնդի ցանկացած կետում, հատկապես հյուսիսային կիսագնդում՝ տարվա տարբեր ամիսներին:

Ռադիոնուկլիդների տարածումը և կուտակումը միջավայրում մեծացել են ժողովրդական տնտեսության մեջ միջուկային էներգիայի օգտագործման, ատոմային կայանների, ռեակտորների ու լաբորատորիաների աշխատանքների արդյունքում, իսկ մարդը, աշխատելով այդ վայրերում, շփվում է ճառագայթման արհեստական աղբյուրների հետ:

Մթնոլորտ արտանետվող վնասակար նյութերի քանակը կրճատելու նըպատակով նախատեսվում է արդյունաբերական ձեռնարկություններում և կոմունալ տնտեսության օբյեկտներում տեղադրել արտանետվող գազերից և փոշուց վնասակար նյութերի որսման և վնասագերծման կայանքներ:

Որպես մթնոլորտային օդի մաքրության պահպանման ամենահուսալի միջոց՝ անհրաժեշտ է ավելացնել կանաչ տարածությունների տեսակարար կշիռը:

ԿԵՆՍՈՒՈՐՏՈՒՄ ՈՎԴԻՈԱԿՏԻՎ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՏԵՂԱՓՈԽՄԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՕՐԻՆԱԿԱՓՈԽՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ռադիոակտիվ նյութերը, միջուկային տրոհումից առաջացած բեկորները, դրանց արգասիքները, ինչպես նաև ռադիոակտիվ թափոնները, անցնելով կենսոլորտի բաղադրիչ մասերի մեջ՝ արիտիկ (ոչ կենսաբանական՝ հող, ջուր) և բիոտիկ (կենդանական աշխարհ, բույսեր), մասնակցում են նյութերի կենսաբանական շրջապտույտին: Ռադիոակտիվ նյութերը կարող են ինքնուրույն երկրի մակերևույթ հասնել չոր կամ թաց մթնոլորտային տեղումների ձևով:

Միջուկային տրոհման արգասիքները մասնակցում են շրջապտույտին կենսաբանական ցիկլով՝ հող – բույս – կենդանի – մարդ:

Ռադիոակտիվ նյութերը կարող են անցնել մարդու օրգանիզմ բուսական և կենդանական ծագում ունեցող սննդամթերքի միջոցով:

Պարզվել է, որ տրոհման սկզբնական շրջանում ռադիոակտիվ նյութերից առավել վտանգավոր են յոդի իզոտոպները, որոնք մեծ քանակությամբ և շատ արագ տարածվում են պայթյունների ժամանակ և ունեն բարձր կենսաակտիվություն: Յոդից հետո մեծ ակտիվությամբ և բարձր էներգիայով են օժտված ստրոնցիում - 90-ը և ցեզիում - 137-ը, որոնք երկարատև են պահպանվում օրգանիզմում և շատ դանդաղ են տրոհվում:

Կենսոլորտում ռադիոնուկլիդների տեղափոխման օրինաչափությունները պայմանավորված են դրանց ֆիզիկաքիմիական վիճակով՝ հողում, ջրում և կերում:

Ռադիոնուկլիդները հողում գտնվում են տարբեր ձևերով՝ ջրում լուծված, փոխանակելի, անփոխանակելի և կապված վիճակում: Դրանց կենսաբանական շարժունակությունը (միգրացիան սննդային շղթայով) պայմանավորված է ոչ միայն ռադիոնուկլիդի ֆիզիկաքիմիական, այլև հողի բազմատեսակ հատկություններով: Օրինակ՝ օրգանական նյութերով հարստացված հողերում ցեզիում - 137-ը կարող է թափանցել մինչև 70-90 սմ խորությամբ, այն դեպքում, երբ սովորական պայմաններում ցեզիումը թափանցում է 4 սմ հողի շերտում: Ապացուցված է նաև, որ հողի մանրէները զգալիորեն իջեցնում են ռադիոնուկլիդների շարժունակությունը կենսաշրջապատույտում և 60 %-ով կապում են ցեզիումը՝ խանգարելով դրա հետագա միգրացիային: Ցեզիումի համեմատ ^{90}Sr -ը օժտված է ավելի բարձր շարժունակությամբ բնական միջհամակարգերի հողերում, ուստի կենսոլորտում տարածվում է ավելի ինտենսիվորեն:

Ռադիոակտիվ նյութերը, մթնոլորտից հասնելով հողի և բույսերի մակերեսին, կարող են որպես լրացուցիչ աղտոտման աղբյուր ծառայել: Ռադիոակտիվ փոշիները կարող են բարձրանալ երկրի մակերեսից քամիների, անձրևի, բերքահավաքի, խոտ հնձելու, կենդանիների արոտի ժամանակ: Հաշվի առնելով լրացուցիչ ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտման հնարավորությունը՝ անհրաժեշտ է գյուղատնտեսական մշակաբույսերի բերքահավաքի ընթացքում կիրառել այնպիսի տեխնոլոգիաներ, որոնք նվազագույնի են հասցնում բերքի աղտոտումը:

^{90}Sr -ը և ^{137}Cs -ը կերի միջոցով մուտք են գործում մարդու և կենդանու օրգանիզմ, կապվում են միկրոտարրեր կալցիումի և կալիումի հետ, որոնք դրանց մշտական կրողներ-փոխադրիչներն են: Վերջիններիս տեղափոխման օրինաչափությունները կենսոլորտում համապատասխանում են ^{90}Sr -ի և ^{137}Cs -ի տեղափոխման օրինաչափություններին, ինչը

գործնական մեծ նշանակություն ունի ռադիոքիմիական փորձաքննությունների համար:

Այսպես՝ ապացուցված է, որ ռադիոնուկլիդներով աղտոտված օբյեկտներում, ստրոնցիում - 90-ի առավելագույն քանակությունը կալցիումով հարուստ օրգաններում է, հատկապես ոսկրերում, ձվի կեղևում, իսկ ցեզիում - 137-ի առավելագույն քանակությունը՝ կալիումով հարուստ օրգաններում, օրինակ՝ մկաններում:

Կենսաբանական օբյեկտներում ^{90}Sr - Ca և ^{137}Cs - K համաչափական կուտակումներն արտահայտում են ոչ թե բացարձակ միավորներով, այլ հարաբերական՝ կալցիումի կամ կալիումի նկատմամբ: Հոդում, բույսերում, կաթի մեջ և կենդանի հյուսվածքներում ^{90}Sr -ի պարունակությունը կալցիումի նկատմամբ արտահայտում են ստրոնցիումի միավորներով (ՍՍ), որը ցույց է տալիս ^{90}Sr -ի ակտիվությունը 1 կգ հետազոտվող նմուշում դրա մեջ պարունակվող կալցիումի խտության նկատմամբ: Այն անվանում են դիսկրիմինացիայի (խտրականության) գործակից՝ Γ կամ Կլեյկովսկու ցուցանիշ.

$$\Gamma = \frac{{}^{90}\text{Sr}/\text{Ca} \text{ ՍՍ}_{\text{նմուշում}}}{{}^{90}\text{Sr} / \text{Ca} \text{ ՍՍ}_{\text{նախորդում}}}$$

Նույն ձևով հաշվարկում են $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ հարաբերությունը: Հողից ռադիոնուկլիդների անցումը և կուտակումը բույսերում կախված է մի շարք գործոններից՝ ռադիոնուկլիդի և հողի ֆիզիկաքիմիական հատկություններից, բույսերի կենսաբանական առանձնահատկություններից և կիրառվող ագրոտեխնիկայից:

Ապացուցված է, որ ռադիոնուկլիդները, անցնելով բույսերի մեջ, բաշխվում են դրանց տարբեր մասերում: Որոշ ռադիոնուկլիդներ կուտակվում են արմատներում, մյուսները՝ ցողունում, տերևներում և այլն:

Բույսերում ռադիոնուկլիդները գտնվում են շարժուն ֆրակցիայի ձևով և կապված են դրանց կառուցվածքային - ֆունկցիոնալ բաղադրամասերի հետ: Որքան շատ է բույսերում ռադիոնուկլիդի ազատ ֆրակցիան, այնքան հեշտ է այն յուրացվում միախուց ստամոքսով կենդանիների կողմից, իսկ բազմախուց ստամոքսով կենդանիների համար յուրացումը շատ ավելի բարդ է՝ յուրահատուկ մարսողության պատճառով:

Կենդանիների հյուսվածքներում ռադիոնուկլիդների մետաբոլիզմը

պայմանավորված է տարբեր գործոններով: Կարևոր է հատկապես դրանց կոմպլեքսագոյացման հատկությունը և փոխազդեցությունը հյուսվածքի բաղադրամասերի հետ: Օրինակ՝ ստրոնցիումի և կալցիումի կոմպլեքսագոյացման հատկություններն ուժեղ արտահայտված չեն: Արյան մեջ դրանք գտնվում են սպիտակուցների հետ անկայուն վիճակում, ընդ որում՝ կալցիումի միացությունն արյան շիճուկի սպիտակուցների հետ, ստրոնցիում- 90-ի համեմատ, 2 անգամ շատ է:

Հակառակ պատկերն է դիտվում կովի կաթի գնահատման դեպքում. ստրոնցիում - 90-ի 70 - 80 % կայուն կապված է կաթի կազեինի հետ, իսկ կալցիումի միացությունը 20 % է և անկայուն:

ՌԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻՂՆԵՐԻ ՄՈՒՏՔԸ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԿԱԹԻ ԵՎ ԱԾԱՆ ՀԱՎԵՐԻ ԶՎԻ ՄԵՋ

Ռադիոնուկլիդներն արտաքին միջավայրից, օրինակ, կովերի օրգանիզմ մեծ քանակությամբ մուտք են գործում հիմնականում արոտավայրերից, երբ բույսերն աղտոտված են լինում ռադիոակտիվ նյութերով: Այսպես՝ ռադիոակտիվ պայթյունից 4-5 օր հետո կաթի մեջ հայտնաբերվում է յոդ – 131-ի առավելագույն խտություն, ընդ որում՝ յոդի անցումային գործակիցը $0,592 \cdot 10^{10}$ Բք/լ կամ 0,16 Կի/լ է:

Անցումային գործակիցը (Ci) ցույց է տալիս սննդային շղթայի յուրաքանչյուր հաջորդ օղակում ռադիոնուկլիդի պարունակության հարաբերությունը նախորդին: Այն որոշում են հետևյալ բանաձևով. $Ci = K_B \cdot F_B$, որտեղ Ci-ն ռադիոնուկլիդի պարունակությունն է կերի կամ սննդամթերքի մեջ, Բք/կգ, Բք/լ, K_B -ն՝ մեկ ամսվա ընթացքում արտանետված ռադիոնուկլիդների օղային գործակցի համամասնականը՝ Բք/կգ, Բք/մ², F_B -ն՝ մեկ ամսվա ընթացքում դուրս նետված ռադիոնուկլիդների ինտենսիվությունը, Բք/մ²:

Որոշելով ռադիոնուկլիդի անցումային գործակիցը՝ հաշվարկում են ⁹⁰Sr-ի և ¹³⁷Cs-ի մուտքը կերի, կաթի և մսի մեջ: Օրինակ՝ ⁹⁰Sr-ի տևական մուտքը կերի հետ (կերաբաժնի հետ մուտքի համեմատ) կովի 1 լիտր կաթում կազմում է 0,05-0,2 %, իսկ ¹³⁷Cs-ի մուտքը՝ 0,25-1 %, սակայն ոսկրային և մկանային հյուսվածքներում այդ ռադիոնուկլիդների քանակությունն ավելի շատ է, քան կաթում: Ռադիոնուկլիդի անցման ինտենսիվությունը հող-կաթ օղակում բաշխվում է հետևյալ հերթականությամբ՝ կալիում > կալցիում > ցեզիում > ստրոնցիում: Տարբեր տեսակի հողերի համար այդ տարրերի անցումային գործակիցը նույնպես

տարբեր է, ինչպես նաև միևնույնը չէ դրանց յուրացումը տարբեր օրգանիզմների կողմից:

Ածան հավերի ձվի մեջ յոդ -131-ի էկոլոգիական հավասարակշռությունը տեղի է ունենում 6 օր հետո, երբ հավերին կերակրում են յոդով հարուստ կերաբաժնով:

Այդ ժամանակահատվածում յոդի դուրսբերումը ձվի միջոցով կազմում է 8 %, ընդ որում՝ յոդի կուտակումը դեղնուցում 20-50 անգամ ավելի շատ է, քան սպիտակուցում և դեղնուցում միասին վերցրած:

Ցեզիում-137-ի հավասարակշռությունը հավերի կերաբաժնում և ձվի մեջ, ինչպես և յոդ-131-ի դեպքում, տեղի է ունենում է 6 օրում: Սակայն ցեզիում-137-ի քանակը սպիտակուցում 2-3 անգամ ավելի շատ է, քան դեղնուցում, իսկ ձվի կեղևում այն կազմում է 1-2 % :

Ցինկ - 65-ի և երկաթ - 59-ի տևական մուտքը հավերի օրգանիզմ 7-15 օրում առաջացնում է դրանց կուտակում ձվի մեջ՝ 6,2 % ցինկ և 3,22 % երկաթ: Հաշվարկները ցույց են տվել, որ նշված ռադիոնուկլիդների 99 % բաշխվում է դեղնուցում և միայն 1 % սպիտակուցում ու կճեպում:

Այսպիսով՝ ռադիոնուկլիդները կենդանու օրգանիզմ են անցնում անմիջապես հողից, ջրից, բույսերի արմատներից, իսկ մարդու օրգանիզմ՝ նաև կենդանական ծագում ունեցող արտադրանքից (կաթ, միս, բուրդ և այլն): Ռադիոնուկլիդների տրոհման արգասիքներից վտանգավոր են հատկապես յոդի, ստրոնցիումի, ցեզիումի իզոտոպները, որոնք օժտված են ոչ միայն բարձր ճառագայթմամբ և կենսաբանական ակտիվությամբ, այլև կիսատրոհման մեծ պարբերությամբ և կենսաբանական շրջապտույտով, մարդու և կենդանիների օրգանիզմում, հատկապես՝ ոսկրային հյուսվածքներում երկարատև պահպանվելու ունակությամբ:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ռադիոնուկլիդների շրջապտույտի հետ կապված շատ հարցեր դեռ բացահայտված չեն և ուսումնասիրության լուրջ կարիք ունեն:

Վերջին տվյալներով (Վ.Ա. Մատյուսին և ուրիշներ) հաստատվել է, որ շրջապատող միջավայրում ձևավորվում են ճառագայթային ռիթմեր՝ համաձայն հիմնական բաղադրիչների, ինչպիսիք են տիեզերածին (կոսմոզեն) ու վթարային տեխնածին (տեխնոզեն) ռադիոնուկլիդները և այլն:

Ճառագայթային ֆոնի բաղադրիչ տարրերի ռիթմիկ փոփոխությունները կարող են կենսառիթմերի արտաքին և ներքին համաժամանակյա դեր կատարել: Սակայն սովորական էկոլոգիական ճառագայթային ֆո-

նի և տեխնածին ազդեցությամբ ռադիոնուկլիդների փոփոխությունները կարող են առաջացնել օրգանիզմի ճառագայթային հոմեոստազի խանգարումներ, որոնք արտահայտվում են տարբեր տեսակի դեսինխրոնոզներով (միաժամանակյա խախտումներ):

20-րդ դարում առաջացան ճառագայթային զոտիներ, որտեղ տեխնածին ճառագայթային ֆոնը բարձր է, օրինակ՝ Չեռնոբիլը, Կիշտինը և այլն: Այդպիսի տեխնածին անոմալիաներով զոտիներում անհրաժեշտ է ուսումնասիրել օրգանիզմների ադապտացիայի մեխանիզմները և որոշել, այսպես կոչված, օրգանիզմի էկոլոգիական ռադիացիոն ռեզերվը՝ ճառագայթային պահուստը:

Երկրագնդի հյուսիսային կիսագնդում առաջացել են ստորոնցիում-90-ի և ցեզիում-137-ի մեծատարած բնական և տեխնածին աղտոտված վայրեր, որոնք բնականաբար փոխել են Եվրոպայի բնական ճառագայթային ֆոնը. այն տատանվում է 2 մՋվից (Անգլիա) մինչև 7 մՋվ (Շվեդիա):

Տեխնածին «վթարային» վայրերում այդ ցուցանիշների տատանումները զգալիորեն մեծանում են:

Ռեզիդուալ ճառագայթային նորման երկրագնդի համար 2,8 մՋվ է, իսկ, օրինակ, Ֆինլանդիայի համար՝ 5 մՋվ:

Իմանալով օրգանիզմի էկոլոգիական ճառագայթային պահուստը, ռեզիդուալ յուրահատուկ ճառագայթային ֆոնը, տեխնածին ֆոնը և ճառագայթային ռիթմերի փոփոխման վթարային մասը՝ կարելի է կազմել ճառագայթային բեռնվածությունը երկրագնդի յուրաքանչյուր հատվածի բնակչության համար:

Տարեկան միջին ճառագայթման դոզան (ՏՄԴ) ընդունված է 100 մՌ: Բրազիլիայում, Չնդկաստանում, Կենտրոնական Ֆրանսիայի գրանիտե զանգվածում բնական դոզան 5-6 անգամ ավելի բարձր է, սակայն դա չի անդրադառնում բնակչության առողջության վրա:

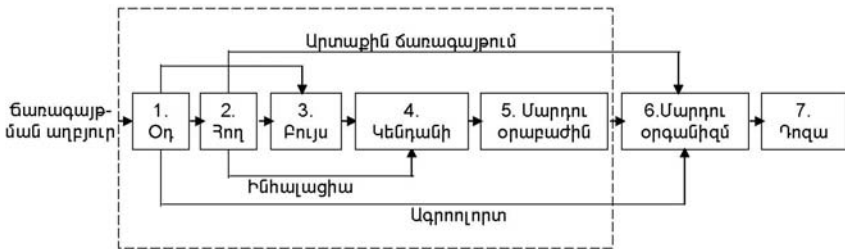
Հաստատված է, որ մարդը բժշկական հետազոտությունների ժամանակ ստանում է լրացուցիչ ճառագայթում, օրինակ՝ ճապոնիայում 130 մՌ, Լեհաստանում՝ 160 մՌ, Ռուսաստանում՝ 140 մՌ: Բացի դրանից՝ մարդը տարվա ընթացքում ստանում է մոտավորապես 150 մՌ ժամանակակից բեռոնե և աղյուսե շենքերից, որտեղ առկա են ռադիոակտիվ մյուլեր: Այսպիսով՝ քաղաքի բնակչության տարեկան միջին ճառագայթման դոզան (ՏՄԴ) մոտավորապես կազմում է 500 մՌ, իսկ գյուղական բնակչության համար՝ 350 մՌ: Բերված թվերում հաշվի է առնվել լրացուցիչ ճառագայթումը միջուկային պայթյուններից առաջացած ռա-

դիտակտիվ տեղումներից:

Այսպիսով՝ գյուղատնտեսական ռադիոէկոլոգիան ուսումնասիրում է ռադիոնուկլիդների տարածումը ագրոարդյունաբերական արտադրանքի մեջ, ինչպես նաև իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը բույսերի, կենդանիների և ագրոէկոհամակարգերի վրա:

Այն մշակում է ռադիոնուկլիդներով աղտոտված տարածքներում գյուղատնտեսության վարման ձևեր և պաշտպանիչ միջոցառումների համալիր, որն ապահովում է ագրոարդյունաբերության արտադրանքի համապատասխանությունը ռադիոլոգիական ստանդարտներին:

ՄԱԿ-ի Գիտական կոմիտեն մշակել է բլոկ-մոդել միջուկային ճառագայթման ազդեցության վերաբերյալ՝ սննդային շղթայով ռադիոնուկլիդների փոխանցումը մինչև մարդու օրգանիզմ (սխեմա 4):



Սխեմա 4. Ռադիոնուկլիդների փոխանցման բլոկ-մոդելը շրջապատող միջավայրում:

ԱՏՈՒԳՈՐԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Գյուղատնտեսական ռադիոէկոլոգիայի խնդիրները:
2. Բնական և արհեստական ճառագայթման և արտաքին միջավայրի աղտոտման աղբյուրները:
3. Կենսոլորտում ռադիոակտիվ նյութերի տեղափոխման օրինաչափությունները. դրանց մուտքը բույսերի, կենդանիների և մարդու օրգանիզմ:

ԳԼՈՒԽ 5

ՈԱԴԻՈՍԿՏԻԿ ԱՅՈՒԹԵՐԻ ԹՈՒՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ոադիոթունաբանությունը ռադիոկենսաբանության հատուկ բաժին է, որն ուսումնասիրում է ռադիոակտիվ նյութերի ֆիզիկաքիմիական հատկությունները, դրանց թունավոր ազդեցությունն օրգանիզմների վրա, ազդեցության մեխանիզմները, առաջացած թունավորումների ախտաբանական փոփոխությունները, ինչպես նաև հայտնաբերում է թունավորումների կանխարգելման ու բուժման արդյունավետ միջոցներ և հակաթույներ:

Ոադիոթունաբանության խնդիրներն են՝

- ուսումնասիրել ռադիոնուկլիդների, ռադիոակտիվ իզոտոպների՝ օրգանիզմ ներթափանցման հիմնական ուղիները, օրգանիզմում բաշխման օրինաչափությունները և թափանցումը հյուսվածքների մոլեկուլների մեջ (ինկորպորացիա՝ ներմարմնավորում), տարբեր օրգաններում իզոտոպների կուտակման առանձնահատկությունները և արտազատումն օրգանիզմից.

- հետազոտել ներմարմնավորված իզոտոպների կենսաբանական ազդեցությունը և ներքին ճառագայթման զարգացման մեխանիզմները.

- մշակել ռադիոնուկլիդների ներթափանցումը կանխելու և օրգանիզմից արագ դուրս բերելու մեթոդներ և միջոցներ:

Ոադիոակտիվ նյութերը (ռադիոնուկլիդներ, ռադիոակտիվ իզոտոպներ), անցնելով օրգանիզմ, մասնակցում են նյութափոխանակությանը ճիշտ այնպես, ինչպես տվյալ տարրի կայուն իզոտոպները: Դրանց կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմը բնորոշվում է ռադիոակտիվ ճառագայթման պարամետրերով և ոչնչով չի տարբերվում արտաքին իոնացնող ճառագայթների աղբյուրների ազդման մեխանիզմներից: Հիմնական տարբերությունն այն է, որ իզոտոպները, մասնակցելով մետաբոլիկ պրոցեսներին, երկար ժամանակ մնում են օրգաններում և հյուսվածքներում: Ապացուցված է, որ ռադիոնուկլիդների ակտիվությունը հնարավոր չէ թուլացնել ոչ քիմիական, ոչ ֆիզիկական միջոցներով:

ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԹՈՒՆԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԸ

Ռադիոակտիվ նյութերի թունավորությունը պայմանավորված է հետևյալ գործոններով՝

- ճառագայթման տեսակով, էներգիայով և կիսատրոհման պարբերությամբ,

- այն նյութի ֆիզիկաքիմիական հատկություններով, որի կազմի մեջ է մտնում ռադիոնուկլիդը օրգանիզմ ներթափանցելու ժամանակ,

- օրգաններում և հյուսվածքներում դրանց բաշխման տիպով,

- օրգանիզմից դուրսբերման արագությամբ:

Ճառագայթման տեսակը և էներգիան իզոտոպների թունավորության գլխավոր ցուցանիշներն են: Իզոտոպի ճառագայթման էներգիան ուղղակիորեն կապված է ճառագայթահարման հետ. որքան մեծ է ճառագայթման էներգիան, այնքան ուժեղ է ճառագայթահարումը (աղ. 5):

Աղյուսակ 5

Իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությունը
բնորոշող հաստատունները

Ճառագայթի անվանումը	Էներգիան, ՄԷՎ	Վազքը մկանային հյուսվածքում, մկմ	Իոնացման միջին թիվը 1 մկմ ճանապարհի վրա	Միջին էԳՓ, ԿԵՎ/մկմ	ՀԿԵ գործակիցը
Ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթներ	1	$2 \cdot 10^6$ և ավելի	15	0,49	1
Բետա-մասնիկներ	1	$4,4 \cdot 10^3$	8	0,23	1
Ալֆա-մասնիկներ	5	35	4500	143,0	10
Պրոտոններ	1	22		45,0	10
Նեյտրոններ	0,9		840	27,4	10

Տարբեր տեսակի ռադիոնուկլիդների կենսաբանական ազդեցության աստիճանը կախված է դրանց **էներգիայի զծային փոխանցումից**

(**ԷԳՓ**), որի մեծությունը պայմանավորված է նյութում մասնիկի կամ քվանտի գծային իոնացման խտությամբ (տեսակարար իոնացում): Այսպես՝ ծանր մասնիկների (ալֆա-մասնիկներ և պրոտոններ) տեսակարար իոնացումը շատ բարձր է, իսկ թեթև մասնիկներինը (բետա-մասնիկներ, գամմա-ճառագայթներ)՝ ցածր: Որքան բարձր է էներգիան և կարճ է մասնիկի վազքը, այնքան մեծ է ԷԳՓ-ն: Այսինքն՝ էներգիայի բարձր գծային փոխանցում (ԷԳՓ) ունեցող իզոտոպներն օժտված են մեծ կենսաբանական էֆեկտիվությամբ (ԿԷ): Այս երևույթը վկայում է այն մասին, որ տարբեր ճառագայթների ազդեցության աստիճանը կախված է ինչպես ընդհանուր կլանված էներգիայի քանակից, այնպես և օրգաններում, հյուսվածքներում ու բջիջներում դրանց տեղաբախշման երկրաչափական բնութագրերից:

Տարբեր ԷԳՓ և կենսաբանական ազդեցություն ունեցող ճառագայթների արտահայտման համար օգտագործում են **հարաբերական կենսաբանական էֆեկտիվության գործակիցը (ԴԿԷԳ)**: Օրինակ՝ օրգանիզմի ընդհանուր ճառագայթման դեպքում արագ նեյտրոնների համար ԴԿԷԳ-ն հավասար է 10, իսկ սեռական գեղձերի տեղային ճառագայթման համար՝ 35:

Ճառագայթների կենսաբանական ակտիվության բնութագրման համար կարևոր բնութագիր է նաև ռադիոնուկլիդների **կիսատրոհման պարբերությունը**: Կաթնասունների և թռչունների համար առավել վտանգավոր են այն իզոտոպները, որոնց կիսատրոհման պարբերությունը կազմում է մի քանի օրից մինչև մի քանի տասնյակ տարի, օրինակ՝ ^{131}I – 8,05 օր, ^{90}Sr – 28 տարի, ^{137}Cs – 30 տարի և այլն: Սակայն, օրինակ, իզոտոպներ ^{134}I -ը, $^{136-140}\text{I}$ -ը, ^{212}Po -ը ծանր միջուկների տրոհման արգասիքներ են, և դրանց կիսատրոհման պարբերությունը շատ կարճ է՝ մի քանի վայրկյան կամ րոպե: Այդ իզոտոպներն արագ տրոհվում են և չեն հասցնում հյուսվածքներում վտանգավոր խտություն ստեղծել:

Նույն երևույթը կարելի է նկատել նաև բնական պայմաններում: Այսպես՝ մեծ կիսատրոհման պարբերություն ունեցող ռադիոնուկլիդները, ինչպես օրինակ՝ ուրանը, որի կիսատրոհման պարբերությունը $4,5 \cdot 10^9$ տարի է, բնական պայմաններում ճառագայթային հիվանդություն չի կարող առաջացնել, քանի որ հողի կեղևում դրա քանակությունը կազմում է ընդամենը 0,0001 %, իսկ օրգանիզմում՝ շատ ավելի քիչ: Սակայն առանձին դեպքերում կարճակյաց ռադիոնուկլիդների թունա-

վորությունը կարող է ուժեղանալ վերջիններիս դուստր ռադիոնուկլիդների հաշվին:

Ռադիոնուկլիդների թունավոր ազդեցությունը ներքին ճառագայթման ժամանակ պայմանավորված է նաև *մյուրի ազդեցատային վիճակով*, *ֆիզիկաքիմիական հատկություններով*: Հատկապես վտանգավոր են այն ռադիոնուկլիդները, որոնք հեշտությամբ են լուծվում հեղուկների մեջ կամ առաջացնում են գազ: Դրանք մեծ քանակությամբ ներծծվում են արյան մեջ, արագ տարածվում են ամբողջ օրգանիզմում և կուտակվում համապատասխան օրգաններում: Չլուծվող ռադիոնուկլիդների մասնիկները շնչառական ուղիներով անցնում են թոքեր, կերի և ջրի միջոցով ստամոքսաաղիքային օրգաններ, և էպիթելային կամ ռետիկուլոէնդոթելային բջիջների կողմից ենթարկվում մակերեսային կլանման (ադսորբցիա): Հյուսվածքների և օրգանների երկարատև ճառագայթահարման դեպքում ռադիոնուկլիդներն առաջացնում են ինչպես տեղային, այնպես և ընդհանուր ներքին ճառագայթահարումներ:

Բացի դրանից՝ ներքին ճառագայթման վրա մեծապես ազդում է ոչ միայն ներթափանցող ռադիոնուկլիդը, այլ նաև նույն տարրի ոչ ռադիոակտիվ իզոտոպը կամ այդ տարրի քիմիական անալոգը:

Հայտնի է, որ կալցիումը և ստրոնցիումը անալոգ տարրեր են. կալցիումն ընդունված է որպես ստրոնցիումի ոչ իզոտոպային կրողը, այսինքն՝ այդ երկու տարրերի միաժամանակյա ներմուծումը օրգանիզմ պաշտպանում է օրգանները ճառագայթահարումից: Այսպես՝ կալցիումով հարուստ կերաբաժինը նվազեցնում է ոսկրային հյուսվածքում ստրոնցիումի ներմարմնավորումը (ինկորպորացիա), և կենդանիները ինչ-որ չափով պաշտպանվում են երկարատև ճառագայթահարումից: Իզոտոպային և ոչ իզոտոպային անալոգները լայնորեն կիրառվում են ռադիոլոգիական քիմիական անալիզների ժամանակ՝ քիմիական ռեակցիաների ընթացքում իզոտոպների կորուստները կանխելու նպատակով:

Ներկայումս առաջարկվում են տարբեր հակաճառագայթային պաշտպանիչ դեղամիջոցներ՝ *կոնսլեքսոններ*, որոնք ենթարկվում են արագ ռեգորբցիայի և օրգանիզմից արտահանում են թունավոր ռադիոնուկլիդները (ստրոնցիում, ցեզիում, իտրիում և այլն):

Դրանցից են մագնեզիումի սուլֆատը, մատրիումի ցիտրատը, եռկալիում ֆոսֆատը և այլն: Նպատակահարմար է ստեղծել անալոգներ, օրինակ՝ ստրոնցիում-կալցիում, ցեզիում-կալիում, ճառագայթային և ոչ ճառագայթային յոդ, որոնք օրգանիզմում ստեղծում են մրցութային

հարաբերություններ և զգալիորեն թուլացնում ճառագայթման ազդեցությունը: Որպես պաշտպանիչ հակաճառագայթային դեղամիջոցներ՝ կարևոր նշանակություն ունեն ռադիոպրոտեկտորները:

ՈԱԴԻՊՐՈՏԵԿՏՈՐՆԵՐ

Ռադիոպրոտեկտորները լայնորեն օգտագործվում են որպես ճառագայթահարումից պաշտպանվելու միջոց և ախտականիչ: Դրանք ունեն օրգանիզմի ճառագայթազգայունությունն իջեցնելու, ինչպես նաև ճառագայթային հիվանդության ընթացքը թուլացնելու հատկություն:

1949 թ. Պատտը և Չամպանը առաջին անգամ հայտնաբերեցին ցիստեինի ճառագայթաբուժիչ հատկությունը: Նրանք փորձնական մկներին ճառագայթելուց 30 րոպե առաջ ներարկել են 1000 մգ/կգ ցիստեին և փրկել դրանց 70 %: 1952 թ. Բակը առաջարկել է մի այլ նյութ՝ ցիստեամին, որի 150 մգ/կգ դոզան փրկել է ճառագայթային մահից 90 % մկների: Ներկայումս հայտնի են ռադիոպրոտեկտորների մի քանի խմբերի՝ ամինաթիոլային, ինդոլամինային միացություններ, մանրէային բազմաշաքարներ և այլն, որոնք նախատեսված են ճառագայթահարումները կանխարգելելու համար:

Ամինաթիոլային միացությունները պարունակում են ամինային ($-NH_2$) և թիոլային ($-SH$) խմբեր: Բարձր արդյունավետությամբ աչքի են ընկնում ցիստեամինը, ցիստամինը, ցիստաֆոսը, որոնք օգտագործում են ներբերանային և ներորովայնային ձևով:

Ինդոլամինային միացությունները պարունակում են ինդոլային և ամինախմբեր. դրանցից են սերոտոնինը և դրա արտադրյալները, մեքսամինը:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ռադիոպրոտեկտորների ազդեցության մեխանիզմը բարդ է, սակայն այն կարելի է բացատրել երկու հիմնական գործոններով: Առաջին հերթին այդ նյութերն ունեն անոթասեղմիչ ազդեցություն և ճառագայթահարված հյուսվածքներում հիպոքսիա (թթվածնային էֆեկտ) առաջացնելու հատկություն: Տեղային հիպոքսիան նպաստում է ճառագայթահարված հյուսվածքներում թիոլային ($-SH$) խմբերի ավելացմանը, որոնք ունակ են խլել օքսիդացման ռադիկալները և ինակտիվացիայի ենթարկել, չեզոքացնել ջրի ռադիոլիզի նյութերը:

Բացի այդ՝ ռադիոպրոտեկտորները կարգավորում են նյութափո-

խանակությունը, արագացնում են բջջի վերականգնողական պրոցեսները, ուժեղացնում ԴՆԹ-ի սինթեզն ու մետաբոլիզմը:

Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ ռադիոպրոտեկտորները կարող են առաջացնել թունավորումներ և կողմնակի ոչ ցանկալի ռեակցիաներ: Ուստի ապացուցված է, որ ռադիոպրոտեկտորների ազդեցությունն առավել արդյունավետ է, երբ օգտագործում են դրանց համալիրը, օրինակ՝ ամինաթիոլները և ինդոլամինները (մեքսամին և ցիստաֆոս) համատեղ:

ՈՐԴԻՈՆՈՒԿԼԻՂՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄՆ ԸՍՏ ԹՈՒՆԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ

Ռադիոնուկլիդներն ըստ կենսաբանական ազդեցության աստիճանի, որպես ներքին ճառագայթման աղբյուրներ, բաժանվում են հինգ խմբի:

Ա խումբ. Առավել բարձր ռադիոթունավորությամբ ռադիոնուկլիդներ: Դրանք են ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{232}U , ^{238}Pu իզոտոպները և այլն: Դրանց միջին տարեկան թուլատրելի խտությունը ջրում սահմանված է $X(10^{-10}-10^{-8} \text{ Կի/լ})$ կամ $X(3,7-370 \text{ Բք/լ})$:

Բ խումբ. Բարձր ռադիոթունավորությամբ ռադիոնուկլիդներ, որոնց միջին տարեկան խտությունը ջրի մեջ $X(10^{-9}-10^{-7} \text{ Կի/լ})$, կամ $X(37-3700 \text{ Բք/լ})$ է: Դրանցից են ^{131}I , ^{210}Bi , ^{234}Th , ^{235}U , ^{241}Pb , ^{144}Ce իզոտոպները և այլն:

Գ խումբ. միջին ռադիոթունավորությամբ ռադիոնուկլիդներ, որոնց միջին թուլատրելի տարեկան խտությունը ջրում $X \cdot (10^{-8}-10^{-7}) \text{ Կի/լ}$ կամ $X(0,37-3,7) \text{ ԿԲք/լ}$ է: Այդ իզոտոպներից են ^{22}Na , ^{32}P , ^{35}S , ^{36}Cl , ^{45}Ca , ^{60}Co , ^{99}Mo , ^{89}Sr , ^{137}Cs և այլն:

Դ խումբ. Նվազագույն ռադիոթունավորությամբ ռադիոնուկլիդներ: Այդ խմբին են պատկանում ^7Be , ^{14}C , ^{18}F , ^{51}Cr , ^{55}Fe , ^{64}Cu , ^{197}Hg իզոտոպները և այլն: Ջրի մեջ տարեկան թուլատրելի խտությունը՝ $X(10^{-7}-10^{-6} \text{ Կի/լ})$ կամ $X(0,37-3,7 \text{ ԿԲք/լ})$:

Ե խումբ. Այդ խմբին են պատկանում տրիտիումը՝ H^3 , և դրա քիմիական միացությունները՝ տրիտիօքսիդը և գերծանր ջուրը: Ջրում տրիտիումի թուլատրելի խտությունը $4 \cdot 10^{-6} \text{ Կի/լ}$ կամ 148 ԿԲք/լ է:

Համաձայն յուրաքանչյուր ռադիոիզոտոպի ռադիոթունավորության աստիճանի՝ պահանջվում է աշխատանքի ժամանակ համապատասխան սանիտարական կանոնների պահպանում:

ՌԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՕՐԳԱՆԻԶՄ ՍՈՒՏՔ ՓՈՐԾԵԼՈՒ ՈՒՂԻՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԲԱՇԽՄԱՆ ՏԻՊԵՐԸ

Ռադիոնուկլիդները գյուղատնտեսական կենդանիների և մարդու օրգանիզմ են անցնում առաջին հերթին շնչառական և մարսողական օրգաններով, հատկապես կենդանիների արոտային պահվածքի շրջանում, երբ ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված օդի, ջրի, կերի հետ օրգանիզմ են անցնում դրանց իզոտոպները: Գազաման ռադիոնուկլիդները թափանցում են թոքերը և արագ ներծծվում արյան մեջ: 0,5 մկմ չափսի մասնիկները հեշտությամբ անցնում են թոքեր և հեշտությամբ էլ դուրս են գալիս այնտեղից: Խոշոր մասնիկները՝ 5 մկմ-ից ավելի, ֆիքսվում են վերին շնչառական ուղիներում և հազի ժամանակ խորխի հետ անցնում ստամոքս: Մասնիկների մի մասը կլանվում է մակրոֆագերի կողմից, երկար ժամանակ մնում են թոքերում և ճառագայթում հյուսվածքը:

Ռադիոնուկլիդները կարող են անցնել օրգանիզմ ինչպես վնասված, այնպես էլ չվնասված մաշկով, լորձաթաղանթով և առաջացնել տեղային ճառագայթահարումներ՝ անմիջական ազդեցությամբ:

Ռադիոնուկլիդները, արյան մեջ ներծծվելով, առաջացնում են ռեզորբտիվ ախտանշաններ, որոնք կախված են կենսական կարևոր օրգանների (լյարդ, երիկամներ), արյան, կենտրոնական և ծայրամասային նյարդային համակարգերի ախտահարման աստիճանից:

Ռադիոնուկլիդների ներծծման աստիճանը կախված է դրանց քանակից, ֆիզիկաքիմիական հատկություններից, օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակից, ներմուծման ուղուց: Օրինակ՝ հաստատվել է, որ ավելի արագ են ներծծվում պլուտոնիումի՝ Pu^{+6} , հետո Pu^{+3} , այնուհետև Pu^{+4} իզոտոպները, ինչը բացատրվում է ներմուծվող աղերի հիդրոլիզման տարբեր աստիճաններով:

Ռադիոնուկլիդների՝ արյան մեջ ներծծման արագությունը, ըստ ներմուծման տեղի, բաշխվում է հետևյալ աճող հերթականությամբ՝ ներքին ուղիով (բերանով), ենթամաշկային, ներմկանային և ավելի արագ՝ ներշնչակային, ներորովայնային եղանակով, բացի այդ՝ կախված է ներմուծման ձևից և հյուսվածքների ֆիզիոլոգիական և կառուցվածքային առանձնահատկություններից: Որքան շատ ռադիոակտիվ նյութեր են օրգանիզմ անցնում, այնքան փոքր է դրանց ներծծման տոկոսը: Երիտասարդ կենդանիների օրգանիզմում թունավոր նյութերի ներծծման աստիճանն ավելի բարձր է, քան լիատարիք կենդանիների օրգանիզմում:

Ռադիոնուկլիդները, անցնելով ստամոքսաաղիքային ուղիներ, ներծծվում են ակտիվ և պասսիվ ձևով: Ակտիվ ներծծման դեպքում ռադիոնուկլիդներն ընտրողաբար անցնում են բջջաթաղանթով, ինչպես սովորական մակրո- և միկրոտարրերը: Պասսիվ ներծծումը կատարվում է դիֆուզիայի հաշվին: Ստամոքսաաղիքային ուղիում հեշտ են ներծծվում ալկալիական նյութերը, հողալկալիական տարրերը՝ 5-100 %, իսկ ծանր տարրերի և հազվագյուտ հողերի տարրերը, որպես թույլ լուծվող ֆոսֆատների և ճարպերի միացություններ, ներծծվում են ընդամենը 0,001-2,3 %: ^{32}P -ը, ^{45}Ca -ը, $^{89,90}\text{Sr}$ -ը ներծծվում են նախաստամոքսներում և աղիներում (աղ. 6):

Ռադիոնուկլիդները, արյան մեջ ներծծվելիս, բաշխվում են օրգաններում և հյուսվածքներում, ինչը պայմանավորված է այդ օրգանների նկատմամբ դրանց փոխհարաբերություններով, ռադիոիզոտոպի հատկությունից, ագրեգատային վիճակով, կոլոիդ միացություններ առաջացնելու հատկությամբ և այլն :

Աղյուսակ 6

Ռադիոակտիվ տարրերի ներծծման քանակը
ստամոքսաաղիքային ուղուց
(ըստ Դ.Ի. Ջակուտինսկու և Յու.Դ.Պարֆյոնովի)

Տարրերը	Ներծծման, աստիճանը, %	Տարրերը	Ներծծման, աստիճանը, %
Նատրիում	100	Կապար	8
Ռուբիդիում	100	Պոլոնիում	6
Ցեզիում	100	Բարիում	5
Յոդ	100	Ուրան	3-6
Ստրոնցիում	90-40-60	Պլուտոնիում	0,01
Կոբալտ	30	Ցիրկոնիում	0,01
Մագնեզիում	10	Ցերիում	0,01
Ցինկ	10	Իտրիում	0,01

Ռադիոնուկլիդները, անցնելով օրգանիզմ, առաջացնում են հոմեոստազի կայունության խանգարումներ, փոխազդելով ֆերմենտների ֆունկցիոնալ խմբերի հետ, բացասաբար են ազդում դրանց գործունեության վրա և խախտում են նյութափոխանակության ընթացքը: Որոշ դեպքերում առաջանում են այնպիսի կայուն միացություններ, որ թերապևտիկ միջամտությունը դառնում է անօգուտ:

Ռադիոնուկլիդների խորը ներմարմնավորման հետևանքով առաջանում են սուր և քրոնիկ ճառագայթային թունավորումներ: Սուր թունավորումը ռադիոնուկլիդների զանգվածային դոզայի անմիջական ազդեցության հետևանք է: Քրոնիկ թունավորումն առաջանում է թույնի փոքր դոզայի երկարատև ազդեցության հետևանքով (օրինակ՝ արտադրական թունավորումներ):

Ըստ ճառագայթային թունավորման առաջացման պայմանների՝ տարբերում են բնական, արտադրական և դեղորայքային թունավորումներ: Թունավորման այս կամ այն ձևի առաջացման հաճախականությունը կախված է տարվա եղանակից, աշխարհագրական տեղանքից, տարբեր բնագավառներում ռադիոնուկլիդների չափից ավելի օգտագործումից և այլն:

ՌԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԲԱՇԽՈՒՄՆ ՕՐԳԱՆԻԶՄՈՒՄ

Արյան մեջ ներծծված ռադիոնուկլիդների վարքը և բաշխումը որոշվում է առաջին հերթին տվյալ տարրի իզոտոպների կենսական կարևորությամբ, խթանիչ ազդեցությամբ որոշ օրգանների և հյուսվածքների նկատմամբ հակվածությամբ: Օրինակ՝ յոդը մեծ հակում ունի վահանագեղձի նկատմամբ, կալցիումը՝ ոսկրային համակարգի, ինչպես նաև բոլոր հյուսվածքների նկատմամբ, քանի որ այն մտնում է դրանց բաղադրության մեջ:

Ռադիոնուկլիդների բաշխման գործում մեծ նշանակություն ունեն տարրի ֆիզիկաքիմիական հատկությունները, դիրքը Դ.Ի. Մենդելևի պարբերական համակարգում, լուծելիությունը, հյուսվածքներում և արյան մեջ կոլոիդային միացություններ առաջացնելու ունակությունը և այլն:

Ըստ Յու.Ի. Մոսկալյովի՝ տարբերում են ռադիոնուկլիդների՝ օրգանիզմում բաշխման հետևյալ տիպերը՝ հատուկ առանձնացնելով յոդի իզոտոպների խումբը:

- **Հավասարաչափ** բաշխվում են պարբերական համակարգի առաջին խմբի տարրերը՝ ջրածին, լիթիում, մատրիում, կալիում, ռութիդիում, ռուտենիում, ցեզիում, քլոր, բրոմ և այլն:
- **Կմախքային (ոսկրատրոպ)**. հողալկալիական տարրերը՝ բերիլիում, կալցիում, ստրոնցիում, բարիում, ռադիում, ֆտոր և այլն:
- **Լյարդային**՝ պլուտոնիում, թորիում, մանգան, ցերիում և այլն:
- **Երիկամային**՝ բիսմութ, սելեն, ուրան, արսեն և այլն:

• **Թիրեոտրոպ**՝ յոդ, բրոմ, աստատ, որոնք բաշխվում են վահանաձև գեղձում:

Սակայն տարրերի այդպիսի բաշխումն օրգանիզմում պայմանական է և կարող է փոխվել՝ կախված այն քիմիական միացություններից, որոնց կազմում դրանք թափանցում են օրգանիզմ: Ապացուցված է հատկապես թթվածնի դերը ճառագայթային թունավորման պրոցեսում: Այն օրգանները, որոնք լավ են սնվում արյունով, հետևաբար և թթվածնով, շատ են կլանում ռադիոակտիվ իզոտոպներ և ավելի երկարատև թունավորման ենթարկվում: Օդում թթվածնի պակասը կամ ածխաթթու գազի ավելացումը նվազեցնում է թոքերում հեմոգլոբինի և թթվածնի միացումը: Այդ դեպքում հյուսվածքներն ավելի քիչ թթվածին են ստանում և ավել քիչ են ճառագայթահարվում: Թթվածնային էֆեկտի կիրառումը բարձրացնում է հյուսվածքների ճառագայթակայունությունը և պաշտպանում թունավորումից:

Ռադիոնուկլիդների բաշխումն ըստ տիպերի բոլոր կաթնասունների օրգանիզմում միատեսակ է, սակայն երիտասարդ կենդանիների մոտ ռադիոնուկլիդներն արագ են ներծծվում և կուտակվում հյուսվածքներում: Օրինակ՝ աճող մատղաշների ոսկրերում ստորոցիում - 90-ը կուտակվում է սպունգային մասում, իսկ հետագայում ոսկրի կոմպակտ հատվածներում: Հղի կենդանիների օրգանիզմի իզոտոպները ընկերքի միջոցով կարող են անցնել պտղի հյուսվածքները և կուտակվել այնտեղ:

Ֆրանսիացի գիտնականներ Տրիբունդոն և Բերգոնյեն ցույց տվեցին, որ ճառագայթման նկատմամբ բջիջների զգայունությունն ուղիղ համեմատական է դրանցում ընթացող կիսման պրոցեսների ինտենսիվությանը և հակադարձ համեմատական՝ բջիջների տարբերակման աստիճանին: Նրանք գտնում են, որ երիտասարդ բջիջներում նյութափոխանակությունն ինտենսիվ է ընթանում, ինչի հետևանքով դրանք առավել խոցելի են: Հաստատված է, որ ճառագայթների նկատմամբ ամենազգայունն ու խոցելին կարմիր ոսկրածուծի բջիջներն են, որոնց միտոտիկ ակտիվությունը բարձր է:

Ռադիոթունագիտության մեջ ընդունված է **«կրիտիկական», «վտանգավոր»** օրգան հասկացությունը, որտեղ ռադիոնուկլիդները կուտակվում են ընտրողաբար՝ ճառագայթահարելով և վնասելով այն: Որոշ ռադիոնուկլիդների համար կրիտիկական օրգանները միշտ նույնն են: Օրինակ՝ յոդի համար կրիտիկական, վտանգավոր օրգանը վահանաձև գեղձն է, ստորոցիումի, կալցիումի, ռադիումի համար՝ ոսկրերը:

Բոլոր ռադիոնուկլիդների համար կրիտիկական օրգաններ են արյունաստեղծ համակարգի օրգանները և սեռական գեղձերը: Այդ օրգանները կրիտիկական են համարվում նաև այն պատճառով, որ դրանք առավել խոցելի են նույնիսկ ճառագայթման փոքր դոզաների ժամանակ, և դրանցում առաջանում են էական փոփոխություններ:

ՌԱԴԻՈԻԶՈՏՈՂՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱՔԱՆԱԿԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԸ ՊԱՅՄԱՆԱԿՈՐՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԸ

Ռադիոակտիվ տարրերի կենսաբանական արդյունավետությունը պայմանավորված է ռադիոիզոտոպների ֆիզիկական (դոզան, ճառագայթման էներգիայի տեսակը, կիսադուրսբերման պարբերությունը) և կենսաբանական (տարածման տիպը, ուղիները և արագությունը) հատկություններով, ինչպես նաև կենդանիների տեսակային և անհատական ճառագայթազգայունությամբ:

Ռադիոիզոտոպների *հավասարաչափ* բաշխման դեպքում օրգանիզմում առաջանում է ճառագայթային հիվանդություն՝ սուր, ենթասուր և քրոնիկ ընթացքով, որի ժամանակ փոքրանում է փայծաղի և սերմնագեղձերի զանգվածը, խիստ ընկճվում է լիմֆոիդ արյունաստեղծումը, իսկ որպես հետևանք՝ փափուկ հյուսվածքներում առաջանում են ուռուցքներ:

Ռադիոիզոտոպների *կնախքային* բաշխման դեպքում նկատվում է փայծաղի մեծացում, զգալի չափով նվազում է ոսկրածուծային արյունաստեղծումը, սերմնագեղձերում ատրոֆիա (հետաճ) չի նկատվում: Հատկապես զարգանում են ոսկրային ուռուցքներ:

Ռադիոիզոտոպների *լյարդային և երիկամային* բաշխման դեպքում լուրջ փոփոխություններ են տեղի ունենում լյարդում, երիկամներում, ստամոքսաաղիքային և միզարտադրման օրգաններում:

Թիրեոտրոպ բաշխման դեպքում ախտահարվում է վահանագեղձի հյուսվածքը, զարգանում են ուռուցքներ:

Ռադիոիզոտոպների կենսաբանական ազդեցությունը պայմանավորող կարևոր գործոն է համարվում նաև կիսադուրսբերման պարբերականության արդյունավետության տևողությունը ($T_{արդ.}$): Ռադիոնուկլիդի կարճատև $T_{արդ.}$ -ի դեպքում օրգանիզմի մեկ կամ մի քանի ոչ երկարատև ճառագայթման դոզաների միջև նկատվում է փոքր տարբերություն, և կենդանու մոտ առաջացած արյան և այլ փոփոխություններն արագ վերականգնվում են, օրինակ՝ ^{140}Ba , ^{137}Cs իզոտոպների դեպքում:

Բարձր $T_{արդ}$ ազդող ռադիոնուկլիդների (^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{239}Pu) դոզաների տարբերությունը մեծ է, հետևաբար՝ առաջացած ճառագայթային հիվանդության զարգացման փուլերը երկարատև են, օրգանիզմի ֆունկցիաների վերականգնումը դանդաղ է ընթանում, հաճախ, որպես հետևանք, առաջանում են չարորակ ուռուցքներ, արյան և արյունաստեղծ օրգանների խանգարումներ, ամլություն: Դա վտանգավոր է հատկապես կաթնատու և ցեղական ընտանի կենդանիների համար, իսկ սպանդի ենթարկվող կենդանիների մսի վրա այդ ախտահարումները չեն արտահայտվում:

Ապացուցված է, որ մարդու սննդային շղթայում կենդանիները թուլացնում են ճառագայթահարման վտանգը, որովհետև կենդանիներն ընդունակ են կլանել և ֆիլտրել ռադիոնուկլիդները՝ նվազեցնելով դրանց ներմուծումը օրգանիզմ:

Գյուղատնտեսական կենդանիների և մարդու համար առավել վտանգավոր են ծանր միջուկների տրոհման արգասիքները, հատկապես՝ յոդ - 131, ստրոնցիում - 90 և ցեզիում - 137 իզոտոպները:

ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ԴՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ, ԴՐԱՆՑ ԱՐՏԱԶԱՏՈՒՄ

Գյուղատնտեսական կենդանիների օրգաններում և հյուսվածքներում ռադիոնուկլիդների կուտակումը կախված է ռադիոակտիվ իզոտոպների ֆիզիկաքիմիական հատկություններից, կենդանիների տեսակից, տարիքից, ֆիզիոլոգիական վիճակից, ինչպես նաև օրգանների և հյուսվածքների տեսակից:

Ռադիոնուկլիդների կուտակումը գնահատելու համար օգտագործում են այնպիսի քանակական հասկացություն, որի օգնությամբ կարելի է որոշել ռադիոնուկլիդների պարունակությունը կամ ընդհանուր ակտիվությունը օրգանում, հյուսվածքում և օրգանիզմում: Այն արտահայտում են բացարձակ (Բք կամ Կի) կամ հարաբերական միավորներով (օրական կամ ընդհանուր մուտքն օրգանիզմ, %):

Ռադիոնուկլիդների կուտակման արագությունը գնահատելու համար ռադիոէկոլոգիայում օգտագործում են *կուտակման բազմապատկություն (F)* հասկացությունը: Այն արտահայտում է օրգաններում և հյուսվածքներում կուտակված ռադիոնուկլիդների ակտիվության հարաբերությունը դրանց օրական մուտքին.
$$F = \frac{C_m}{g},$$
 որտեղ C -ն

ռադիոնուկլիդների տեսակարար ակտիվությունն է օրգաններում և

հյուսվածքներում, Բք/կգ, m-ը՝ օրգանի կամ հյուսվածքի զանգվածը, կգ, ց-ն՝ օրական մուտք գործած ռադիոնուկլիդի ակտիվությունը, Բք: Հաստատված է, որ առավել վտանգավոր են այն ռադիոնուկլիդները, որոնց կուտակման բազմապատիկության ցուցանիշը բարձր է:

Մարդու և գյուղատնտեսական կենդանիների համար առավել կարևոր նշանակություն ունեն յոդ-131, ցեզիում-137, ստրոնցիում-90 ռադիոակտիվ իզոտոպները: Տարբեր տեսակի կենդանիների և օրգանների համար ռադիոնուկլիդների կուտակման աստիճանը տարբեր է, ինչը պայմանավորված է նաև դրանց մուտք գործելու տևողությամբ՝ միանվագ կամ տևական (աղ. 7, 8):

Աղյուսակ 7

Ցեզիում-137-ի քանակը հյուսվածքներում՝ կենդանիների օրգանիզմ միանվագ մուտք գործելուց մեկ օր հետո, %/կգ

Կենդանու տեսակը	Մկան	Կմախք	Լյարդ	Երիկամներ
Խոշոր եղջերավոր կենդանի	0,06	0,03	0,87	1,4
Ոչխար	0,9	0,4	2,6	4,1
Խոզ	1,6	0,1	0,8	1,3

Աղյուսակ 8

Ցեզիում-137-ի քանակը հյուսվածքներում՝ կենդանիների օրգանիզմ տևական մուտք գործելուց մեկ օր հետո, %/կգ
(ըստ Բ.Ն. Ամենկովի և ուրիշ.)

Կենդանու տեսակը	Մկան	Լյարդ	Երիկամներ	Չվա-րաններ	Կմախք	Կուտակման բազմապատիկությունը
ճագար	75	32	37	27	22	3
Ոչխար	8	6	10	8	1	4,5
Այծ	20	19	36	13	2	3
Խոզ	26	10	10		2	20
Հավ	450	150	250	120	50	5

Լիատարիք կենդանիների մոտ ռադիոնուկլիդների կուտակման բազմապատիկությունը օրինաչափորեն նվազում է: Երկարատև օրգանիզմ մուտք գործելու դեպքում ռադիոնուկլիդների կուտակման

արագությունը զգալիորեն փոխվում է. սկզբնական շրջանում ինտենսիվ է, այնուհետև հյուսվածքների հագեցման հետևանքով աստիճանաբար դանդաղում է, և վերջապես հավասարակշռություն է ստեղծվում ներմուծվող և արտազատվող ռադիոնուկլիդների միջև: Հետագա ավելացում տեղի չի ունենում, որովհետև ռադիոնուկլիդներն օրգանիզմից շարունակում են արտազատվել: Եթե կենդանիները շարունակեն կերի հետ մեծ քանակությամբ ռադիոնուկլիդներ ստանալ, ապա դրանց կուտակումը հյուսվածքներում կավելանա: Այդ երևույթը կարևոր գործնական նշանակություն ունի ռադիոնուկլիդներով աղտոտված վայրերից սննդի համար պիտանի արտադրանք ստանալու և օգտագործելու նպատակով:

Այսպես՝ փափուկ հյուսվածքներում ստրոնցիումի հավասարակշռությունը տեղի է ունենում 5-7 օրում, սակայն ոսկրային հյուսվածքներում այն շարունակում է կուտակվել՝ որպես կրիտիկական օրգան: Ցեզիումի հավասարակշռությունը մկաններում և օրգաններում տեղի է ունենում՝ կովերի մոտ՝ 60-150, ոչխարների մոտ՝ 105 օրվա ընթացքում: Այսպիսով՝ հավասարակշռության ժամկետները կախված են ռադիոնուկլիդների տեսակից, կենդանիների տեսակից, տարիքից, ֆիզիոլոգիական վիճակից և նյութափոխանակության մակարդակից:

Օրգանիզմ ներթափանցած և նյութափոխանակության մեջ ներգրավված ռադիոակտիվ տարրերի կայուն և անկայուն իզոտոպներն օրգանիզմից արտազատվում են կղանքի, մեզի, կաթի, ձվի միջոցով և այլ ուղիներով: Այն ժամանակահատվածը, որի ընթացքում օրգանիզմից դուրս է բերվում ռադիոիզոտոպների ընդհանուր քանակության կեսը, կոչվում է *կենսաքանական կիսադուրսբերման պարբերություն (շրջան)*: Օրգանիզմից ռադիոակտիվ նյութերի արտազատումը ենթարկվում է ռադիոակտիվ տրոհման օրենքին և տեղի է ունենում կենսաքանական օրինաչափությունների համաձայն: Այսպիսով՝ ռադիոակտիվ իզոտոպների արտազատումն օրգանիզմից արագանում է տրոհման հաշվին: Ռադիոնուկլիդների նվազումն օրգանիզմում արտահայտում են արդյունավետ կիսադուրսբերման պարբերությամբ ($T_{արդ.}$): Այդ ցուցանիշը պայմանավորված է ռադիոակտիվ իզոտոպների ֆիզիկական և կենսաքանական հատկություններով, կենդանիների տեսակային և անհատական ռադիոզգայունությամբ.

$$T_{արդ.} = \frac{T_{ֆիզ.} \cdot T_{կենս.}}{T_{ֆիզ.} + T_{կենս.}} :$$

ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԱՆՑՈՒՄԸ ՍՈՐԻՑ ՊՏՂԻՆ

Ռադիոնուկլիդների անցումը պտղի օրգանիզմ տեղի է ունենում ընկերքի միջոցով: Դրանց անցման արագությունը տարբեր կենդանիների մոտ պայմանավորված է ընկերքի կառուցվածքային առանձնահատկություններով և հղիության տևողությամբ:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ այծերի մոտ նատրիումի իզոտոպն ընկերքով պտղի օրգանիզմ է անցնում 9-20 շաբաթական շրջանում և 3 անգամ ավելի արագ է տեղի ունենում, քան հղիության մյուս շրջաններում:

Այն կենդանիների մոտ, որոնց ընկերքի շփումը էպիթելիոխորիոնալ տիպի է (ծի, խոզ), նատրիումի իզոտոպի անցման արագությունը մորից պտղին երկու անգամ փոքր է, քան դեսմոխորիոնալ տիպի ընկերք ունեցող կենդանիների մոտ (որոճողներ): Դա բացատրվում է մոր և պտղի միջև տեղի ունեցող արյան փոխանակության արագությամբ, ինչպես նաև ռադիոնուկլիդի շրջանառությամբ, կերաբաժնի բաղադրությամբ և այլ գործոններով:

Փորձերը ցույց են տվել, որ ստրոնցիումի իզոտոպը, կերի հետ միանվազ անցնելով հղի ոչխարների օրգանիզմ, կուտակվում է կմախքում և ընկերքով անցնում պտղի օրգանիզմ: Ոչխարների հետագա հղիությունների ժամանակ ստրոնցիում - 90-ի կուտակումը մոր օրգանիզմում շարունակվում է, իսկ պտղի օրգանիզմում հետզհետե նվազում՝ 2,0-0,3 %, մինչև հիմնականում հղիությունը:

Կերի հետ ստրոնցիում - 90-ի տևական ընդունման արդյունքում այն կուտակվում է կովերի մկաններում և պարենխիմատոզ օրգաններում, իսկ պտղին անցնում է առավելագույն քանակությամբ՝ մինչև ծնվելը:

Պտղի օրգանիզմ ռադիոնուկլիդների ներթափանցման արագության վրա մեծապես ազդում են իզոտոպների ֆիզիկաքիմիական հատկությունները: Այսպես՝ որքան մեծ է ռադիոնուկլիդների կոմպլեքսների առաջացումը օրգանիզմում և հյուսվածքներում, այնքան քիչ է պտղի օրգանիզմ անցնելու հնարավորությունը: Մեծ զանգվածային թիվ ունեցող ռադիոնուկլիդներն օժտված են ընկերք թափանցելու փոքր ունակությամբ:

ՈԱԴԻՈՆՈԿԼԻԴՆԵՐԻ ՄԵՏԱԲՈԼԻԶՄԸ ԵՎ ԹՈՒՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Տրոհման երիտասարդ արգասիքների թունաբանությունը: Տրոհման երիտասարդ արգասիքները հիմնականում կարճակյաց ռադիոնուկլիդների խառնուրդներն են, որոնց ակտիվությունն անկում է շատ արագ՝ յուրաքանչյուր 7 միավոր ժամանակահատվածում՝ մոտավորապես 10 անգամ: Այսպես՝ 7 ժամ հետո մնում է գոյացած նյութերի 10 %, հետագա 7 միավոր ժամանակահատվածից հետո՝ 1 %, երկու շաբաթ հետո՝ 0,1 %:

Ուղիղակտիվ փոխարկումների ընթացքում փոխվում է խառնուրդի իզոտոպային կազմը, հետևաբար՝ փոխվում է դրանց ներծծումը, բաշխումը, կուտակումը օրգանիզմում և կենսաբանական ազդեցությունը: Խառնուրդում առավել մեծ կենսաբանական նշանակություն ունեն յոդի ռադիոակտիվ իզոտոպները (^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{135}I), ^{89}Sr , ^{99}Mo , ^{132}Te , ^{140}Ba և ^{143}Ce կարճակյաց իզոտոպները: Դրանց արդյունավետության շրջանը կարճ է և դրանք շատ արագ դուրս են բերվում օրգանիզմից մեզի, կղանքի և կաթի հետ:

Կարճակյաց ռադիոնուկլիդների կենսաբանական ազդեցությունը հիմնականում կատարվում է բետա-ճառագայթման միջոցով, որի դոզան գերազանցում է գամմա-ճառագայթման դոզան: Կերի հետ չլուծված խառնուրդի մուտքի դեպքում հիմնականում ախտահարվում են վահանագեղձը, արյունատար համակարգը, ստամոքսաաղիքային ուղիները:

Կարճակյաց ռադիոնուկլիդների խառնուրդի քանակությամբ է պայմանավորված օրգանիզմում ախտահարումների զարգացման ընթացքը, որը կարող է արտահայտվել սուր, ենթասուր, քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությունների ձևով: Ծառագայթային այդ հիվանդության ախտանիշները նման են արտաքին գամմա-ճառագայթումից առաջացած ճառագայթային հիվանդության ախտանիշներին: Սուր շրջանում նկատվում է ախորժակի անկում, արյունային դիարեա, լեյկոպեմիա, արյունային դիաթեզ, սրտանոթային անբավարարություն, կենդանու զանգվածի ու մթերատվության անկում:

Համաձայն Ե.Ա. Ֆեդորովի և այլ տվյալների՝ կովերի մոտ սուր ճառագայթային հիվանդություն առաջանում է այն դեպքում, երբ չորս օրվա ընթացքում օրգանիզմ է անցնում կարճակյաց ռադիոնուկլիդների ավելի քան $55,5 \cdot 10^{10}$ Բք (15 Կի) լուծվող խառնուրդ, ենթասուր ձևը՝ $22,2 \cdot 10^{10}$ Բք (6 Կի) դեպքում, քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությունը՝

12,2·10¹⁰ Բք (3,3 Կի) դեպքում:

Կիզիչ (տաք) մասնիկներ: Մարդու և կենդանիների օրգանիզմի վրա վնասակար մեծ ազդեցություն են թողնում միջուկային վառելիքի բեկորների մասնիկները կամ պատճառված ճառագայթումից առաջացած փոշու մանրագույն մասնիկները, որոնք կոչվում են կիզիչ կամ տաք մասնիկներ: Դրանց ձևը, չափսերը և տրամագիծը շատ տարբեր են՝ 2 մկմ և ավելի փոքր, իսկ ռադիոակտիվությունը կարող է լինել շատ բարձր՝ 3,7 - 10⁻¹¹ Բք-ից ավելի 1 մասնիկի համար (10 Կի): Հատկապես վտանգավոր է այդ մասնիկների ներմարմնավորումը օրգանիզմի հյուսվածքներում, որտեղ դրանք կարող են ստեղծել 10 – 100 Գր կլանված դոզա և առաջացնել անդամների ուռուցքային փոփոխություններ: Կիզիչ մասնիկները կարող են աերոզոլների ձևով կերի, ջրի, օդի հետ անցնել օրգանիզմ և կուտակվել օրգաններում ու հյուսվածքներում:

Տրոհման երիտասարդ արգասիքների խառնուրդների և կիզիչ մասնիկների թունավոր ազդեցությունը գյուղատնտեսական կենդանիների օրգանիզմի վրա դեռ լրիվ ուսումնասիրված չէ և լուրջ գիտական հետազոտության կարիք ունի:

Յոդ-131-ի (¹³¹I) թունաբանությունը: Հայտնի են յոդի 24 ռադիոակտիվ իզոտոպ՝ 117-126, 128-139 զանգվածային թվերով: Դրանք արհեստական իզոտոպեր են, որոնք առաջացել են միջուկային ռեակցիաների ժամանակ: Յոդի ռադիոակտիվ իզոտոպները աերոզոլների, գոլորշու ձևով օրգանիզմ են անցնում շնչառական, մարսողական ուղիներով, մաշկի, աչքի միջոցով և այլն: Անցնելով արյան մեջ՝ դրանք հեշտությամբ տարածվում են օրգանիզմում, իսկ 60 %-ը կուտակվում է վահանաձև գեղձում: Միջուկային պայթյունների ժամանակ անջատվում է հատկապես ¹³¹I իզոտոպը, որի կիսատրոհման պարբերությունը 8,05 օր է. այն առաջացնում է վահանաձև գեղձի ախտահարում:

Յոդի մեծ դոզաները բոլոր կենդանիների մոտ քայքայում են գեղձի բջիջները և ֆունկցիոնալ բջիջները փոխարինում շարակցական հյուսվածքով:

Վահանաձև գեղձում զգալիորեն նվազում է ԴՆԹ-ի և ՌՆԹ-ի քանակը, իջնում է ֆերմենտների ակտիվությունը: Ոչխարների, կովերի և խոզերի մոտ ռադիոակտիվ յոդը կարող է առաջացնել գեղձի լրիվ քայքայում: Թունավորությունը լուրջ խանգարումներ է առաջացնում նյարդային և էնդոկրինային, շնչառական, սրտանոթային և մարսողական համակարգի վրա: Առաջանում են միքսեդեմա հիվանդությանը բնորոշ նշաններ:

¹³¹I-ը լուրջ փոփոխություններ է առաջացնում արյունաստեղծ օրգաններում, խախտվում է արյան պատկերը: Հաճախ առաջանում է վահանաձև գեղձի ուռուցք, որը տարածվում է սեռական գեղձերի, ադենոհիպոֆիզի և այլ օրգանների վրա:

¹³¹I-ի թափանցումը օրգանիզմ առաջացնում է յոդի որոշակի խտություն, որի հարաբերությունը արյան մեջ գտնվող ռադիոնուկլիդի խտության (հավասարված է 1 միավորի) նկատմամբ բաշխվում է հետևյալ կարգով. արյուն, մկաններ, փայծաղ, ենթաստամոքսային գեղձ՝ 1:1, երիկամներ, լյարդ, ձվարաններ՝ 1:2-3, թքագեղձ, մեզ՝ 1:3-5, կղանք, կաթ՝ 1:5-15, վահանագեղձ՝ 1:10000:

Կաթնատու կովերի մոտ 1լ կաթի հետ արտազատվում է մեկ օրում օրգանիզմ անցած ¹³¹I-ի մոտավորապես 1 %: Յոդի երկարատև ընդունման ժամանակ հավի ձվի դեղնուցի մեջ անցնում է մոտ 16 %: Ոչխարների վրա կատարված փորձերը ցույց են տվել (Bustd et al.), որ 450 օր կերի հետ 240 մկԿի/օր չափաբաժնով ¹³¹I ստանալու ընթացքում ոչխարները մնում են կենդանի և տալիս են սերունդ, սակայն նորածին զառները սատկում են ծնվելուց հետո առաջին շաբաթվա ընթացքում: Ռադիոակտիվ յոդով թունավորումից ոչխարների, խոզերի և կովերի վահանաձև գեղձի լրիվ քայքայման դեպքում կենդանիները որոշ ժամանակ մնում են առողջ, այնուհետև դրանց մոտ շատ արագ զարգանում են վահանագեղձի անբավարարության ախտանշաններ՝ ախորժակի անկում, ընկճում, փորկապություն, մաշկի թեփոսում և բրդի չորացում (ոչխարների մոտ), մթերատվության խիստ նվազում: Հավերի մոտ յոդի թունավորությունն ազդում է հատկապես ձվարանների ֆունկցիայի, ձվագոյացման օրգանների և ձվի որակի վրա:

Ցեզիում -137-ի (¹³⁷Cs) թունաբանությունը: Կենսաբանական առումով առավել վտանգավոր է ¹³⁷Cs-ը, որն արձակվում է β- և γ- ճառագայթներ: Ցեզիումի կիսատրոհման պարբերությունը՝ T=30 տարի: Կերի հետ անցնելով օրգանիզմ՝ այն ներծծվում է արյան մեջ և հավասարաչափ տարածվում օրգանիզմում, իսկ հղիության շրջանում ընկերքի միջոցով մորից անցնում պտղին: Այն ավելի ինտենսիվ է տարածվում կաթի միջոցով՝ նորածնի կերակրման առաջին ամսում: Ճառագայթային ախտանիշը բոլոր կենդանիների մոտ նման է ճառագայթային հիվանդության նշաններին, որն առաջանում է օրգանիզմի արտաքին զանազան ազդաթման ժամանակ:

Ստրոնցիում-90-ի (⁹⁰Sr) թունաբանությունը: ⁹⁰Sr-ի կենսաբանական ազդեցությունը պայմանավորված է β-ճառագայթումով, որն անջա-

տում է ^{90}Sr իզոտոպը և դրա դուստր՝ խորիում - ^{90}Sr -ի համար՝ $T=28$ տարի: β - մասնիկների էներգիան կլանվում և կուտակվում է հատկապես ոսկրային հյուսվածքում և ոսկրածուծում, որտեղ և մնում է երկար ժամանակ՝ անընդհատ ճառագայթելով հյուսվածքները: ճառագայթային հիվանդությունը ստրոնցիումի ազդեցությամբ ընթանում է սուր և ենթասուր ձևով: Կարճանում է կենդանու կյանքի տևողությունը, արգելակվում են աճն ու զարգացումը, ախտահարվում են օրգանիզմի բոլոր օրգան-համակարգերը, հատկապես ոսկրերը և ոսկրածուծը:

Աճող կենդանիների մոտ փոփոխություններն արտահայտվում են ոսկրի աճման գոտիներում, իսկ լիատարիք կենդանիների մոտ՝ խողովակային ոսկրերում: Տեսանելի փոփոխություններ են նկատվում մաշկի և մաշկածածկույթի վրա: Ոչխարների մոտ բուրդը դառնում է անփայլ, չորանում է և հեշտությամբ թափվում՝ առաջացնելով ճաղատ հատվածներ, մաշկը կորցնում է էլաստիկությունը: Լորձաթաղանթների վրա առաջանում են արյունազեղումներ, իսկ բերանի խոռոչում՝ խոցեր: Ըստ Ն.Կ. Պետրովիչի և Վ.Ա. Կիրշինի տվյալների՝ ներմարմնավորված ստրոնցիում-90-ի և ստրոնցիում-89-ի ազդեցությամբ ճառագայթային սուր և քրոնիկ հիվանդության ժամանակ առաջատար տեղ են գրավում արյունաստեղծ օրգանների և արյան պատկերի փոփոխությունները, զգալիորեն թուլանում են օրգանիզմի պաշտպանիչ և իմունակենսաբանական հատկությունները, ընկճվում է արյան բջիջների ֆագոցիտար հատկությունը, արգելակվում է հակածիների գոյացումը և այլն: Թունավորության հետևանքով խախտվում են ներզատական գեղձերի ֆունկցիան և բոլոր տեսակի նյութափոխանակության պրոցեսները: Կարող է զարգանալ աչքերի կատարախտ:

Կենդանիների վրա կատարված փորձերը ցույց են տվել, որ ստրոնցիում-90-ի փոքր դոզաները (շների համար՝ 0,0002 մկԿի/կգ 1,5-2 տարվա ընթացքում) ֆունկցիոնալ փոփոխություններ չեն առաջացնում (Բուրիկին), իսկ միանվագ ընդունված մեծ դոզաները (շների համար՝ 0,4-0,6 մկԿի/կգ) առաջացնում են սուր ընթացող ճառագայթային հիվանդություն:

Ճագարների, առնետների և մկների համար միանվագ սուր թունավոր դոզան 0,8-11,2 մԿի/կգ է, կապիկների համար՝ 0,2 մԿի/կգ: Միանվագ դոզայի կրճատումը մինչև 2-3 անգամ՝ կենդանիների մոտ առաջացնում է քրոնիկ ճառագայթային հիվանդություն (Կրասնի, Լիտվինով, Սոլովյով): Այդ ժամանակ հիմնականում խախտումներ են առաջա-

նում անոթներում, ոսկրերում և ոսկրածուծում: Առանձին դեպքերում անոթային փոփոխություններ են առաջանում թոքերում և մյուս ներքին օրգաններում, արյունաստեղծ օրգաններում: Ստրոնցիումի թունավորումից խախտվում է հատկապես հանքային աղերի փոխանակությունը, ինչն անդրադառնում է ոսկրերի կառուցվածքի և ֆունկցիայի վրա:

Ռադիումի թունաբանությունը: Ռադիումը ռադիոակտիվ քիմիական տարր է: Հիմնական իզոտոպի՝ $^{226}_{88}\text{Ra}$ -ի կիսատրոհման պարբերությունը 1622 տարի է, որի տրոհման արդյունքում առաջանում է իներտ (միացության մեջ չմասնակցող) գազ՝ $^{222}_{86}\text{Rn}$ ռադոնը: Այն օդում վտանգավոր է, իսկ դրա իզոտոպը վերափոխվում է կարճակյաց պոլոնիումի, մի քանի այլ իզոտոպների և, վերջապես, կայուն կապարի: ^{226}Ra -ը արձակում է ալֆա-ճառագայթներ՝ 4,78 -7,68 ՄԷՎ, և գամմա-քվանտներ՝ 0,18-2,19 ՄԷՎ էներգիայով: Ռադիումի մյուս իզոտոպները պատկանում են ակտինիումի և թորիումի ընտանիքներին: Դրանցից առավել վտանգավոր է ^{228}Ra -ը, որը մի շարք տրոհումներից հետո վերափոխվում է ^{228}Ac -ի և α -ճառագայթիչ ^{228}Th -ի: Հյուսվածքներում երկուսի ակտիվությունն էլ բարձրանում է, դրանք արձակում են β -մասնիկներ և γ -քվանտներ:

Կենսահամակարգերում ռադիումը մի շարք ընդհանուր նմանություններ ունի կալցիումի և ստրոնցիումի հետ: Հոդում կալցիումի պարունակության ավելացումը զգալիորեն նվազեցնում է բույսերի կողմից ռադիումի կլանումը:

Կենդանու օրգանիզմում ռադիումը տարածվում է արյան մեջ, ոսկրային և փափուկ հյուսվածքներում, ստամոքսաաղիքային ուղիում ներծծվում է 20-70 %-ը: Օրգանիզմից արտազատումը տեղի է ունենում կղանքի (95 %) և մեզի (5 %) հետ, ընդ որում՝ 50 %-ը հենց առաջին օրվա ընթացքում: Ռադիումի բարձր թունավորությունը պայմանավորված է վերջինիս ոսկրատրոպ (կմախքային) ունակությամբ: Ռադիումով ախտահարմանը բնորոշ են սակավարյունությունը, լեյկոպենիան, ոսկրերում կալցիումի նվազումը (դեկալցինացիա), թոքաբորբը, մաշկի ախտահարումը, հետագայում՝ նաև օստեոսարկոմա, թոքերի քաղցկեղ, մաշկի և այլ հյուսվածքների չարորակ ուռուցքներ: Ռադիումի թույլատրելի նվազագույն ակտիվությունը աշխատատեղում $3,7 \cdot 10^3$ Բք (0,1 մկԿի) է:

Պլուտոնիումի թունաբանությունը: Պլուտոնիումը ռադիոակտիվ քիմիական տարր է, ունի 15 իզոտոպ: Պլուտոնիումը բնության մեջ ա-

ռաջանում է ուրանի տրոհման ժամանակ՝ նեյտրոնների և տիեզերական ճառագայթների նեյտրոնների ազդեցությամբ:

Երկարակյաց ²³⁹Pu իզոտոպի կիսատրոհման պարբերությունը՝ T = 24360 տարի: Հոդում այն ամուր ֆիքսվում է և անցնում բույսերին: Մարդու և կենդանիների օրգանիզմ անցնում է օդով, մաշկով, մարսողական ուղիներով: Աղիքներում ներծծվում է օրգանիզմ անցած պլուտոնիումի մինչև 1 % և կուտակվում է ոսկրային հյուսվածքում:

Պլուտոնիումի լուծելի աղերը հեշտությամբ ներծծվում են մաշկով, իսկ դրա անլուծելի աղերը կուտակվում են վերնամաշկում, այնուհետև տարածվում ավշազեղծերում: Ներշնչված օդի հետ անցնելով թոքեր՝ պլուտոնիումի լուծելի աղերը հեշտությամբ ներծծվում են արյան մեջ, իսկ անլուծելի աղերը տարիներով մնում են թոքերում և երկար ժամանակ ճառագայթում թոքային հյուսվածքը: Կախված ճառագայթման դոզայից՝ թոքերում կարող է զարգանալ ճառագայթային թոքաբորբ, ֆիբրոզ, պնևմոսկլերոզ, թոքերի քաղցկեղ կամ սարկոմա:

Պլուտոնիումի ներերակային ներմուծման դեպքում առաջանում է արյունաստեղծ օրգանների ֆունկցիայի ընկճում, էրիթրոցիտների կյանքի կարճատևություն, իմունածնություն, հատկապես հակամարմինների առաջացման խանգարումներ, օստեոսարկոմայի (ոսկրի) գոյացում:

Պլուտոնիումի 45 %-ը արյան միջոցով անցնում է լյարդ և կուտակվում՝ առաջացնելով լյարդի ցերոզ և նեկրոզ (քայքայում), ինչպես նաև ձվարանների և սերմնագեղձերի խանգարումներ, քրոմոսոմային շեղումներ և այլն:

Մոլիբդենի թունաբանությունը: Մոլիբդենը Մենդելևի պարբերական համակարգի 6-րդ խմբի քիմիական տարր է, ատոմային զանգվածը՝ 95,95: Բնության մեջ առկա են մոլիբդենի 7 իզոտոպ՝ ⁹², ⁹⁴-⁹⁸ և ¹⁰⁰ ատոմային զանգվածով, որոնցից ամենատարածվածը ⁹⁸Mo-ն է: Արհեստականորեն ստացվել է ⁹⁹Mo իզոտոպը, որն ունի միջին ռադիոակտիվություն և պատկանում է թունավոր ռադիոնուկլիդների Գ խմբին: Երկրագնդի կեղևում մոլիբդենի պարունակությունն ըստ զանգվածի $1,1 \cdot 10^{-4}$ % է և լինում է 2, 3, 4, 5, 6 վալենտության, հեշտությամբ օքսիդանում է հիմնային պայմաններում՝ վերածվելով հեշտ լուծվող մոլիբդատների: Մոլիբդենը տիպիկ հազվագյուտ տարր է, տարածված է կենսոլորտում, այն գտնվում է հողում, ջրում, բույսերի, կենդանիների և մարդու օրգանիզմներում: Բույսերի, կենդանիների և մարդու օրգանիզմ ավելի արագ և հեշտ են անցնում մատրիումի և ամոնիումի մոլիբդատի

աղերը, որոնք նաև լայնորեն կիրառվում են ժողովրդական տնտեսության տարբեր ոլորտներում:

Մոլիբդենի կենսաբանական քանակները, որպես միկրոտարր, նպաստում են օրգանիզմի աճին, զարգացմանը և նյութափոխանակությանը: Դրա մեծ քանակությունն օրգանիզմում առաջացնում է թունավորումներ՝ մոլիբդենախտ հիվանդությունը, որը բնորոշ է հատկապես խոշոր և մանր եղջերավոր կենդանիներին: Կենդանիների հյուսվածքներում հայտնաբերվել է մոլիբդեն պարունակող երկու ֆերմենտ-մետաղաֆլավոպրոտեին՝ քսանտինօքսիդազ և ալդեհիդօքսիդազ: Յուսվածքներում հայտնաբերվել են նաև պղինձ և երկաթ պարունակող քսանտինօքսիդազներ՝ կախված կերաբաժնի մեջ այդ տարրերի պարունակությունից:

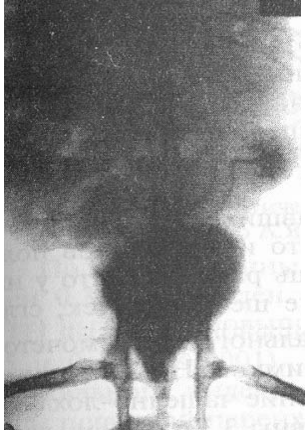
Մ.Ս. Գրիգորյանի և Լ.Գ. Թադևոսյանի տվյալներով՝ մոլիբդենախտի ժամանակ ախտահարվում են բոլոր օրգան-համակարգերը, խախտվում է նյարդային համակարգի, արյան, մարսողական օրգանների, լյարդի, երիկամների ֆունկցիաները, ընկնում է օրգանիզմի դիմադրողականությունը, նվազում են պաշտպանիչ գործոնների ցուցանիշները, նյութափոխանակությունը, օքսիդացման պրոցեսները և այլն:

Փորձերի արդյունքում հաստատվել է, որ մոլիբդենի անտագոնիստներն են պղինձն ու ծծումբը, որոնց աղերի ներմուծման շնորհիվ կարելի է կանխել, ինչպես նաև բուժել մոլիբդենախտը:

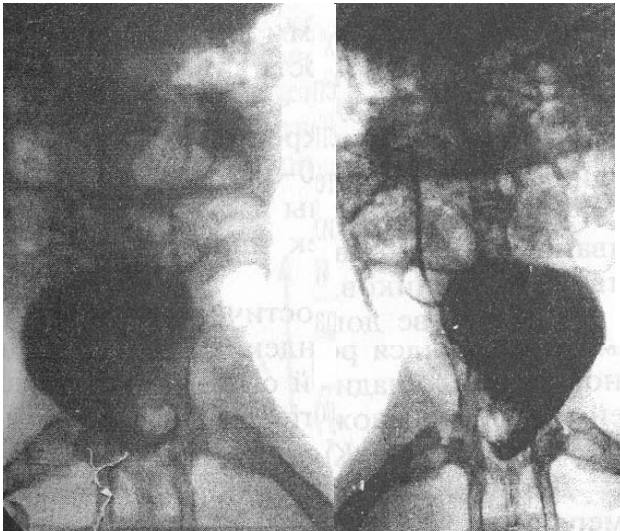
Մոլիբդենի փոխանակությունը սերտորեն կապված է ցինկի, կապարի, պղնձի, երկաթի, յոդի և այլ տարրերի հետ, դրանց փոխհարաբերությամբ և շրջապտույտով (կենսոլորտում, հատկապես սննդային շղթայում):

Konjolle et.al. փորձերում ապացուցվել է, որ մոլիբդեն-99 իզոտոպի ներմուծման դեպքում ծովախոզուկների օրգանիզմում առաջանում են խանգարումներ. վահանագեղձում այն կուտակվում է ավելի մեծ քանակությամբ, քան նյուս օրգաններում: Սպիտակ առնետներին ռադիոակտիվ ⁹⁹Mo-ով հարուստ կեր տալուց երկու ժամ հետո ⁹⁹Mo-ի ավելի շատ քանակություն գրանցվում է կմախքում, ոսկրերում, ապա երիկամներում, լյարդում և ստամոքսաաղիքային ուղիում:

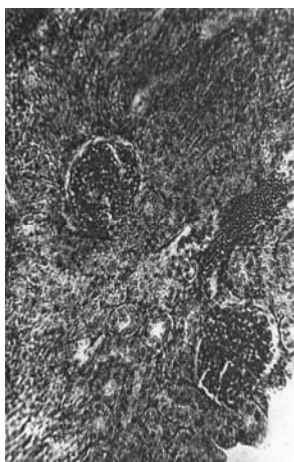
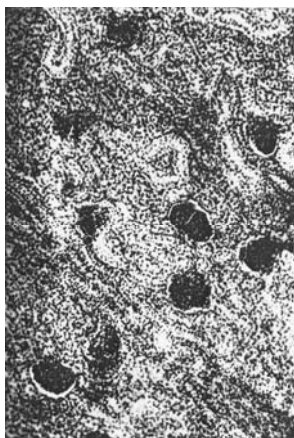
Մոլիբդենի աղերը օրգանիզմից հիմնականում դուրս են գալիս մեզի և կղանքի միջոցով: Երիկամների և միզուղիների մորֆոֆունկցիոնալ փոփոխությունները (նկ. 22, 23) մոլիբդենի ազդեցությամբ ապացուցվել են Վ.Մ. Մարգարյանը և Լ.Գ. Թադևոսյանը՝ ռենտգենաբանական հետազոտմամբ (ուրոգրաֆիա):



Նկ. 22. Ստուգիչ ճազարների ներերակային ուրոգրաֆիա՝ ուրոգրաֆինի ներարկումից 10 րոպե հետո:



Նկ. 23. Ճազարների ներերակային ուրոգրաֆիա. մոլիբդենի 200 և 300 մգ / կգ չափաբաժնի ազդեցությունը ուրոգրաֆինի ներարկումից 30 րոպե հետո (ըստ Լ. Գ. Թադևոսյանի, Վ.Մ. Մարգարյանի):



Նկ. 24. Երիկամների հյուսվածաբանական փոփոխությունները մոլիբդենի 300, 500 մգ/կգ ազդեցությամբ (ըստ Լ.Գ. Թադևոսյանի, Ն.Վ. Մարգարյանի):

Ուրանի թունաքանությունը: Ուրանը ($^{238}_{92}\text{U}$) բնության մեջ ամենատարածված ռադիոակտիվ տարրն է, որի կիսատրոհման պարբերությունը $4,5 \cdot 10^9$ տարի է:

Երկրագնդի տարբեր տեղավայրերում ուրանի γ -ճառագայթումը տատանվում է 0,26-11,5 մԳր/տարի, իսկ լեռնային ռադիոակտիվ հանքավայրերում (Յնդկաստան, Բրազիլիա) 100-500 անգամ բարձր է միջին ֆոնից, ուստի այդ տեղավայրերում ապրող կենդանիների մոտ նկատվում են քրոմոսոմային շեղումներ, սեռական գեղձերի թերզարգացում ու ամլություն (չբերություն):

Կենդանի օրգանիզմ ներմուծված ուրանը երկար ժամանակ մնում է ոսկրային հյուսվածքում, տեղաբաշխվում է կոմպակտ և սպունգային ոսկրերում ու ամուր ֆիքսվում ոսկրային սպիտակուցային նյութերի հետ:

Ուրանի վեցվալենտային միացությունները զգալիորեն թուլացնում են ֆոսֆատազների, ֆոսֆորիլազների և դեհիդրոգենազների ակտիվությունը (Ա.Օ. Վոյնար):

Օրգանիզմից ուրանի արտազատմանը կմախքի միջոցով նպաստում են կարբոնատները, երկկարբոնատները և կիտրոնաթթուն, որն առաջացնում է ուրանիլ ցիտրատային հեշտ դուրս բերվող միացություններ:

Թորիումի թունաքանությունը: Թորիումը ($^{239}_{90}\text{Th}$) պարբերական համակարգի 4-րդ խմբի ռադիոակտիվ քիմիական տարր է: Բնության մեջ թորիումն ունի 6, իսկ արհեստական՝ 9 ռադիոակտիվ իզոտոպ:

Երկրագնդի կեղևում պարունակվում է $8 \cdot 10^{-4} \%$, իսկ գետի ջրերում՝ $8,1 \cdot 10^{-4}$ Բք/լ թորիում:

Թորիումի իզոտոպներից առավել թունավոր են ^{232}Th -ը և ^{228}Th -ը, որոնք արձակում են ալֆա-մասնիկներ, իսկ դրա միջանկյալ տրոհման արգասիք թորոնը՝ որպես իներտ գազ, հեշտությամբ անցնում է թոքեր և երկար ժամանակ մնում թոքային ավշային հանգույցներում: Թորիումն արյան միջոցով տարածվում է օրգաններում. 80 % կուտակվում է կմախքում (Stovler e.a.), ախտահարելով ոսկրային բջիջները և առաջացնելով ոսկրերի չարորակ նորագոյացումներ: Թորիումի իզոտոպները կուտակվում են մաև լյարդում, երիկամներում, փայծաղում և առաջացնում այդ օրգանների չարորակ ուռուցքներ: Օրգանիզմից այն հիմնականում արտազատվում է ստամոքսաաղիքային ուղիներով՝ լեղու հետ:

Տրիտիումի թունաբանությունը: Տրիտիումը (^3H) բնության մեջ տարածված ջրածնի ռադիոակտիվ իզոտոպն է՝ 3,017 զանգվածային թվով: Այն արձակում է բետա- ճառագայթներ՝ 16,8 ԿԷՎ էներգիայով:

Տրիտիումի կիսատրոհման պարբերությունը՝ $T=12,34$ տարի: Այն անընդհատ առաջանում է մթնոլորտում՝ տիեզերական ճառագայթման հետևանքով, իսկ արդյունաբերությունում ստանում են լիթիումի նեյտրոնային ճառագայթամբ:

Տրիտիումի ջրալույծ միացությունները հեշտությամբ ներծծվում են և տարածվում օրգաններում ու հյուսվածքներում, իսկ 10 օրվա ընթացքում տրոհվում և դուրս են բերվում օրգանիզմից մեզի և քրտինքի հետ: Սակայն օրգանիզմ անցած տրիտիումի 1 %-ը ամուր միանում է բջիջների կորիզի բաղադրամասերի (տրիմիդինի մեջ) կամ ցիտոպլազմայի հետ (ցիտիդինի մեջ):

Որպես արտաքին ճառագայթման աղբյուր՝ ^3H -ը վտանգավոր չէ, սակայն անցնելով օրգանիզմ՝ այն առաջացնում է սուր կամ տևական հեռավոր հետևանքներ: Ախտահարվում են հատկապես արյունաստեղծ օրգանները, գենետիկական համակարգը, առաջանում են ուռուցքներ, լեյկեմիա, ուղեղի զանգվածի փոքրացում և այլն:

Օրգանիզմից տրիտիումի արտազատումը արագացնելու նպատակով անհրաժեշտ է ակտիվացնել ջրային փոխանակությունը:

Ածխածնի թունաբանությունը: Ածխածինը Մենդելևի պարբերական համակարգի 4րդ խմբի տարր է, ատոմային զանգվածը՝ 12,01: Ածխածինը ամենատարածված տարրերից է՝ կենդանական աշխարհի հիմքը:

Բնության մեջ հայտնի է երկու կայուն իզոտոպ՝ ^{12}C և ^{13}C : Արհեստականորեն ստացվել է ածխածնի 6 ռադիոակտիվ իզոտոպ, որոնցից առավել երկարակյացը ^{14}C -ն է, որի կիսատրոհման պարբերությունը 5730 տարի է:

^{14}C իզոտոպը մթնոլորտում առաջանում է բնական ճանապարհով՝ տիեզերական ճառագայթման նեյտրոնների ազդեցությամբ, ինչպես նաև արհեստականորեն՝ միջուկային ռեակտորներում ազոտ պարունակող միացությունների՝ նեյտրոններով երկարատև ճառագայթահարումից:

Ածխածին-14-ի տրոհումից անջատվում են բետա-մասնիկներ՝ 0,155 ՄԷՎ էներգիայով: Ըստ ռադիոթունաբանության հատկությունների՝ ^{14}C իզոտոպը դասվում է Գ խմբին: Ցանկացած կենդանի օրգանիզմ հեշտությամբ յուրացնում է ^{14}C -ը, որն արագ ներմուծվում է

հյուսվածքների կազմի մեջ՝ β -ճառագայթներով ախտահարելով վերջինիս կենսամոլեկուլները:

^{14}C -ի ախտաբանական ազդեցությունն օրգանիզմի վրա նմանվում է տրիտիումի ազդման մեխանիզմին:

ՍՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. ճառագայթաթունաբանության խնդիրները:
2. Ռադիոնուկլիդների ներթափանցումը մարդու և կենդանիների օրգանիզմ, դրանց արտազատումը:
3. Վտանգավոր կամ կրիտիկական օրգաններ:
4. ^{131}I -ի, ^{137}Cs -ի, ^{90}Sr -ի, մոլիբդենի, ուրանի, թորիումի, տրիտիումի, ածխածնի թունաբանությունը և մետաբոլիզմը:

ԳԼՈՒԽ 6

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Օրգանիզմի ճառագայթային ակտահարումները իոնացնող ճառագայթների և ռադիոնուկլիդների ազդեցության հետևանքով օրգանիզմում առաջացած բազմազան առաջնային և երկրորդային փոփոխություններն են:

Առաջնային փոփոխությունները պայմանավորված են օրգանիզմի հյուսվածքների կողմից էներգիայի անմիջական կլանմամբ: Կլանված ճառագայթի էներգիան վերափոխվում է քիմիական էներգիայի: Սակայն ճառագայթների կենսաբանական էֆեկտները չեն ավարտվում առաջնային ճառագայթաքիմիական ռեակցիաներով: Կենսաբանական գործընթացներն օրգանիզմի հյուսվածքներում և օրգաններում շարունակում են զարգանալ ու խորանալ:

Երկրորդային փոփոխությունները ճառագայթահարման հետևանքով առաջացած օրգանիզմի կենսագործունեության հետագա երկարատև փոփոխություններն են, որոնք հանգեցնում են ճառագայթային հիվանդության զարգացմանը (աղ. 9):

Աղյուսակ 9

Ճառագայթման էֆեկտների գործընթացները

Փուլը / Տևողությունը	Գործընթացը
Ֆիզիկական / 10^{-15} վրկ	Էներգիայի կլանում, իոնացում
Ֆիզիկաքիմիական / 10^{-6} վրկ	Իոնների փոխազդեցություն մոլեկուլների հետ, ազատ ռադիկալների գոյացում
Քիմիական / վայրկյաններ	Ազատ ռադիկալների փոխազդեցություն մոլեկուլների, բջիջների և ԴՆԹ-ի հետ
Կենսաբանական / տասնյակ րոպեներ – տասնյակ տարիներ	Բջջի մահ, ծագումնաբանական փոփոխություններ բջջում, մուտացիաներ

Սակայն իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության առաջնային և երկրորդային էֆեկտները որոշ չափով պայմանական են, քանի որ երկրորդային պրոցեսների հիմքում ընկած են առաջնային

պրոցեսները, ինչը պայմանավորված է կենդանի օրգանիզմների մոլեկուլների կողմից իոնացման և էներգիայի կլանման հետ: Այդ մեխանիզմները դեռևս ավելի հստակ պարզաբանության կարիք ունեն: Հայտնի է, որ իոնացնող ճառագայթներն բարձր կենսաբանական ակտիվություն ունեն, դրանք ընդունակ են իոնացնել կենսաբանական հիմնանյութերի ցանկացած քիմիական միացություն՝ առաջացնելով ակտիվ ռադիկալներ, որոնք էլ աստիճանաբար առաջացնում են կենդանի հյուսվածքներում երկարատև ընթացող ռեակցիաներ: Ուստի իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության արդյունքը լինում են նորմալ կենսաքիմիական պրոցեսների խանգարումները, կենդանու հյուսվածքների ու բջիջների ֆունկցիոնալ և ձևաբանական փոփոխությունները:

Բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքները վկայում են, որ տարբեր տեսակի իոնացնող ճառագայթների ազդեցության մեխանիզմը հիմնականում միանման է՝ սկսած ճառագայթային էներգիայի կլանման ու փոխանցման նախնական գործողությունից մինչև ճառագայթահարված օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական և ձևաբանական փոփոխությունները: Իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության կարևոր առանձնահատկություններից մեկն այն է, որ կենդանիների մոտ բացակայում են ճառագայթների ընկալման հատուկ վերլուծիչները, և երկրորդ, որ այն պայմանավորված է բջիջներին էներգիայի փոխանցման ձևով:

Կենդանի օբյեկտի վրա իոնացնող ճառագայթների *կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմում* պայմանականորեն կարելի է առանձնացնել երկու հիմնական փուլ: *Առաջին փուլը* բնորոշվում է որպես ճառագայթների առաջնային՝ անմիջական ազդեցություն կենսաքիմիական պրոցեսների, օրգանների ու հյուսվածքների ֆունկցիայի և կառուցվածքի վրա: *Երկրորդ փուլ*՝ միջնորդավորված ազդեցություն, այսինքն՝ ճառագայթների ներգործության հետևանքով օրգանիզմում առաջացած նեյրոգեն (նյարդածին) և հումորալ տեղաշարժեր:

Կենսաբանական հիմնանյութի վրա իոնացնող ճառագայթների առաջնային ազդեցության մեխանիզմը բացատրելու համար առաջարկվել են բազմաթիվ վարկածներ և տեսություններ: Օրինակ՝ Շվարցի (1903), Տրիբունոյի և Բերգոնյի (1905), Լոնդոնի (1911), Դեսաուերի (1923), Շտրաուսի (1923) տեսությունները, որոնցից յուրաքանչյուրը պայմանավորված է նյութափոխանակության խանգարումներով օրգանիզմի տարբեր օղակներում (լիպիդների,

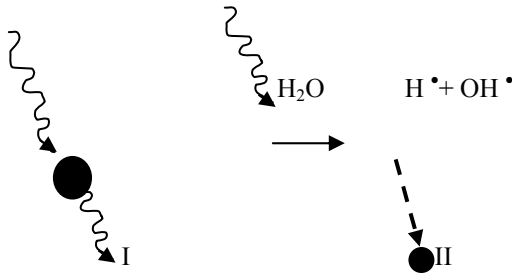
ֆերմենտների, սպիտակուցների և այլն) կամ ջերմային էֆեկտով՝ բջջի կենսակառույցների խախտման հետևանքով:

Ներկայումս ընդունված է իոնացնող ճառագայթների անմիջական ազդեցության երկու տեսություն՝ ուղղակի և անուղղակի:

ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՈՒՂՂԱԿԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

ճառագայթների ուղղակի ազդեցությունը մոլեկուլների ճառագայթաքիմիական փոխարկումներն են, որոնք առաջանում են ճառագայթների անմիջական ազդեցության հետևանքով՝ վերջինիս էներգիայի կլանման տեղում: Ախտահարման հիմնական ազդեցությունը պայմանավորված է ատոմների ու մոլեկուլների գրգռման և իոնացման գործողությամբ: Ուղղակի ազդեցության դեպքում մոլեկուլը ենթարկվում է փոփոխության, երբ ճառագայթներն անցնում են մոլեկուլի միջով:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ուղղակի և անուղղակի ազդեցությունների միջև տարբերությունն առավել ցայտուն է արտահայտվում հատկապես ջրային լուծույթների ճառագայթման ժամանակ (նկ. 25):



Նկ. 25. Բջջի վրա իոնացնող ճառագայթների ուղղակի (I) և անուղղակի (II) ազդեցությունը:

ճառագայթների ուղղակի ազդեցության պատկերացումների հիմքի վրա առաջ է եկել Դեսաուերի **«Թիրախի» տեսությունը**, որը հետագայում զարգացրել են Կրոուտերը, Տիմոֆեև-Ռիսովսկին, Լին, Ցիմերմանը և ուրիշներ: Նրանք գտնում են, որ իոնացնող մասնիկը կամ γ -քվանտն ազդում է բջջի կառուցվածքի կամ մոլեկուլի զգայուն մասի՝ թիրախի (գեների) վրա, ոչնչացնում է այն կամ առաջացնում գենետիկական

փոփոխություններ: Դոզայի և կենսաբանական էֆեկտի միջև գոյություն ունի քանակական կապ. դոզայի մեծացմանը զուգընթաց ճառագայթահարված ծավալում վնասված միավորների քանակն ավելանում է երկրաչափական պրոգրեսիայով:

Կենդանական և բուսական բջիջները վնասելու համար անհրաժեշտ է մեկից ավելի ուղղակի դիպչում (հարվածում) թիրախին: Թիրախի տեսությունը բացատրում է ճառագայթների վնասակար ազդեցությունը բակտերիաների, վիրուսների ու միաբջիջների վրա: Այն կիրառվում է ճառագայթային զենետիկայում և սելեկցիայում, ինչպես նաև ճառագայթակենսաբանական տեխնոլոգիայում:

Հավանականության վարկածը ճառագայթների ուղղակի ազդեցության տեսության հետագա զարգացումն է (Հուզ Օ., Կելլեր Ա.): Ի տարբերություն թիրախի տեսության՝ նրանք գտնում են, որ ճառագայթների փոխներգործությունը բջջի որոշակի հատվածի հետ տեղի է ունենում հավանականության (պատահականության) սկզբունքով, և դոզա-էֆեկտի կախվածությունը պայմանավորված է ոչ միայն թիրախից, այլ նաև կենսաբանական օբյեկտից՝ որպես դինամիկ համակարգ:

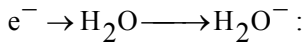
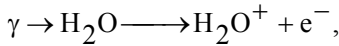
Հայտնի են նաև մի շարք այլ տեսություններ, որոնք արտացոլում են իոնացնող ճառագայթների անուղղակի ազդեցությունը, այսինքն՝ օրգանիզմի հետճառագայթային պրոցեսների առաջացման և զարգացման որակական կողմը: Պարզվել է, որ կենսամոլեկուլների առաջնային ակտիվացումն ընթանում է ինչպես ուղղակի, այնպես էլ անուղղակի ճանապարհով, և երկուսն էլ ակտիվացնում են միևնույն ռեակցիան:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՆՈՒՂԱԿԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ճառագայթների անուղղակի ազդեցության դեպքում փոփոխվող մոլեկուլն անմիջապես չի կլանում ճառագայթային էներգիան, այլ այն փոխանցվում է ուրիշ մոլեկուլներից: Այսինքն՝ կառուցվածքների (մոլեկուլներ, բջիջներ և այլն) այն փոփոխություններն են, որոնք պայմանավորված են ջրի կամ դրա մեջ լուծված նյութերի ռադիոլիզի (ճառագայթային քայքայման) հետևանքով առաջացած նյութերի ազդեցությամբ: Անուղղակի ազդեցությունն ընթանում է մի քանի փուլերով: Ջրի ռադիոլիզը կատարվում է երեք փուլով (սխեմա 1):

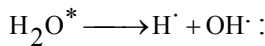
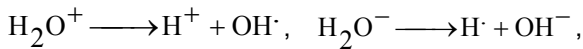
Որպես օրինակ՝ կարելի է դիտարկել իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը ջրի մոլեկուլի վրա: Գամմա-քվանտը կամ լիցքավոր-

ված մասնիկը, փոխազդելով ջրի մոլեկուլի հետ, իոնացնում է այն, ինչի հետևանքով առաջանում են երկու իոններ (ֆիզիկական փուլ)։



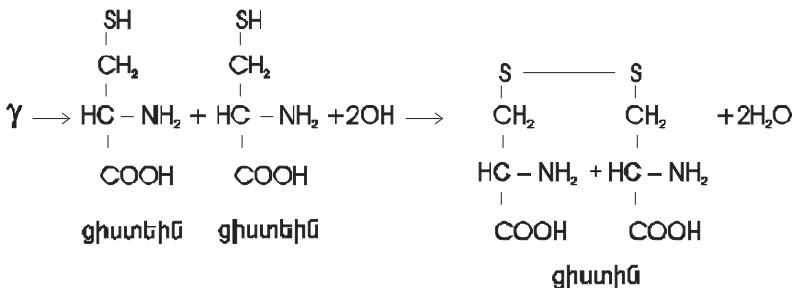
Այս դեպքում ջրի իոնացված մոլեկուլների ֆիզիկաքիմիական հատկությունները տարբերվում են ջրի էլեկտրաչեզոք մոլեկուլների հատկություններից։

Ջրի և դրա մեջ լուծված նյութերի իոնացված մոլեկուլների գոյության տևողությունը չափազանց կարճ է, այն կազմում է 10^{-10} վ։ Այդ ժամանակահատվածում դրանք ենթարկվում են մի շարք փոխարկումների՝ առաջացնելով ազատ ռադիկալներ։ Ջրի դրական իոնը տրոհվում է պրոտոնի և հիդրօքսիլային մնացորդի, բացասականը՝ ատոմային ջրածնի և հիդրօքսիլային մնացորդի (ֆիզիկաքիմիական փուլ)։



$\text{OH}^\cdot$ -ը ուժեղ օքսիդիչ է, իսկ ջրածնի ռադիկալը՝ $\text{H}^\cdot$ -ը՝ վերականգնիչ։

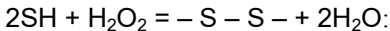
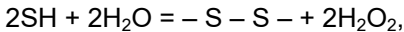
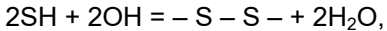
Մի շարք նյութերի (ֆերմենտներ, վիտամիններ և այլն) մոլեկուլների վրա ճառագայթների ազդեցությունը դրսևորվում է օքսիդացման, երբեմն նաև վերականգման ռեակցիաներով։ Այսպես՝ ազատ ռադիկալ $\text{OH}^\cdot$ -ի ախտահարման էֆեկտը ուժեղ է, այն առաջին հերթին օքսիդացնում է սպիտակուցները։



Օքսիդիչների ազդեցությունից հատկապես հեշտությամբ են վերափոխվում այն ֆերմենտները, որոնց ակտիվությունը պայմանավորված

է սուլֆիդրիլային խմբերով (-SH): Այդ ֆերմենտները օքսիդանում են և կորցնում իրենց ակտիվությունը՝ առաջացնելով երկսուլֆիդներ (-S-S-):

Ներկայումս ընդհանուր ճանաչում է գտել վերը հիշատակված ռադիկալի արգասիքների պաթոգենետիկ (ախտածնական) նշանակության մասին Բարրոնի տեսությունը, որի համաձայն՝ վերջիններս, ազդելով սպիտակուցային կառուցվածքի ակտիվ սուլֆիդրիլային (SH) խմբերի վրա, վերածվում են ակտիվ երկսուլֆիդային կապերի (-S-S-): Դա կարելի է արտահայտել հետևյալ ռեակցիայով.



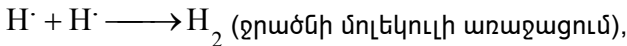
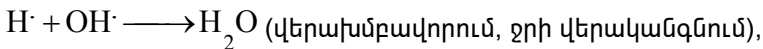
Սուլֆիդրիլային խմբերի (SH) ապաակտիվացման հետևանքով բջիջներում խանգարվում են տարբեր թիոլային-ֆերմենտային համակարգություններ, որոնք կարևոր են դրանց կենսագործունեության համար: Այդ մասին է վկայում այն փաստը, որ շիճուկային ալբումինների և գամմա-գլոբուլինների իոնացնող ճառագայթման ազդեցությամբ առաջացած բնափոխությունների (դենատուրացիա) վերադարձելիության աստիճանը կախված է երկսուլֆիդ խմբերից՝ սուլֆիդրիլ խմբերի վերականգնումից: Սուլֆիդրիլ խմբերի ապաակտիվացման հետևանքով ֆերմենտային համակարգությունների ֆունկցիոնալ խանգարումներն ընկճում են սինթետիկ պրոցեսները: Այս առումով ԴՆԹ-ի սինթեզի խանգարումը դիտվում է որպես ճառագայթային ազդեցության ավելի ընդհանուր և կարևոր հանգամանք: Շներին 500 Ռ (5 Գր) դոզայով ճառագայթահարելիս շեշտակի իջնում է ԴՆԹ-ի սինթեզը՝ հատկապես ոսկրածուծում և փայծաղում: Այդ պատճառով միտոտիկ-ակտիվ վիճակում գտնվող բարձր ճառագայթազգայունությունը բացատրվում է ԴՆԹ-ի սինթեզի ընկճմամբ: ճառագայթահարված ճագարների, առնետների, մկների հյուսվածքներից պատրաստված հոմոգենատներում թթվածնային ֆոսֆորիլացման պրոցեսները շեշտակի դանդաղանում են, նկատվում է հյուսվածքային շնչառության և թթվածնային ֆոսֆորիլացման արդյունավետության նվազում: Խախտվում են բջիջներում ընթացող ֆիզիկաքիմիական պրոցեսները, ինչի հետևանքով բարձրանում է բջջի բազմափուլ միջավայրի մոլեկուլային մակերեսների (մեմբրաններ) թափանցելիությունը՝ խախտելով բջջային հոմեոստազը:

Օքսիդացման ռեակցիաներում որոշիչ նշանակություն ունի նաև ֆենոլային միացությունների օքսիդացումը, ինչի արդյունքում առաջանում են օրտոֆենոլներ, օրտոքինոններ և այլ նյութեր, որոնք օժտված

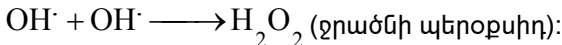
են հականիտոտիկ և մուտագեն հատկություններով: Առաջացած օրգանական միացությունները նույնպես ունեն չզույգված էլեկտրոններ, այսինքն՝ չափազանց ակտիվ են, ընդունակ են խզել քիմիական կապերը և կարճ ժամանակահատվածում ձևավորել վերջնանյութեր: Ճառագայթման կենսաբանական էֆեկտը ուժեղանում է թթվածնային էֆեկտի ուժեղացման հաշվին, ինչը բնորոշ է թթվածնային միջավայրին:

Ազատ ռադիկալները, ունենալով չզույգված էլեկտրոն, օժտված են քիմիական բարձր ակտիվությամբ, փոխազդեցության մեջ են մտնում միմյանց կամ ջրում լուծված նյութերի հետ (քիմիական ռեակցիաների փուլ):

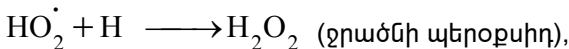
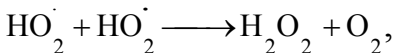
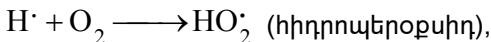
Ռեակցիաները կարող են ընթանալ հետևյալ կերպ.



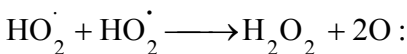
$\text{OH}^\cdot + \text{OH}^\cdot \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ (ջրի մոլեկուլի առաջացում և թթվածնի՝ ուժեղ օքսիդիչի անջատում),



Ջրում լուծված թթվածնի առկայության պայմաններում առաջացնում են նաև այլ գերօքսիդներ.



$\text{HO}_2^\cdot + \text{HO}_2^\cdot \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_4$ կամ $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_4$ (ջրածնի գերօքսիդ):



Ազատ ռադիկալների առաջացումը և դրանց փոխազդեցությունը կազմում են ջրի և դրա մեջ լուծված նյութերի քիմիական միացությունների սկզբնական, առաջնային փուլը, իսկ կենդանիների և բույսերի ճառագայթահարման դեպքում ներգրավվում են նաև կենսաքանական մոլեկուլները: Այս փուլի տևողությունը 10^{-5} - 10^{-6} վայրկյան է:

Ազատ ռադիկալների փոխազդեցությունն օրգանական և անօրգանական նյութերի հետ ընթանում է օքսիդավերականգնման տիպի ռադիկալներով և առաջացնում է անուղղակի գործողության էֆեկտ: Ուղղակի և անուղղակի ազդեցության մեծությունը տարբեր համակարգերում տարբեր է: Բացարձակ մաքուր նյութերում գերակշռում է ճառագայթների ուղղակի, իսկ թույլ լուծված նյութերում՝ անուղղակի ազդեցությունը: Ըստ Ա.Մ. Կուզնի տվյալների՝ կենդանիների մոտ կլանված ճառագայթային էներգիայի 45 %-ը ուղղակի ազդում է մոլեկուլային կառուցվածքների վրա, իսկ մնացած 55 %-ն առաջացնում է անուղղակի ազդեցություն: Արդյունքում դրսևորվում է կենսաքանական վերջնական ազդեցությունը:

Կենսաքանական օբյեկտների վրա ճառագայթների ուղղակի և անուղղակի ազդեցության և ճառագայթային ախտահարման առաջացման ազդեցության մեծության մասին, ըստ հեղինակների կարծիքների, կարելի է դատել երկու ֆենոմեններով՝ նոսրացման և թթվածնային էֆեկտներով:

ՆՈՍՐԱՑՄԱՆ ԷՖԵԿՏԸ այն վիճակն է, երբ նյութի վնասված մոլեկուլների բացարձակ թիվը կախված չէ լուծույթի խտությունից և տվյալ էքսպոզիցիոն դոզայի համար հաստատուն է, քանի որ այդ պայմաններում լուծույթում առաջանում է ակտիվացված ռադիկալների հաստատուն քանակություն:

Նոսրացման էֆեկտը ցայտուն դրսևորվում է միկրոմոլեկուլների, վիրուսների, ֆագերի լուծույթներում և կախույթներում՝ կատարված *in vitro* փորձերում: Այն վկայում է ճառագայթների անուղղակի ազդեցության մեծության մասին նշված մանրակառուցվածքների ճառագայթային ախտահարումների ժամանակ: Սակայն նոսրացման էֆեկտ չի դրսևորվում մարսված հյուսվածքների և բջիջների կախույթների ճառագայթահարման ժամանակ, քանի որ նշված դեպքում ջրի բոլոր ակտիվ ռադիկալները կլանվում են մակերեսային մետաբոլիտների կողմից և չեն հասնում բջջի ակտիվ մակրոմոլեկուլներին: Ճառագայթահարված բազմաբջիջ օրգանիզմների մոտ ևս նոսրացման էֆեկտ չի նկատվում:

ԹԹՎԱԾՆԱՅԻՆ ԷՖԵԿՏ: ճառագայթահարման ժամանակ առաջնա-
յին ռեակցիայի զարգացման համար մեծ նշանակություն ունի միջա-
վայրի թթվածնի խտությունը: Շրջակա միջավայրում և ճառագայ-
թահարման օբյեկտում վերջինիս խտության մեծացմանը զուգահեռ
ուժեղանում է ճառագայթային ախտահարման էֆեկտը, և հակառակը՝
թթվածնի խտության փոքրացման դեպքում նվազում է ճառագայթային
ախտահարման աստիճանը: Այդ երևույթը ստացել է թթվածնային
էֆեկտ անվանումը: Թթվածնային էֆեկտի արտահայտությունը տարբեր
տեսակի ճառագայթների համար տարբեր է և կախված է դրանց էներ-
գիայի գծային կորուստից (էԳԿ), որի բարձրացման հետ նվազում է
էֆեկտը: Թթվածնային էֆեկտը դրսևորվում է ռադիոկենսաբանական
բոլոր ռեակցիաներում՝ կենսաքիմիական փոփոխությունների և
մոտացիաների նվազմամբ կամ ուժեղացմամբ՝ կենսաբանական բոլոր
օբյեկտների մոտ (բույսեր և կենդանիներ) և դրանց կառուցվածքային
բոլոր մակարդակներում՝ մոլեկուլային, ենթաբջջային, բջջային, հյուս-
վածքային: Այսպես՝ ճառագայթելով մեկուսացված բջիջները՝ (լիմֆո-
ցիտներ, ուռուցքային բջիջներ) մաքուր թթվածնային միջավայրում
ստացել են այդ բջիջների պիկնոզ, ֆրագմենտոզ և այլ փոփո-
խություններ: Թթվածնային էֆեկտ դիտվել է մկների ճառագայթման
ժամանակ, երբ դրանք ներշնչել են 8,2 % թթվածին պարունակող
մթնոլորտային օդ: Այդ պայմաններում մկների մի մասը չի սատկել,
մինչդեռ ստուգիչ խմբում բոլոր կենդանիները (100 %) սատկել են:

Թթվածնային էֆեկտը հաճախ օգտագործվում է չարորակ նո-
րագոյացություններով հիվանդների բուժման ժամանակ: Ուռուցքային
բջիջների ճառագայթային ախտահարումն ուժեղացնելու նպատակով
ուռուցքում բարձրացնում են թթվածնի պարունակությունը, իսկ
շրջապատող առողջ հյուսվածքներում իջեցնում:

Թթվածնային միջավայրում առաջանում են բազմաթիվ թունավոր
նյութեր, օրգանական գերօքսիդներ, որոնք օժտված են բարձր
քիմիական ակտիվությամբ: Օրգանիզմի ճառագայթային ախտահար-
ման ժամանակ դրանք էլ կատարում են հիմնական դերն առաջնային
կենսաքիմիական ռեակցիաներում:

Ճառագայթների ուղղակի և անուղղակի ազդեցության հետագա
ուսումնասիրությունները նպաստել են հետճառագայթային ախտահար-
ման պրոցեսների քանակական և որակական բնութագրությանը:

Լիպիդային ռադիոտոքսիկների տեսությունը: Բ.Ն. Տարուսովը,
Յու.Բ. Կուդրյաշովը և ուրիշներ փորձարարությամբ հաստատել են, որ

իոնացնող ճառագայթների ներգործության հետևանքով կենդանիների հյուսվածքներում՝ հատկապես լյարդում, փայծաղում և այլ օրգաններում ախտահարվում են բջջաթաղանթի լիպիդները, առաջանում են լիպիդային (առաջնային) ռադիոտոքսիներ: Ակտիվ ռադիկալների ազդեցությամբ տեղի է ունենում կենսալիպիդների օքսիդացման շղթայական ռեակցիաների ուժեղացում, ինչի հետևանքով առաջանում են չհագեցած ճարպաթթուների օքսիդացված նյութեր (ալդեհիդներ և կետոններ):

Շղթայական ռեակցիայի իրականացման համար անհրաժեշտ են մեծ էներգիայով օժտված ռադիկալներ, որոնք կարող են առաջացնել նոր ռադիկալներ, խանգարվում է բջջի կայունությունը: Բնական պայմաններում կենդանիների օրգանիզմում կենսալիպիդների օքսիդացման ցածր մակարդակը պայմանավորված է հակաօքսիդիչներով: Գառագայթների ներգործության հետևանքով հակաօքսիդիչների քանակությունը նվազում է:

Կառուցվածքանյութափոխանակային տեսություն: Այս տեսության հեղինակ Ա.Մ. Կուզինը գտնում է, որ ճառագայթների ներգործության հետևանքով առաջացած փոխանակային պրոցեսների խանգարումները պայմանավորված են կենդանի բջջի բջջապլազմային կառուցվածքների խանգարումներով: Վարկածի հիմքում ընկած է առաջնային ռադիոտոքսիների ազդեցությունը, որոնք թունավոր հատկություններով օժտված մետաբոլիտներ են: Դրանց մի մասը չնչին քանակությամբ պարունակվում է առողջ հյուսվածքների բջիջներում: Գառագայթների ազդեցության հետևանքով այդ նյութերի քանակը ավելանում է, ինչպես նաև առաջանում են նոր թունավոր միացություններ: Առաջնային ռադիոտոքսիներն առաջացնում են մեծ քանակությամբ երկրորդային ռադիոտոքսիներ, որոնք էական դեր են խաղում ճառագայթային հիվանդության զարգացման պրոցեսում: Ա.Մ. Կուզինը առաջարկել է հասկացություն նյութերի՝ տրիգեր-էֆեկտորների մասին, որոնք ազդում են բջջի գենոմի վրա: Գառագայթների տարբեր դոզաների ազդեցությամբ տրիգեր-էֆեկտորները (հորմոններ, խիմոններ, սեմիխիմոններ և այլն) կարող են ունենալ ճնշող կամ ուժեղացնող (վերարտադրող) ազդեցություն բջջի գենոմի, հետևաբար և կենսասինթետիկ պրոցեսների վրա, ինչը պայմանավորված է դրանց խտությամբ: Իոնացնող ճառագայթները դիտվում են որպես ոչ յուրահատուկ տրիգեր-էֆեկտորներ, որոնք մշտապես գրգռում են կենսաբանական օբյեկտները (սթրես-գործոն):

Մեկնաբանելով ճառագայթային ախտահարման առաջնային մեխանիզմների տեսություններն ու վարկածները՝ անհրաժեշտ է նշել, որ դրանցից ոչ մեկն առանձին վերցրած, չի բացատրում իոնացնող ճառագայթների առաջնային կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմը: Դրանց ընդհանուր թերությունն այն է, որ առաջադրված դրույթները չի հաջողվում հաստատել տաքարյուն կենդանիների վրա կատարված փորձերում:

Կենդանի օրգանիզմի վրա ճառագայթների ուղղակի ազդեցության առաջնային մեխանիզմների մասին ավելի հստակ պատկերացում են տալիս ***բարձր ճառագայթակայունության էնդոգեն ֆոնի վարկածը*** և ***իմունակենսաբանական հայեցակարգը***:

Հաստատված է, որ իոնացնող ճառագայթները, ի թիվս արտաքին միջավայրի այլ գործոնների և կենսաբանական օբյեկտների, հաստատուն գրգռիչներ են: Իոնացնող ճառագայթների նկատմամբ օրգանիզմի ռեակցիաները ենթարկվում են ընդհանուր կենսաբանական օրինաչափություններին: Ճառագայթահարման նկատմամբ օրգանիզմի պատասխան ռեակցիայի աստիճանը, ինչպես և այլ գրգռիչների դեպքում, հիմնականում կախված է գրգռիչի դոզայից: Ճառագայթների ազդեցությամբ օրգանիզմում նոր քիմիական միացություններ չեն առաջանում: Կենդանի օբյեկտների վրա իոնացնող ճառագայթների յուրահատուկ ազդեցության վերագրումը չափազանցված է:

Ներկայումս կենդանի օբյեկտների վրա իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմներում պայմանականորեն առանձնացնում են հետևյալ փուլերը.

ա) առաջնային ֆիզիկական երևույթներ. դա ճառագայթային էներգիայի կլանումն է կենսաբանական օբյեկտի ատոմների և մոլեկուլների կողմից, ինչի հետևանքով դրանք էլ կարող են գրգռվել, իոնացվել կամ տարաբաժանվել (դիսոցվել),

բ) ճառագայթաքիմիական պրոցեսներ, երբ առաջանում են ազատ ռադիկալներ, որոնք էլ, փոխազդելով օրգանական և անօրգանական նյութերի հետ, ընթանում են օքսիդացման և վերականգման ռեակցիաների ձևով,

գ) կենսաբանական ռեակցիաներ. դրանք օրգանների ու համակարգերի ֆունկցիաների, կառուցվածքների, ինչպես և ամբողջական օրգանիզմի ռեակցիաների փոփոխություններն են, որոնք որոշիչ դեր են կատարում ախտաբանական պրոցեսների յուրահատկության մեջ և զարգացման մեխանիզմում:

Կառուցվածքանյութափոխանակային տեսությունը, ի տարբերություն նշված մյուս տեսությունների, առավել մանրամասն պատկերացում է տալիս ճառագայթների առաջնային մեխանիզմների ազդեցության մասին, որոնք հետագայում ուժեղանում են նյարդաներգատական և հունորալ ռեակցիաներով, այսինքն՝ միջնորդավորված ձևով:

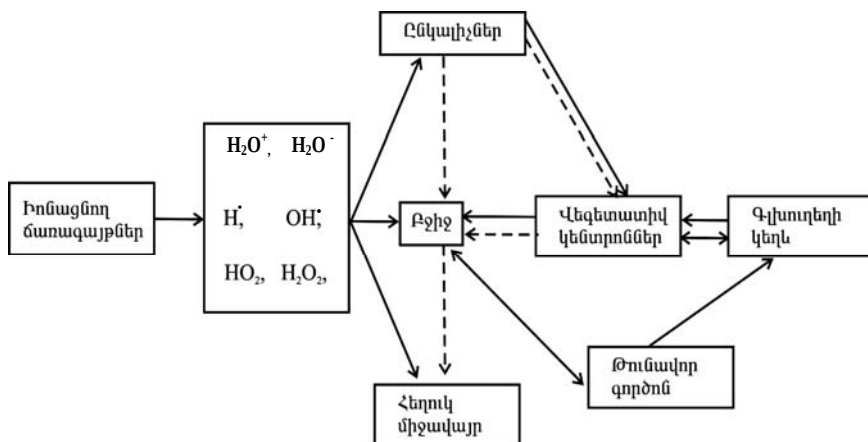
ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՄԻՋՆՈՐԴԱՎՈՐՎԱԾ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆ

Ներկայումս գիտնականների համընդհանուր կարծիքն այն է, որ ճառագայթահարված օրգանիզմի առաջնային ռեակցիաների շրջանը պայմանավորված է նյարդային համակարգի դրդմամբ, ինչի հետևանքով ճառագայթային հիվանդությունների ժամանակ գլխավոր դերը կատարում են ոչ թե տարբեր բջիջները, այլ նյարդային համակարգի միջոցով օրգանիզմում ընթացող միջնորդավորված ռեակցիաները:

Ի.Ռ. Թարխանովի, Մ.Ն. Լիվանովի, Ա.Վ. Լեբեդինսկու և ուրիշների աշխատություններում պարզորոշ ցույց է տրված նյարդային համակարգի մասնակցությունն իոնացնող ճառագայթների միջնորդավորված ազդեցության մեխանիզմում:

Հյուսվածքների սնուցման (տրոֆիկա) վրա ճառագայթների ռեֆլեքսային ազդեցությունը պարզաբանված է քիմիական անզգայացման և վիրահատական եղանակով հյուսվածքների նյարդազերծման միջոցով: Փոքր դոզաների դեպքում տեղի է ունենում կենսաքիմիական պրոցեսների ուժեղացում, իսկ մեծ դոզաների (5 Գր և ավելի) դեպքում առաջանում են սնուցողական խորը փոփոխություններ՝ ընդհուպ մինչև խոցերի առաջացում:

Ճառագայթահարման նկատմամբ պատասխան ռեակցիաներում նյարդային համակարգի միջնորդավորված մասնակցության մասին է վկայում օրգանիզմի բոլոր հյուսվածքներում և համակարգերում փոփոխությունների զարգացումը: Այդ մասնակցության մեխանիզմներից մեկը ռեֆլեքսայինն է, որի ընթացքում ներգրավվում են նյարդային համակարգի վեգետատիվ բաժինը, ցանցանման գոյացությունը, կեղևը և ենթակեղևը (սխեմա 5):



————— Ախտահարման ուղիներ - - - - - Աղապատացիայի ուղիներ

Սխեմա 5. ճառագայթային հիվանդության
ախտածնությունը (ըստ Պ.Դ. Գորիզոնտովի):

Օրգանների ֆունկցիայի և կառուցվածքի վրա ճառագայթահարման միջնորդավորված ազդեցության երկրորդ ճանապարհը ներգատական համակարգն է: Մի շարք հետազոտողներ ճառագայթային ախտահարումը համարում են որպես ստրես-ռեակցիայի մի ձև: Այդպիսի եզրակացության համար հիմք է հանդիսացել այն հանգամանքը, որ ճառագայթային ներգործության սկզբնական շրջանում տեղի է ունենում մակերիկամի կեղևի գերիյութագատություն, փոքրանում են ուրցագեղձի և փայծաղի չափերը, նկատվում է լիմֆոպենիա: Մակերիկամների հեռացումից հետո կենդանիներին ճառագայթահարելու դեպքում նման փոփոխություններ օրգաններում չեն դիտվում: ճառագայթային ներգործության նկատմամբ միջնորդավորված ռեակցիային մասնակցում են նաև հիպոֆիզը, վահանագեղձը և այլ ներզատիչ գեղձեր:

Ճառագայթների միջնորդավորված ազդեցության հունորալ ճանապարհը ճառագայթային հիվանդության ժամանակ օրգանիզմում առաջացած թունավոր նյութերն են: Ըստ Պ.Դ. Գորիզոնտովի՝ «ռադիոտոքսիկներ»՝ (ճառագայթային թույներ), հասկացությունն իր մեջ ներառում է արյան, ավիշի, հյուսվածքային հեղուկի և այլ միջավայրերի կենսաբանական հատկությունների քանակական և որակական փոփոխությունները:

յունները, որոնք ճառագայթահարման հետևանք են և առաջացնում են ախտաբանական փոփոխություններ՝ խորացնելով ճառագայթային ախտահարումների ընթացքը: Գառագայթային հիվանդության որոշ փուլերում թունավոր գործոնների շարքին են դասվում միջնորդանյութերը (մեդիատորներ), հորմոնները, ֆերմենտները, նյութափոխանակության և հյուսվածքների քայքայման արգասիքները: Օրինակ՝ արյան մեջ ավելանում է ագետիլիտիկինի քանակը, որը, գրգռելով փսխման կենտրոնը, առաջացնում է փսխում, իսկ մակերիկամային հորմոնների արտադրման ավելացման հետևանքով լյարդում ավելանում է գլիկոգենի պարունակությունը և այլն:

Գառագայթների անմիջական և միջնորդավորված ազդեցության մեխանիզմների հետազոտության միջոցով հնարավոր է միջամտել ճառագայթային ախտահարման պրոցեսի ուժեղացման կամ թուլացման ընթացքին և այն կիրառել կենդանիների բուժման նպատակով:

Այսպիսով՝ իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությանը բնորոշ են հետևյալ օրինաչափությունները.

1. Կլանված էներգիայի ամենափոքր քանակությունն անգամ օրգանիզմում կամ առանձին օրգաններում ու հյուսվածքներում առաջացնում է լուրջ փոփոխություններ՝ հարվածելով բջջի ճառագայթազգայուն հատվածին՝ «թիրախին»:

2. Իոնացնող ճառագայթներն ազդում են ինչպես ճառագայթահարվող օրգանիզմների, այնպես էլ դրանց հետագա սերունդների վրա, քանի որ լուրջ փոփոխություններ են առաջանում դրանց ժառանգական համակարգում:

3. Իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությանը բնորոշ է գաղտնի (լատենտ) շրջան, այսինքն՝ ճառագայթային ախտահարումն ի հայտ է գալիս որոշ ժամանակ անց:

4. Կենդանական տարբեր օրգանիզմների, հյուսվածքների ու բջիջների ճառագայթազգայունությունը և ճառագայթադիմացկունությունը տարբեր են: Առաջին հերթին ախտահարվում են աճող հյուսվածքները, ուստի ճառագայթահարումն առավել վտանգավոր է հղի կանանց ու կենդանիների, պտղի և նորածինների օրգանիզմի համար: Գառագայթահարման հետևանքով ախտահարվում են օրգանիզմի բոլոր օրգան-համակարգերը:

5. Իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությանը բնորոշ է հետազդեցությունը, որը կարող է լինել երկարատև և անկառավարելի:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲԶՋԻ ՎՐԱ

Բջիջը բոլոր կենդանիի օրգանիզմների կառուցվածքաֆունկցիոնալ միավորն է: Այն միջավայրի տարբեր արտաքին և ներքին գրգիռներին պատասխանում է յուրահատուկ ռեակցիաներով՝ որպես միասնական ամբողջություն:

Բջջի բաղադրամասերը՝ բջջաթաղանթը, կորիզը, բջջապլազման և դրա մեջ գտնվող օրգանոիդներն ու ներառուկներն օժտված են տարբեր զգայունությամբ ճառագայթների մեծ ու փոքր դոզաների նկատմամբ, դրանցից յուրաքանչյուրը պատասխանում է յուրահատուկ ռեակցիայով:

Օրգանիզմի բջիջները նույնիսկ մեկ հյուսվածքի սահմաններում իոնացնող ճառագայթների նկատմամբ տարբեր զգայունություն ունեն, ինչը պայմանավորված է դրանց զարգացման փուլով, տարիքով և գործառական վիճակով: Բջջի բաղադրամասերը նույնպես օժտված են տարբեր զգայունությամբ: Առավել զգայուն է բջջի կորիզը: Ամեռքաների վրա կատարված փորձերը ցույց են տվել, որ երբ ճառագայթահարված ամեռքայի կորիզը փոխպատվաստում են չճառագայթահարված ամեռքային, վերջինս մահանում է, և ընդհակառակը, երբ ճառագայթահարված կորիզը փոխարինվում է չճառագայթահարված բջջի կորիզով, վերջինս չի մահանում: Այս և մի շարք այլ փորձերի արդյունքները վկայում են, որ բջջի ճառագայթահարումից առաջացած մահվան հիմնական պատճառը պետք է փնտրել կորիզի մեջ:

Բջջի կորիզի բարձր ճառագայթազգայունության մասին վրկայում են նաև Բ.Լ. Աստաուրովի փորձերը՝ կատարված ճառագայթահարված էզի և չճառագայթահարված արու շերամի որդի վրա: Բեղմնավորումից հետո էզի քայքայված կորիզի տեղը զբաղեցնում է սերմնաբջջի կորիզը: Երկու սերմնաբջիջների կորիզների միացումից զարգանում է արու որդ (անդրոգենեզի ֆենոմեն):

Ինչպիսի՞ փոփոխություններ են առաջանում բջջում իոնացնող ճառագայթների ազդեցության հետևանքով: Ապացուցված է, որ մինչև 10 Գր ճառագայթահարման դեպքում բջջում անմիջական ձևաբանական փոփոխություններ չեն առաջանում: Ըստ դոզայի մեծության՝ դրանք դրսևորվում են երկրորդ-երրորդ օրը: Ճառագայթահարումից հետո բջջապլազմայի մածուցիկությունը փոփոխվում է՝ փոքր դոզաներից այն իջնում է, բարձրի դեպքում՝ բարձրանում, արյան, ոսկրածուծի, լյարդի և այլ բջիջների վակուոլացում, բջջաթաղանթի թափանցելիու-

թյան բարձրացում, ինչի հետևանքով կալիումի իոնները դուրս են գալիս բջջից և դրանց փոխարեն ներթափանցում և կուտակվում են նատրիումի իոնները, առաջացնելով էրիթրոցիտների հեմոլիզ: Բարձրանում է ճառագայթաբեկումը, ինչը պայմանավորված է սպիտակուցների բնափոխմամբ:

Ճառագայթահարված բջիջներում նկատվում է կորիզի ուռչում և չափերի մեծացում, հետագայում փոխվում է կորիզի ձևը:

Ճառագայթահարման հետևանքով կարող է առաջանալ ԴՆԹ-ի մուլեկուլի տրոհում, քրոմոսոմների աբեռացիա: Կառուցվածքային խանգարումներին զուգընթաց կարող է փոփոխվել նաև ներբջջային օրգանոիդների թաղանթների ֆունկցիան, միտոքոնդրիումներում թուլանում է նյութափոխանակությունը, իջնում է էներգետիկ փոխանակությունը:

Ճառագայթահարման հետևանքով առաջացած բջջի աճի ու զարգացման փոփոխությունները զուգահեռ չեն ընթանում: Բջջի աճը, ծավալի մեծացումը ավելի քիչ է արտահայտվում, քան բազմանալու պրոցեսի փոփոխությունները: Ուստի այն հյուսվածքները, որոնցում նոր բջիջների առաջացումն ինտենսիվ է տեղի ունենում, ճառագայթահարման նկատմամբ առավել զգայուն են: Մեծ դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում բջջի զարգացման միտոզի փուլը դանդաղում է, այնուհետև կարող է լրիվ ընդհատվել:

Բջիջների միտոզի արգելակող մեխանիզմը չափազանց բարդ է, քանի որ այժմ դեռ ուսումնասիրված չեն առողջ բջիջներում միտոզ առաջացնող պրոցեսները: Ճառագայթահարման հետևանքով առաջացած բջիջների բաժանման խանգարումների պատճառները բացատրում են հետևյալ վարկածներով.

ա) միտոզը խթանող նյութերի քայքայումը. ճառագայթահարման ժամանակ բջջում կուտակվում են նյութեր, որոնք քայքայվում են, և բջիջների կիսվելու ինտենսիվությունը նվազում է,

բ) բջջաթաղանթի և կորիզաթաղանթի թափանցելիությունը մեծանում է (հատկապես էլեկտրոլիտների նկատմամբ), խախտվում է բջջի ձևը և կիսվելու ընդունակությունը,

գ) բջիջների կիսումն արգելակող նյութերի կուտակումը: Ճառագայթահարման ժամանակ ադենոզինեոֆոսֆատազ ֆերմենտը քայքայվում է, և բջջում ԱՏՖ-ի քանակն ավելանում է՝ կասեցնելով բջջի կիսման պրոցեսը,

դ) նուկլեինաթթուների սինթեզի խանգարումը. հայտնի է, որ քրոմոսոմների հիմնական բաղադրամասերը նուկլեինաթթուներն են:

Միտոզի ժամանակ քրոմոսոմների թիվը կրկնապատկվում է, հետևաբար՝ ավելանում է պահանջը նուկլեինաթթուների նկատմամբ: Ճառագայթահարումն առաջացնում է ԴՆԹ-ի սինթեզի արգելակվում բջջում, սակայն որոշ ժամանակ անց միտոզը վերականգնվում է,

ե) քրոմոսոմների վնասումը. ճառագայթահարված բջջի մահվան պատճառներից մեկը քրոմոսոմների կառուցվածքի վնասումն է: Հյուսվածաբանական հետազոտությունների ժամանակ նման փոփոխությունները դիտվում են քրոմոսոմային խտորումների ձևով: Այդպիսի վնասված բջիջների հաշվումը օրգանիզմի ճառագայթահարման քանակական գնահատման հիմնական մեթոդն է:

ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ճառագայթազգայունությունը տարբեր տեսակի կենդանիների և նույնիսկ նույն տեսակի տարբեր առանձնյակների մոտ տարբեր է, ինչը պայմանավորված է տարիքով, սեռով, գիրությամբ, մթերատվությամբ, ֆիզիոլոգիական վիճակով և այլ գործոններով:

Կենդանիների ճառագայթազգայունության արտահայտման համար գոյություն ունեն մեծություններ՝ ՄԴ 50/30 և ՄԴ 100/30 (ՄԴ - մահացու դոզա): Դրանք ճառագայթահարման այն նվազագույն դոզաներն են, որոնք 30 օրվա ընթացքում՝ համապատասխանաբար 50 և 100 % ճառագայթահարված կենդանիների մոտ առաջացնում են մահ:

Կենդանիների ճառագայթազգայունության տեսակային տարբերության պատճառները բացատրել առայժմ չի հաջողվում: Նույնիսկ ոչ մի վարկած չկա այդ հարցի վերաբերյալ: Սակայն ակնհայտ է, որ ճառագայթահարման նկատմամբ կաթնասուն կենդանիները և մարդը առավել ճառագայթազգայուն են, քան թռչունները, ձկները և երկկենցաղները, առավել ևս փափկամարմիններն ու միաբջիջ օրգանիզմները: Օրինակ՝ միջատները 100 անգամ ավելի քիչ զգայուն են, քան կաթնասունները, իսկ առնետները 5 անգամ ավելի զգայուն են, քան աղավնիները (աղ. 10):

Տարբեր ճառագայթազգայունությամբ են օժտված նաև օրգանիզմի տարբեր օրգաններն ու հյուսվածքները: Հյուսվածքների ճառագայթազգայունությունը բնութագրվում է գործառնակենսաքիմիական և ձևաբանական հատկանիշներով: Ըստ հետճառագայթահարման ձևաբանական փոփոխությունների զարգացման հատկանիշների՝ օրգանները բաժանվում են երեք խմբի.

Կենդանիների ճառագայթազգայունության սանդղակ.
ճառագայթման մահացու դոզաները, Գր

Կենդանու տեսակը	ՄԴ 50/30	ՄԴ 100/30
Ծովախոզուկ	1,5 – 3,0	4,0 – 6,0
Ոչխար	1,5 – 4,0	5,5 – 7,5
Գառ՝ 1-3 ամսական	1,5 – 3,0	6,0
Կով	1,6 – 5,5	6,5
Հորթ՝ 1-5 ամսական	2,0 – 5,5	8,0
Այծ	2,5	8,0
Շուն	2,0 – 3,5	4,0 – 5,0
Ուղտ	2,5 – 4,0	6,0
Մարդ	2,5 – 5,5	4,0 – 6,0
Կապիկ	2,5 – 6,5	8,0
Խոզ	2,5 – 3,0	4,5
Խոճկոր՝ 1-2 ամսական	2,5 – 6,0	–
Ձի	3,5 – 4,0	5,0 – 6,5
Ավանակ	4,0 – 5,0	5,8 – 7,8
Մուկ	4,6 – 7,5	7,0
Առնետ	5,0 – 7,0	10,0
Գորտ	7,0	–
ճագար	10,0 – 13,0	14,0
Թռչուն	8,0 – 20,0	–
Ձուկ	8,0 – 20,0	–
Կրիա	15,0	–
Միջատներ	10,0 – 100,0	–
Ամեռքա	100,0	–
Օձ	80,0 – 200,0	–
Բույսեր	10,0-1500,0	

1. **ճառագայթազգայուն օրգաններ՝** ավշահանգույցներ, ստամոքսաաղիքային ուղու ավշային ֆոլիկուլներ, կարմիր ոսկրածուծ, ուրցագեղձ, փայծաղ, սեռական գեղձեր: Ձևաբանական նկատելի փոփոխություններ դրանցում առաջանում են 0,25 Գր (25 Ռ) դոզայով ճառագայթահարման ժամանակ:

2. **Չափավոր ճառագայթազգայուն օրգաններ՝** մաշկ, աչքեր:

3. Ճառագայթահարման նկատմամբ կայուն, ռեզիստենտ օրգաններ՝ լյարդ, թոքեր, երիկամներ, ուղեղ, սիրտ, ոսկրեր, ջլեր, նյարդացողուններ: Դրանցում առաջնային ձևաբանական փոփոխություններ դիտվում են 1 Գր (100 Ռ) և բարձր դոզայով ճառագայթահարելուց հետո:

Ամենաբարձր ռադիոկենսաբանական էֆեկտը գրանցվում է օրգանիզմի հավասարաչափ ճառագայթահարման դեպքում: Մարմնի փոքր հատվածի էկրանավորումը (պաշտպանում) բարձրացնում է օրգանիզմի կայունությունը ճառագայթման նկատմամբ: Օրինակ՝ եթե 200-250 գ կենդանի զանգված ունեցող փորձնական առնետի մակերիկամները՝ 20-25 մգ զանգվածով, էկրանավորեն և առնետին ճառագայթեն մահացու դոզայով, ապա փորձնական առնետը կմնա կենդանի, իսկ ստուգիչը՝ կմահանա:

Բույսերը, կենդանիների համեմատ, առավել ճառագայթակայուն են: Փոքր դոզաներով ճառագայթահարումը կարող է խթանել բույսերի կենսագործունեությունը, սերմերի աճը, կանաչ զանգվածի ավելացումը: Այն կիրառվում է գյուղատնտեսությունում՝ բույսերի բերքատվության բարձրացման նպատակներով, ինչպես նաև անասնակերերի խթանման համար: Սակայն բույսերի առանձին տեսակների ճառագայթագայունությունը ևս շատ տարբեր է: Փորձերը հաստատել են, որ ջրիմուռները ճառագայթման նկատմամբ բավական կայուն են: Դրանք շարունակում են աճել ու զարգանալ ատոմային և ջրածնային զենքերի փորձարկումներից հետո՝ այնպես, ինչպես սովորական պայմաններում: Առավել ճառագայթազգայուն են լոբազգիները, արմատապալարապտուղները և այլ բույսեր:

Մեծ դոզաները (20 000 - 40 000 Ռ) վնասում են բույսերը՝ առաջացնելով այլասերումներ և շեղումներ:

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը կիրառվում է մրգերի ու բանջարեղենի ճառագայթային պահածոյացման տեխնոլոգիայում, ինչպես նաև վնասատուների դեմ պայքարի նպատակով:

Փորձերը ցույց են տվել, որ ծեր և երիտասարդ օրգանիզմներն առավել ճառագայթազգայուն են, քան սեռահասուն օրգանիզմները, քանի որ վերջիններիս մոտ լիովին ձևավորվել են կենսական գործընթացների կարգավորման մեխանիզմները, և վերականգնման պրոցեսներն ընթանում են բնականոն ձևով: Ուստի բուժման նպատակով երիտասարդ և ծեր կենդանիներին կամ մարդկանց ճառագայթահարելիս սեռահասունների համեմատ 20 %-ով ավելի փոքր դոզա պետք է

կիրառել: ճառագայթազգայունության տարբերությունը հիմնականում պայմանավորված է կենդանիների ու բույսերի զարգացման աստիճանով, կարգավորիչ մեխանիզմների բարդ գործունեությամբ և նյութափոխանակության ուժգնությամբ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅԱՐԴԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՎՐԱ

Նյարդային համակարգի բարձր զգայունությունը իոնացնող ճառագայթների նկատմամբ գիտնականները ապացուցել են 20-րդ դարի սկզբին:

Ի.Ռ. Թարխանովը (1896), ուսումնասիրելով ռենտգենյան ճառագայթների ազդեցությունը գորտի շարժողական ակտիվության վրա, նկատել է ռեֆլեքսի ժամանակի երկարում: Այնուհետև, էկրանավորելով կենդանուն, ճառագայթահարել է միայն մեկ թաթը. այս դեպքում տեղային ճառագայթահարումը չի առաջացրել ռեֆլեքսի ժամանակի երկարում: Ըստ այդմ՝ նա եզրակացրել է, որ շարժողական ռեֆլեքսի ժամանակի երկարումը ռենտգենյան ճառագայթների ներգործության հետևանքն է կենտրոնական նյարդային համակարգի վրա:

Ե.Ս. Լոնդոնը (1903, 1904) փորձերով հաստատել է, որ ռադիումով մկների գլխի ճառագայթահարումն առաջացնում է մեծ կիսազոդերի կեղևի ֆունկցիոնալ (դանդաղկոտություն, թերլուծանք, լուծանք) և ձևաբանական փոփոխություններ:

Մ.Օ. Ժուկովսկին (1903) հայտնաբերել է, որ ռադիումի ճառագայթները նախ առաջացնում են ուղեղի կեղևի դրդումային պրոցեսների բարձրացում, իսկ հետո՝ իջեցում:

Նշված հետազոտողները նկատել են նաև, որ երիտասարդ կենդանիների նյարդային համակարգի ճառագայթազգայունությունը, լիատարիք կենդանիների համեմատ, ավելի բարձր է:

Ծայրամասային նյարդային համակարգը ձևաբանական հատկանիշներով օժտված է բարձր ճառագայթադիմացկունությամբ (ռադիոռեզիստականություն):

Տևական ուղղակի ճառագայթահարման հետևանքով մեկուսացված ծայրամասային նյարդացողունում առաջանում է կենսամերձ (պարաբիոտիկ) վիճակ: Ճառագայթահարումից հետո նախ բարձրանում է նյարդի դրդելիությունը և հաղորդելիությունը, կրճատվում է անդրդելիության շրջանը, այնուհետև դրդելիությունը և հաղորդելիությունը իջնում է, անդրդելիության ժամկետը երկարում է, իսկ հետո

նյարդի հաղորդելիությունը անկում է: Գորտի նյարդի հաղորդելիության անկում դիտվում է 3 կԳր դոզայով ճառագայթահարման դեպքում, իսկ ճագարի մոտ՝ 0,45 կԳր:

Կենդանիների ընդհանուր արտաքին ճառագայթահարման հետևանքով **վեգետատիվ նյարդային համակարգում** տեղի ունեցող փոփոխությունները հաստատվել են էլեկտրաֆիզիոլոգիական հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա: Ճառագայթահարման հետևանքով էական փոփոխության են ենթարկվում վեգետատիվ նյարդավորման նախահանգույցային, հետահանգույցային նեյրոնների, հանգույցների, միջնորդանյութերի և վեգետատիվ կենտրոնների ռեակցիաները: Կախված կենդանիների ճառագայթահարման դոզայից խախտվում են ջերմակարգավորման մեխանիզմները՝ ջերմարտադրության և ջերմատվության աստիճանը:

Ճառագայթահարման նկատմամբ **կենտրոնական նյարդային համակարգի** տարբեր բաժինների ռեակցիաներն ունեն ինչպես ընդհանուր, այնպես էլ յուրահատուկ բնույթ: Ուղեղի կեղևի և ենթակեղևի կենտրոնների փոխազդեցության խանգարումները, ինչպես նաև կենտրոնածայրամասային տեղաշարժերը մեծ դեր են խաղում ճառագայթային հիվանդության զարգացման գործընթացում:

Ճառագայթային ներգործության հետևանքով ամենավաղ դրսևորվող ռեակցիան կենտրոնական նյարդային համակարգի կենսաէլեկտրական ակտիվության փոփոխությունն է: Ծագարների գլխուղեղի կեղևում նման փոփոխություններ առաջանում են 0,05 Ռ ($5 \cdot 10^{-4}$ Գր) դոզայով ընդհանուր ճառագայթահարման հենց առաջին վայրկյանին:

Նյարդային համակարգի ճառագայթազգայունության շեմքային դոզաների և ֆունկցիոնալ ու ձևաբանական ծանր խանգարումներ առաջացնող դոզաների տարբերությունը չափազանց մեծ է: Նյարդային համակարգի նշված յուրահատկությունը իոնացնող ճառագայթների նկատմամբ արտացոլվում է հետևյալ բանաձևում. նյարդային համակարգն օժտված է բարձր ճառագայթազգայունությամբ, միաժամանակ ճառագայթների ներգործության դեպքում՝ բարձր պլաստիկությամբ (հարմարվողականությամբ) և փոխհատուցման ընդունակությամբ: Նյարդային համակարգը ձևաբանական տեսանկյունով ճառագայթակայուն է, իսկ ֆունկցիոնալ տեսակետից՝ ճառագայթազգայուն: Այսպիսով՝ կենտրոնական նյարդային համակարգի ռեակցիաները ճառագայթների ազդեցությամբ արտահայտվում են յուրահատուկ և ոչ յուրահատուկ ռեակցիաներով:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆԵՐՁԱՏԱԿԱՆ ԳԵՂՁԵՐԻ ՎՐԱ

Ներգատական համակարգը սերտորեն կապված է նյարդային համակարգի հետ ենթատեսաթմբի (հիպոթալամուս) միջոցով, որի նյարդագատուկային բջիջները զբաղեցնում են միջանկյալ տեղ նյարդաբջիջների և ներգատական բջիջների նկատմամբ:

Ներգատական գեղձերի ճառագայթազգայությունը հիմնականում միջնորդավորված ռեակցիա է, և իրականացվում է ռեֆլեկտոր ճանապարհով: Այդ օրինաչափությունից բացառություն կարող է կազմել վահանագեղձի ախտահարումը, երբ այն ենթարկվում է յոդի ռադիոակտիվ իզոտոպների ամնիջական ներգործությանը:

Վահանագեղձ: ճառագայթների ազդեցությամբ վահանագեղձի առաջնային ռեակցիան բնութագրվում է դրա ֆունկցիայի ակտիվությամբ, որից հետո, կախված ճառագայթահարման դոզայից և պայմաններից, այն վերադառնում է բնականոն վիճակին կամ նվազում է: Կենդանիներին ենթամահացու դոզաներով ընդհանուր ճառագայթահարման դեպքում դիտվում է վահանագեղձի հարաբերական զանգվածի նվազում, ավելանում է խոշոր տրամաչափի ֆոլիկուլների քանակը, առաջանում են կազմալուծական (դեստրուկտիվ) փոփոխություններ, մկանային հյուսվածքում ավելանում է թիրոքսինի քանակությունը, արագանում է դրա արտազատումը լյարդից: Հետագայում կարող են զարգանալ վահանագեղձի ուռուցքներ:

Հիպոֆիզ: ճառագայթահարումից հետո հիպոֆիզի կառուցվածքի և ֆունկցիայի առաջացած փոփոխությունները ուսումնասիրված են տարբեր կենդանիների մոտ: ճառագայթահարման սկզբնական շրջանում հիպոֆիզի ադրենալեդևահակ ֆունկցիան բարձրանում է, հետագայում՝ իջնում: Ենթամահացու դոզաներով ճառագայթահարումը ուժեղացնում է թիրեո- և գոնադոտրոպ ֆունկցիան, իսկ մահացու դոզաները կտրուկ իջեցնում են հիպոֆիզի հորմոնային ակտիվությունը:

Սակերիկամներ: Սակերիկամների ռեակցիաները ճառագայթահարման նկատմամբ բոլոր կենդանիների մոտ միատիպ են: ճառագայթահարումից հետո սկզբնական ժամանակաշրջանում (ժամեր, օրեր) նկատվում է մակերիկամների հյութազատության ուժեղացում, մակերիկամների զանգվածի, կեղևային և ուղեղային գոտիների փոփոխություններ, փոքրանում է ճարպանման նյութերի քանակությունը, ավելանում է ֆոսֆատազի և պրոտեոլիտիկ ֆերմենտների ակտիվությունը:

ճառագայթային ախտահարման սուր շրջանում նկատվում է մակերիկամների ֆունկցիոնալ ակտիվության բարձրացում, իսկ հետագայում կեղևային և ուղեղային նյութերի հյուսվածություն և ատրոֆիկ պրոցեսների զարգացում (ապաճում):

ՍԵՌԱԿԱՆ ԳԵՂՁԵՐ: Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը բազմացման օրգանների և սերնդի վրա պայմանավորված է դոզայով և այլ գործոններով: Սեռահասուն շրջանում դիտվում է սեռական որոշ տարբերություն: Էգերի մոտ սեռական ցիկլի տարբեր փուլերում ճառագայթազգայունությունը նկատելիորեն իջնում է, ինչը պայմանավորված է սեռական հորմոնների պաշտպանիչ ազդեցությամբ: Մինչև ճառագայթահարումը իգական սեռական հորմոնների ներարկումը որոշակի պաշտպանիչ ազդեցություն է ունենում ինչպես էգերի, այնպես էլ արուների մոտ: Սեռական գեղձերի ճառագայթահարումը բացասական ազդեցություն է ունենում հատկապես դրանց գեներատիվ (զամետոգենեզ) ֆունկցիայի և համեմատաբար ավելի քիչ՝ հորմոնային գործունեության վրա:

Ամորֆիների ճառագայթային ախտահարում առաջանում է կենդանիների ընդհանուր արտաքին և գեղձերի տեղային ճառագայթահարման ժամանակ: Դրանց փոփոխությունների աստիճանը կախված է հիմնականում ճառագայթահարման դոզայից և բնույթից: Փոքր դոզաները ամորֆներում կառուցվածքային փոփոխություններ չեն առաջացնում: Մեծ դոզաներով 500 Ռ (5 Գր) և ավելի տեղային ճառագայթահարման ժամանակ նկատվում է դրանց չափերի փոքրացում և սերմնագոյացման էպիթելի մեռուկացում:

Խոյերի մոտ ճառագայթային հիվանդության միջին աստիճանի ծանրության դեպքում վերարտադրողական ֆունկցիան վերականգնվում է առաջին 3-4 ամիսների ընթացքում, իսկ հիվանդության ծանր աստիճանի դեպքում՝ ավելի երկար ժամանակամիջոցում: Այդպիսի խոյերից ստացված գառները լինում են ոչ կենսունակ:

Ամորֆների հետճառագայթային փոփոխություններ առաջանում են նաև այլ կենդանիների մոտ: Այսպես՝ վարազների մոտ միջին ծանրության ճառագայթային հիվանդության ժամանակ առաջին երկու շաբաթների ընթացքում սեռական ակտիվությունը չի նվազում: Այնուհետև աստիճանաբար ընկնում է սերմնահեղուկի (սպերմա) որակը, ինչը վերականգնվում է միայն չորրորդ ամսում:

Ցուլիկների մոտ 400 Ռ (4 Գր) դոզայով ճառագայթահարման դեպքում ամորֆների ֆունկցիայի փոփոխություն չի դիտվում: Ավելի

մեծ դոզաներն առաջացնում են ամորձիների ձևաբանական փոփոխություններ և սերմնագոյացման ընկճում: Ամորձիների ֆունկցիայի վերականգնումը դանդաղ է ընթանում:

Աքադաղների սեռական ֆունկցիան 600 Ռ (6 Գր) դոզայի դեպքում չի փոփոխվում, իսկ փոքր դոզաները խթանում են ամորձիների աճը:

Երիտասարդ, ոչ սեռահասուն կենդանիների (կաթնասուններ և թռչուններ) սերմնարաններն ավելի զգայուն են ճառագայթահարման նկատմամբ, քան սեռահասունները: Արուների բազմակի ճառագայթահարումը զգալիորեն խորացնում է սերմնարանների ախտահարման ընթացքը, երկարացնում է վերականգնման ընթացքը, ընդ որում՝ արուների մեծ մասը դառնում է անպտուղ: Քրոնիկ ճառագայթային ներգործությունը սովորաբար սեռական գեղձերում առավել արտահայտված փոփոխություններ է առաջացնում, քան դրա գունարային դոզայի միանվագ ներգործությունը: Քանի որ սերմնարանների ռեակցիան առավել արտահայտված է կրկնակի, բազմակի և քրոնիկական ճառագայթային ներգործության նկատմամբ, ապա դրանք դասում են կրիտիկական, վտանգավոր օրգանների շարքին, որոնցում տեղի է ունենում ճառագայթային ախտահարման կուտակում (կումուլյացիա):

Չվարանների ճառագայթային ախտահարում: Երիտասարդ և սեռական հասունացման շրջանում գտնվող կենդանիների ձվարաններն առավել ճառագայթազգայուն են, քան սեռահասուններինը: Վերջինների մոտ ճառագայթազգայունությունը կախված է գեղձերի ֆունկցիոնալ ակտիվությունից: Օրինակ՝ ձվարանների ճառագայթահարումը ֆոլիկուլների հասունացման շրջանում ավելի շատ փոփոխություններ է առաջացնում, քան դեղին մարմնի աճի ու զարգացման շրջանում: Այդ տարբերությունները պարզորոշ նկատվում են ածան և ձվից կտրված հավերին ճառագայթահարելիս:

Չվարանների կեղևային շերտում պարունակվում են մեծ քանակությամբ սեռական բջիջներ: Կեղևային նյութի արտաքին շերտում գետեղված են առաջնային ֆոլիկուլները, որոնցում պարունակվում են երիտասարդ սեռական բջիջներ՝ առաջին կարգի օոցիտներ: Ֆոլիկուլների զարգացմանը զուգընթաց՝ առաջին կարգի օոցիտները վերածվում են 2-րդ կարգի օոցիտների, այնուհետև՝ հասունացած ձվաբջիջների: Գործող ձվարանի բջիջներն, ըստ ճառագայթազգայունության նվազման աստիճանի, կարելի է դասավորել հետևյալ հերթականությամբ՝ երկրորդ կարգի օոցիտներ, հատիկավոր շերտի բջիջներ,

առաջին կարգի օնցիտներ, հասունացած ձվաբջիջներ, երկրորդային և առաջնային ֆոլիկուլների էպիթել, դեղին մարմին, անոթների էնդոթել, գեղձի հենք (ստրոմա) և ծածկույթային էպիթել:

Էգերի ընդհանուր ճառագայթահարման ժամանակ առաջանում են սեռական ցիկլի փոփոխություններ, որոնց աստիճանը և ուղղվածությունը կախված է ներգործության դոզայից: Գյուղատնտեսական կենդանիների համար վնասվածք առաջացնող դոզան 150 Ռ (1,5 Գր) է:

Էգերին միանվագ կիսամահացու և ավելի բարձր դոզաներով ճառագայթահարելուց հետո ձվարանների վնասվածությունը բոլոր կենդանիների մոտ միատիպ է: Նախ դիտվում են գեղձի ճառագայթազգայուն հյուսվածքային տարրերի՝ հասունացած ֆոլիկուլների, այնուհետև նաև առաջնային ֆոլիկուլների ու այլ բջջային տարրերի վնասում և մեռուկացում:

Ներքին ճառագայթահարման ժամանակ նախ դիտվում է սեռական գեղձերի ֆունկցիայի ակտիվացում, հետո ախտաբանական պրոցեսների զարգացում:

***ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶՐԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍԱՂՄԻ,
ՊՏՂԻ ԵՎ ՀՂԻՈՒԹՅԱՆ ԸՆԹԱՑՔԻ ՎՐԱ***

Օրգանիզմի և առանձին օրգանների զգայունությունը ճառագայթահարման նկատմամբ պայմանավորված է անհատական զարգացման շրջանից: Գառագայթազգայունությունը փոփոխվում է կենդանու կյանքի ամբողջ ընթացքում: Սկսած սաղմնայինից մինչև սեռահասուն շրջանը օրգանիզմի և օրգանների ճառագայթազգայունությունն աստիճանաբար նվազում է, միջին տարիքում կայունանում, իսկ ծերության շրջանում նորից բարձրանում:

Ներարգանդային զարգացման ընթացքում ռեակցիան ճառագայթահարման նկատմամբ և դրա հետևանքները մեծապես կախված են օրգանիզմի զարգացման փուլից: Տարբերում են կենդանիների օրգանիզմի ներարգանդային զարգացման հետևյալ փուլերը.

1. Սաղմնային փուլ, երբ կազմավորվում և զարգանում են բոլոր օրգան-համակարգերը: Դրա տևողությունը կովերի մոտ 34 օր է, ոչխարների մոտ՝ 28, խոզերի մոտ՝ 21:

2. Նախապտղային փուլ, որը կովերի մոտ տևում է հղիության 35-րդ օրից մինչև 60-րդ օրը, ոչխարների մոտ՝ 29-րդից մինչև 45-րդ օրը, խոզերի մոտ՝ 22-րդ օրից մինչև 30-րդ օրը: Այդ շրջանում ձևավորվում է

աճառային կմախքը, որոշվում է սեռը, սկսվում է կմախքի ոսկրացումը:

3. Պտղային շրջան, որը բնութագրվում է պտղի աճով և տեսակային, ցեղային ու անհատական յուրահատկությունների զարգացմամբ:

Բեղմնավորումից հետո ինչքան շուտ էզը ենթարկվի ճառագայթահարման, այնքան մեծ կլինի պտղի մահացության կամ դրա անկանոն զարգացման հավանականությունը: Գոյություն ունեն ճառագայթազգայունության տեսակային տարբերություններ, որոնք հիմնականում պայմանավորված են հղիության տևողությամբ: Ենթամահացու դոզաներով ճառագայթահարումը հղիության առաջին օրերին՝ մինչև սաղմի ներպատվաստումը, նպաստում է մահացությանը (70-80 %): Սաղմնային շրջանում տեղի է ունենում օրգանների առաջացում, ուստի որպես ճառագայթահարման հետևանք՝ հաճախ դիտվում է այլանդակություն և այլ անոմալիաներ: Հղիության վերջին շրջանում ճառագայթահարումն առաջացնում է պտղի սուր ճառագայթային հիվանդություն, որի հետևանքով նորածնի մոտ դանդաղում են աճն ու զարգացումը, նկատվում է սակավարյունություն, լեյկոպենիա, արյունազեղումներ: Պտղի և նորածնի մահացության հիմնական պատճառ կարող են դառնալ արյունաստեղծման խանգարումները:

Ռադիոնուկլիդները, թափանցելով օրգանիզմ, առաջացնում են ներքին ճառագայթահարում: Հղիության ընթացքի և պտղի զարգացման բնույթը որոշվում է ճառագայթային ախտահարման աստիճանով: Սուր ճառագայթային հիվանդության դեպքում տեղի են ունենում հղիության ընդհատում և վիժումներ:

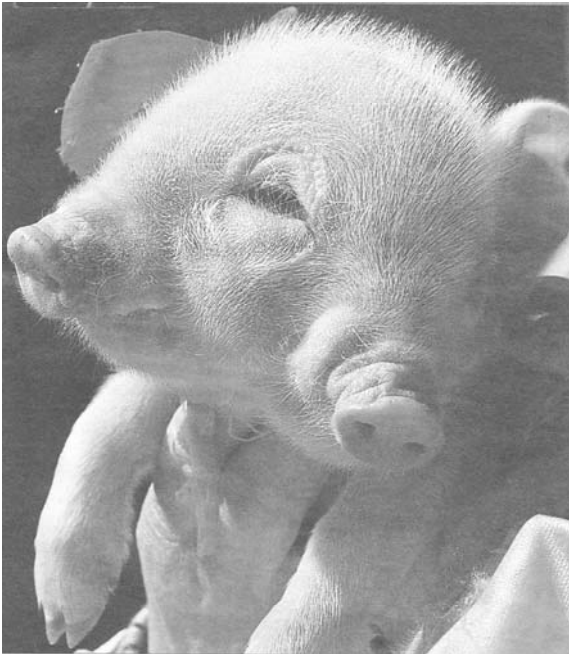
Հղիության ընթացքի և սաղմի վրա ուժեղ ազդեցություն են գործում յոդի ճառագայթաակտիվ իզոտոպները, որոնք օժտված են կենսաբանական բարձր ակտիվությամբ: Դրանք հեշտությամբ թափանցում են ընկերքով և հավասարապես բաշխվում պտղի հյուսվածքներում, հատկապես վահանաձև գեղձում: Նորածինների մոտ վահանագեղձային յոդի քանակությունը երեք անգամ գերազանցում է մոր վահանագեղձային յոդի քանակը:

Ռադիոակտիվ յոդ-131-ը ունի սաղմի ախտահարման բարձր ակտիվություն, որը պահպանվում է հղիության ամբողջ ընթացքում:

Բարձր ակտիվությամբ է օժտված նաև ստրոնցիում-90-ը, որը, մինչև հղիությունը կամ հղիության ընթացքում թափանցելով մոր օրգանիզմ, հեշտությամբ անցնում է ընկերքով և կուտակվում պտղի կմախքում: Ստրոնցիումն առաջացնում է սաղմի մահացություն կամ

թերզարգացվածություն:

Ճառագայթային հիվանդության քրոնիկ ընթացքի դեպքում կենդանիների վերարտադրողական ֆունկցիան կարող է չխանգարվել, կենդանիները կարող են բազմանալ, սակայն դրանց սերնդի զարգացումը, սաղմնային շրջանից մինչև սեռահասունությունը, կախված է լինելու ծնողների առողջական վիճակից: Եթե ծնողները լրիվ առողջացել են և դրանց սեռական բջիջներում մուտացիա տեղի չի ունեցել, ապա այդ կենդանիները կարող են լիարժեք սերունդ տալ: Իսկ եթե մեկ կամ մի քանի օրգանների կառուցվածքի և ֆունկցիայի լրիվ վերականգնում տեղի չի ունեցել, ապա սերնդի մոտ հիմնականում դիտվում են ձևաբանական, ֆունկցիոնալ, կենսաքիմիական, իմունաբանական թերություններ, ծնվում են մուտանտներ (նկ. 26):



Նկ. 26. Խոճկոր (մուտանտ է, ունի երկու դունչ, երկու երախ և երեք աչք):

Ռադիոնուկլիդներով վարակված մայրերից ստացված սերնդի մոտ

ճառագայթահարման փոփոխություններն ավելի ուժեղ են արտահայտված, քան այն սերունդների մոտ, որոնք ստացվել են արտաքին ճառագայթաման ենթարկված մայրերից, քանի որ ռադիոնուկլիդները սերնդին փոխանցվելու են մահ մոր կաթի հետ: Ընդ որում՝ կաթի միջոցով դրանք ավելի շատ են փոխանցվում, քան ընկերքի միջոցով, քանի որ մի շարք իզոտոպների քանակությունը կաթում մի քանի անգամ ավելի բարձր է, քան արյան պլազմայում: Այսպես՝ կովի կաթում ստրոնցիումի խտությունը 5-10 անգամ, իսկ յոդինը՝ 12 անգամ բարձր է, քան արյան պլազմայում, ուստի պտղի ճառագայթահարվածությունը նույնպես բարձրանում է:

Ճառագայթահարումից հետո ստացված սերնդի լիարժեքությունը կարող է հայտնաբերվել միայն օրգանիզմի ֆունկցիոնալ բեռնվածության դեպքում՝ հղիության, բարձր և ցածր ջերմության, ֆիզիկական լարված աշխատանքի և այլ գործոնների դեպքում:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՅՈՒՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆ ԱՐՅԱՆ և ԱՐՅՈՒՆԱՍՏԵՂԾ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Արյունաստեղծ բջիջների ճառագայթազգայունությունը շատ տարբեր է: Հեղինակների մի մասը պնդում է, որ առավել ճառագայթազգայուն են էրիթրոբլաստային բջիջները, մյուսները՝ առաջին տեղն են տալիս միելոիդային շարքի բջիջներին և մեգակարիոցիտներին:

Ճառագայթազգայնության մակարդակը կախված է կենդանու տեսակից: Օրինակ՝ թռչունների մոտ այն ցածր է: Հավերի արյունաստեղծ համակարգը կառուցվածքային և ֆունկցիոնալ առումով տարբերվում է կաթնասունների համապատասխան համակարգից: Այսպես՝ հավի ծտերի մոտ էրիթրոցիտագոյացումը տեղի է ունենում անոթների ներսում, իսկ միելոցիտագոյացումը՝ անոթներից դուրս: Հավերը չունեն ավշային գեղձեր, ավշանման (լիմֆոիդ) հյուսվածքը գտնվում է աղիքների պատի ֆաբրիցային պայուսակում՝ լիմֆոֆոլիկուլների ձևով:

Հավերի արյան բոլոր ձևավոր տարրերը կորիզավոր են, էրիթրոցիտները չափսերով մեծ են, սակայն քիչ են քանակությամբ: Դրանց արյան մեջ չկան նեյտրոֆիլներ, բայց կան կեղծ էոզինոֆիլներ: Բացահայտված են մահ մի շարք կենսաքիմիական առանձնահատկություններ:

Իոնացնող ճառագայթների ներգործության հետևանքով արագ

փոփոխվում է արյունաստեղծ համակարգը և ծայրամասային արյան պատկերը: ՄԴ 50/30 - ՄԴ 100/30 դոզաներով ընդհանուր ճառագայթահարման ժամանակ կենդանիների մոտ առաջանում է տիպիկ արյունաստեղծային համախտանիշ, որը բնութագրվում է արյան ձևավոր տարրերի քանակի նվազմամբ:

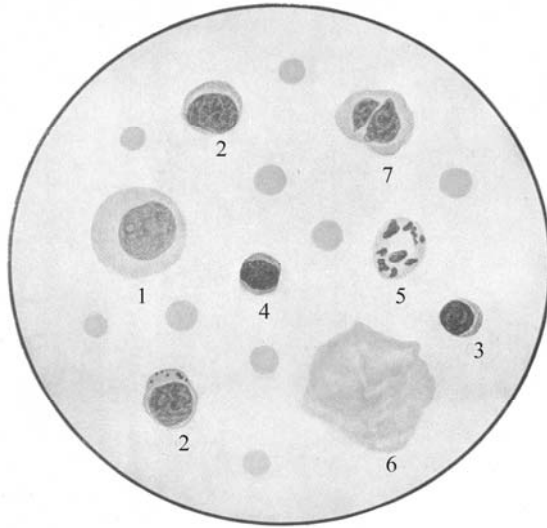
Ճառագայթահարման նկատմամբ բնորոշ ռեակցիա է *լեյկոցիտների* թվի փոփոխությունը: Ռենտգենյան ճառագայթների միջին մահացու և ավելի դոզաներով ճառագայթահարելիս առաջին ռոպեների, ժամերի ընթացքում լեյկոցիտների թիվը աննշան նվազում է: Այդ շրջանում տեղի են ունենում լեյկոցիտների լյումինեսցենտային գունային փոփոխություններ, որոնք վկայում են բջջում տեղի ունեցող նուկլեինային փոխանակության փոփոխությունների մասին: 6-8 ժամ հետո լեյկոցիտների քանակը աճում է 10-15 %-ով (ելակետային թվի համեմատ): Օրվա վերջում լեյկոցիտների քանակը կտրուկ նվազում է և այդ մակարդակում պահպանվում երկար ժամանակ:

Կենդանիների մահացու դոզաներով ճառագայթահարումից 2-3 շաբաթ հետո լեյկոցիտների թիվը նվազում է երեք և ավելի անգամ: Վերականգնողական շրջանը, որի ընթացքում լեյկոցիտների թիվը հասնում է ելակետայինին, կազմում է 2-3 ամիս:

Ծայրամասային արյան մեջ լեյկոցիտների ընդհանուր թվի փոփոխությունը (ճառագայթների ներգործությունից 1-2 ժամ հետո) վեգետատիվ-անոթային ռեակցիայի հետևանք է, քանի որ այդ շրջանում բջիջների մահացությունն աննշան է, և դա չի կարող կտրուկ ազդեցություն ունենալ լեյկոցիտների ընդհանուր թվի վրա: Լեյկոցիտների ընդհանուր թվի հետագա փոփոխությունը կապված է ոսկրածուծի արյունաստեղծ ֆունկցիայի խանգարումների հետ:

Ճառագայթահարումն առաջացնում է փոփոխություններ լեյկոցիտային բանաձևում, այսինքն՝ լեյկոցիտների տարբեր ձևերի տոկոսային հարաբերությունում:

Լեյկոցիտների բջիջներից առավել ճառագայթազգայուն են *լիմֆոցիտները*, ուստի դրանց քանակի փոփոխությունները դիտվում են որպես ճառագայթային ախտահարման աստիճանի օբյեկտիվ ցուցանիշ: Ճառագայթների ներգործության նկատմամբ տարբեր տեսակի լիմֆոցիտների (փոքր, միջին և մեծ) զգայունության աստիճանը նույնն է: Առողջ կենդանիների արյան մեջ լիմֆոցիտների կյանքի տևողությունը մի քանի ժամից մինչև 1-2 օր է (նկ. 27):



Նկ. 27. 1. Լիմֆոբլաստ, 2, 3. միջին և փոքր լիմֆոցիտներ, 4. լիմֆոցիտների պիկնոզ, 5. կարիորոքսիս, 6. ցիտոլիզ, 7. երկկորիզավոր լիմֆոցիտ:

Ճառագայթահարման ժամանակ նախ նվազում է լիմֆոցիտների թիվը: ՄԴ 50/30 դոզայի դեպքում լիմֆոցիտների թվի առավել նվազում նկատվում է առաջին երեք օրերին: Այդ ընթացքում նկատվում են նաև լիմֆոցիտների ձևաբանական փոփոխություններ, խախտվում է դրանց մանր, միջին և խոշոր ձևերի հարաբերակցությունը, գերակշռում են մանր ձևերը, առաջանում են երկկորիզ բջիջներ, կորիզի և պրոտոպլազմայի հատիկավորում, վակուոլացում, փոխվում է դրանց ֆերմենտների ակտիվությունը:

Արյան մեջ լիմֆոցիտների փոփոխությունները համապատասխանում են փայծաղում, ավշային հանգույցներում, աղիքի պատի լիմֆոֆոլիկուլներում, ուրցագեղձում և այլ օրգանների լիմֆոցիտների փոփոխություններին:

Կաթնասուն կենդանիների մոտ **ճեյտրոֆիլները** հիմնականում կազմում են լեյկոցիտների հիմնական մասը (մինչև 60-70 %): Ճագարների և թռչունների մոտ հատիկավոր խմբին պատկանող լեյկոցիտները թթվասերներ են և կոչվում են կեղծ էոզինոֆիլներ:

Ճառագայթահարման նկատմամբ ճեյտրոֆիլների ռեակցիան կա-

րևոր ախտանիշներից մեկն է, որից հետո առաջացած փոփոխություններն ընթանում են 5 փուլով.

I. Սկզբնական նեյտրոֆիլյոզի փուլ. տեղի է ունենում ոսկրածուծից բջիջների արագ դուրս գալու հետևանքով և տևողությունը կախված է ճառագայթահարման դոզայից, կենդանու տեսակից և այլն:

II. Առաջին դատարկման, ամայացման փուլ, որի ընթացքում նեյտրոֆիլների թիվը խիստ նվազում է և կազմում ելակետային թվի ընդամենը 10-20 %: Այս փուլը բացատրվում է ոսկրածուծից նեյտրոֆիլների դուրս մղման դադարով և անոթից դուրս բջիջների մահով:

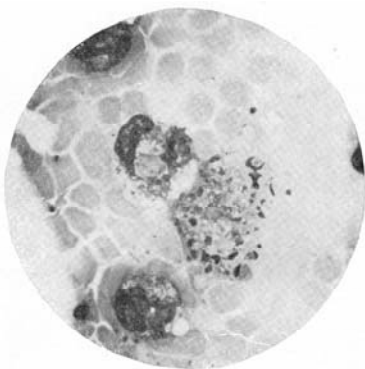
III. Նեյտրոֆիլների թիվն աճում է և կարող է հասնել մինչև ելակետային թվի 70-80 %: Վերականգնվում է կենդանի մնացած ոսկրածուծային բջիջների բազմացման պրոցեսը (պրոլիֆերացիա), սակայն դրանց մեծ մասը, վնասվածության հետևանքով, կորցնում է լիարժեք բազմացման ընդունակությունը: Դադարում է բջիջների միտոզի պրոցեսը՝ առաջացնելով նեյտրոֆիլների թվի նվազում և ամայացում:

IV. Երկրորդ դատարկման փուլ. տեղի է ունենում նեյտրոֆիլների քանակի նվազում (երկրորդ անգամ): Սովորաբար այն ավելի ուժեղ է արտահայտվում և տևում է ավելի երկար, քան երկրորդ փուլի ժամանակ (նկ. 28, 29):

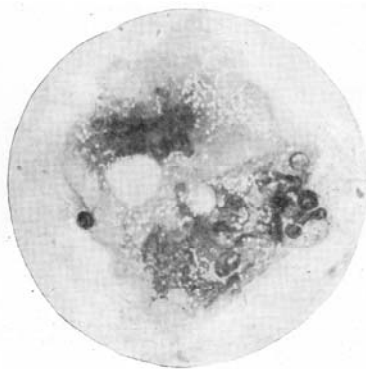
V. Վերականգնման փուլ. զարգանում է դանդաղ և բնութագրվում է ոսկրածուծի ռեպոպուլյացիայով, բջիջների վերաճով:

Նեյտրոֆիլների ընդհանուր թվի փուլային փոփոխություններին զուգընթաց փոփոխվում է նաև բջիջների ձևերի հարաբերակցությունը: Վերելքի փուլում ավելանում է երիտասարդ ձևերի՝ պատանի և ցուպիկակորիզավորների տոկոսը, այսինքն՝ տեղի է ունենում տեղաշարժ դեպի ձախ: Նեյտրոֆիլների քանակի նվազման փուլերում գերակշռում են հատվածակորիզավոր ձևերը՝ լեյկոցիտային բանաձևում կորիզի տեղաշարժ դեպի աջ: Այդ փուլերում արյան մեջ նկատվում են գերհատվածավոր, կնճռոտ, քայքայված կորիզավոր բջջի ախտաբանական ձևեր: Նեյտրոֆիլ բջիջների վերականգնման պրոցեսների ժամկետները լիմֆոցիտների համեմատ երկարում են:

Ճառագայթների ենթամահացու դոզաների ազդեցության դեպքում արյան *եռզինոֆիլների* պարունակության մեծ տեղաշարժեր չեն նկատվում. սկզբնական շրջանում դրանց քանակը նվազում է, իսկ հետագայում՝ դանդաղ վերականգնվում: Ճառագայթային քրոնիկ ազդեցության դեպքում հաճախ առաջանում է եռզինոֆիլյոզ:



ա



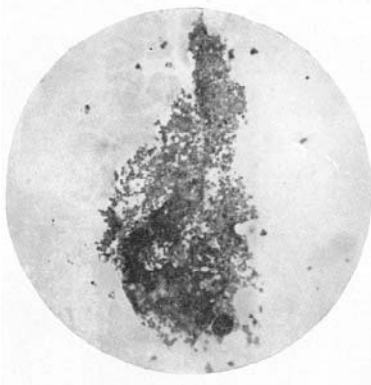
բ

Նկ. 28. Ոսկրածուծի նեյտրոֆիլների կարիորեքսիս և վակուոլացում.

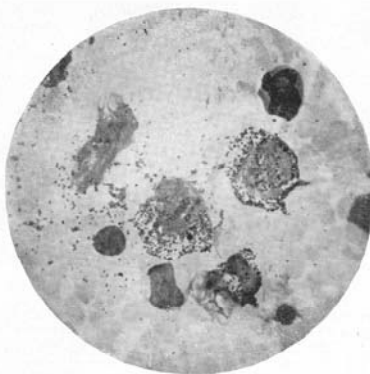
ա) 1200 Ռ դոզայով ճառագայթահարումից 48 ժամ հետո,

բ) 1800 Ռ դոզայով ճառագայթահարումից 36 ժամ հետո:

Բազոֆիլները օժտված են բարձր ճառագայթազգայունությամբ: 100 Ռ (1 Գր) և ավելի դոզաների դեպքում առաջին օրը տեղի է ունենում դրանց քանակի կտրուկ նվազում, իսկ որոշ դեպքերում՝ լրիվ անհետացում: Մյուս ձևավոր տարրերի համեմատ՝ դրանց վերականգնման ժամկետը երկարում է:



ա



բ

Նկ. 29. Ճագարի ոսկրածուծի նեյտրոֆիլների ցիտոլիզ.

ա) 1200 Ռ դոզայով ճառագայթահարումից 48 ժամ հետո,

բ) 900 Ռ դոզայով ճառագայթահարումից 72 ժամ հետո:

Ճառագայթահարման ժամանակ **մոնոցիտները** քանակը քիչ է փոփոխվում, համեմատած էլյկոցիտների այլ խմբերի հետ: Կիսամահացու դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում դրանց նվազում նկատվում է 3-րդ օրը և շարունակվում է մինչև մեկ շաբաթ, հետո տեղի է ունենում վերականգնում:

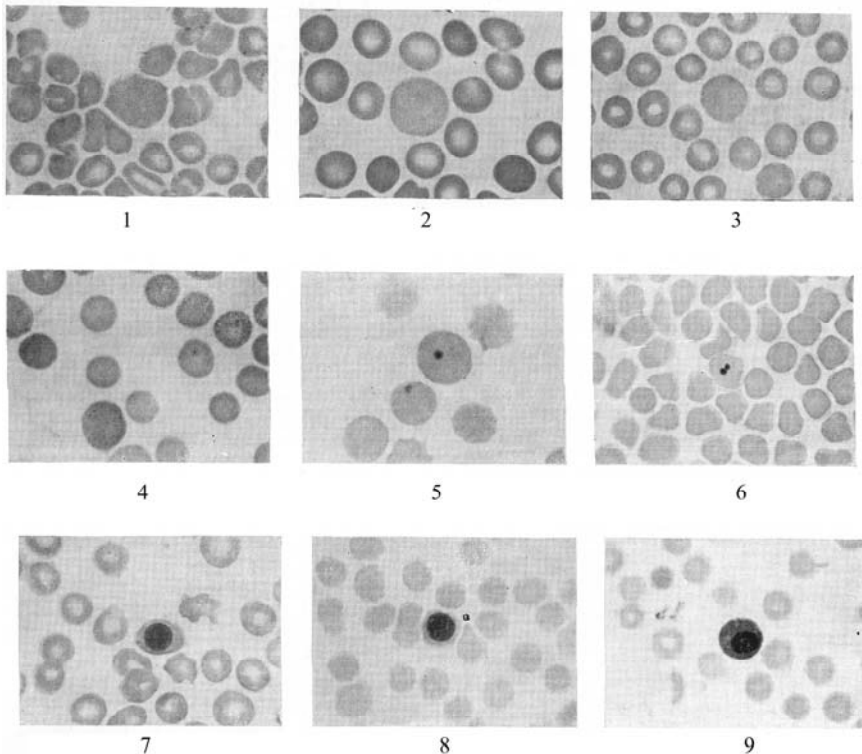
Էրիթրոցիտները էլյկոցիտների համեմատ քիչ ճառագայթազգայուն են: Օրինակ՝ շների և ճագարների էրիթրոցիտների ճառագայթահարումն օրգանիզմից դուրս՝ 40 և 60 կՌ (0,4-0,6 կԳր) դոզաներով, չի առաջացնում ֆունկցիոնալ հատկությունների փոփոխություններ:

Կենդանիներին ենթամահացու դոզաներով ճառագայթահարելու դեպքում էրիթրոցիտների, հեմոգլոբինի քանակն արյան մեջ և հեմատոկրիտի ցուցանիշը գրեթե չի փոփոխվում: Սակայն փոփոխվում է էրիթրոցիտային բջիջների տարիքային կազմը: Այսպես՝ ճառագայթահարված կենդանիների մոտ ռետիկուլոցիտների թիվը երկրորդ-երրորդ օրը նվազում է 10-20 %-ով, իսկ 5-րդ օրը վերականգնվում է կամ ավելանում: Ճառագայթահարված կենդանիների արյան մեջ ռետիկուլոցիտների թվի ավելացումը վկայում է էրիթրոցիտագոյացման ակտիվացման մասին: Արյունազեղումների հետևանքով, էրիթրոցիտների թիվն արագ նվազում է՝ առաջացնելով հետարյունահոսական սակավարյունություն:

Արյան էրիթրոցիտների պատկերի փոփոխությունն առավել բնորոշ է կիսամահացու դոզաներով ճառագայթահարման ժամանակ: Առաջին երեք օրերին նկատվում է բջիջների թվի և հեմոգլոբինի պարունակության ավելացում 10-15 %-ով, ինչին հետևում է սակավարյունության զարգացման շրջանը՝ հատկապես 15-20-րդ օրերին, երբ էրիթրոցիտների թիվը և հեմոգլոբինի պարունակությունը նորմայից նվազում է 2-3 անգամ: Միաժամանակ նկատվում են նաև էրիթրոցիտների ձևաբանական և կենսաքիմիական խանգարումներ: Սակավարյունության շրջանում առաջանում են պոկիլոցիտներ, անիզոցիտներ, կնճռոտ կորիզավոր բջիջներ, երկկորիզավորներ: Մեծանում են էրիթրոցիտների չափերը, արյան մեջ հայտնաբերվում են երիտասարդ ձևեր՝ էրիթրոբլաստներ և նորմոբլաստներ: Գունային ցուցանիշը կամ չի փոփոխվում, կամ փոքր-ինչ ավելանում է: Կենդանիների արյան պատկերը դանդաղ է վերականգնվում՝ 2-5 ամսում (նկ.30):

Ճառագայթազգայունության տեսակետից **թրոմբոցիտները**, էլյկոցիտների և էրիթրոցիտների համեմատ, զբաղեցնում են միջին դիրք:

Միջին մահացու դոզաներով ճառագայթահարման ժամանակ թրոմբոցիտների թիվը մինչև 5-րդ օրը չի փոփոխվում, սակայն 9-10-րդ օրը կտրուկ անկում է: Այդ ընթացքում սուր ճառագայթային հիվանդությանը տառապող կենդանիների մոտ առաջանում է արյունահոսություն, երբեմն՝ արյունահոսական համախտանիշ:



Նկ. 30. Նեյտրոններով ճառագայթահարված ճագարի և շան կարմիր արյան պատկերը.

1, 2, 3. մեգալոցիտ, 4. էրիթրոցիտներ՝ բազոֆիլային հատիկավորությամբ, 5-9. էրիթրոբլաստներ՝ ժուլոյի մարմնիկներով:

Թռչունների մոտ թրոմբոցիտները խոշոր են, էլիպսաձև, լավ արտահայտված կորիզով և բջջապլազմայով: Ենթամահացու դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում թրոմբոցիտների քանակը նվազում է

դանդաղ, առավելագույն ընկճում նկատվում է 7-8-րդ օրը: Մեծ դոզաների դեպքում դրանց թվի անկումը տեղի է ունենում առաջին օրը: Առաջանում են երկկորիզավոր թրոմբոցիտներ, խախտվում է կորիզի և պրոտոպլազմայի համաչափությունը: Թրոմբոցիտների քանակական տեղաշարժերից բացի՝ ճառագայթահարված օրգանիզմում տեղի են ունենում նաև որակական փոփոխություններ, արյան մակարոման տևողության խանգարումներ և այլ տեղաշարժեր: Թրոմբոցիտների թվի վերականգնումը տեղի է ունենում ճառագայթահարումից 35-45 օր հետո:

Կենդանիների ճառագայթային ախտահարման հիմնական հատկանիշներից են *արյան մակարոման համակարգի խանգարումները*, ինչի հետևանքով հաճախ առաջանում է *արյունահոսական համախտանիշ*: Սուր ճառագայթային հիվանդության ժամանակ արյան մակարոման պրոցեսի խանգարման մասին են վկայում դրա ցուցանիշների ակտիվության փոփոխությունները՝ արյան մակարոման և վերակալցիֆիկացիայի տևողության, թրոմբոտեստի, հեպարինի նկատմամբ արյան դիմացկունության (տոլերանտություն) և այլն: Նկատվում է արյան մակարոման առաջին փուլի խանգարում, որի դեպքում իջնում է թրոմբոպլաստինի քանակը: Արյան մակարոման երկրորդ փուլը, որի ժամանակ ակտիվ թրոմբոպլաստինի ազդեցությամբ պրոթրոմբինը վերածվում է թրոմբինի, քիչ է փոփոխման ենթարկվում: Էական փոփոխությունների է ենթարկվում արյան մակարոման երրորդ փուլը՝ ֆիբրինոգենից ֆիբրինի առաջացման պրոցեսը: Որոշակիորեն ավելանում է ֆիբրինոգենի քանակը, փոփոխվում է դրա որակը, ինչի հետևանքով դանդաղում է սպիտակուցի վերածման պրոցեսը ֆիբրինի: Խանգարվում է ֆիբրինի անդրկառուցվածքը, ֆիբրինի թելիկները կարճանում են և դասավորվում անկանոն ձևով, վերածվում ամորֆ զանգվածի:

Ֆիբրինի և թրոմբոցիտների քանակական ու որակական փոփոխություններն առաջացնում են արյան մակարոլուկի կրճատման (ռետրակցիա) թուլացում: Արյան մակարոման առավել դանդաղում դիտվում է հիվանդության զարգացման բուռն շրջանում, ընդ որում՝ թրոմբոցիտների թվի նվազման աստիճանի և մակարոման խանգարման միջև կապը դառնում է առավել ակնառու:

Թրոմբոցիտների քանակական և ձևաբանական փոփոխություն-

ներին զուգընթաց՝ դիտվում են ֆունկցիոնալ հատկանիշների խանգարումներ. իջնում է կաշողականությունը (ադիեզիա), դանդաղում է սոսնձման (ագրեզացիա) ընդունակությունը, թուլանում են թրոմբոցիտների թրոմբոպլաստինային, անոթասնուցման ֆունկցիաները և այլն:

Արյան և արյունաստեղծ համակարգի նշանակելի փոփոխություններին զուգահեռ՝ դիտվում են նաև *արյունատար անոթների, հատկապես մազանոթների պատերի կառուցվածքային փոփոխություններ*, մասնավորապես՝ էնդոթելային շերտի, ամորֆ նյութի և թելքավոր կազմության: Քանակական և որակական փոփոխությունների է ենթարկվում նաև կոլագենը:

Սուր ճառագայթային հիվանդության արյունահոսական համախտանիշի զարգացման պրոցեսում կարևոր դեր են խաղում միկրոշրջանառության խանգարումները, որոնք առաջանում են ճառագայթահարված անոթների էնդոտոքսիների նկատմամբ զգայունության բարձրացման և ադրենալինի նկատմամբ դրանց ռեակցիաների ընկճման հետևանքով: Հետագայում միկրոշրջանառության հատվածում նկատվում են կանգային երևույթներ և արյունազեղումներ, անոթների պատերի խախտումներ: Դրա պատճառն անոթների բարձր զգայունությունն է էնդոտոքսինի նկատմամբ:

Անոթների թափանցելիության բարձրացումն անդրադառնում է հյուսվածքների նյութափոխանակության վրա:

Նշված փոփոխությունները նկատվում են բոլոր տեսակի արյունատար անոթներում և անոթի պատի բոլոր շերտերում: Արյունահոսական համախտանիշը սովորաբար առաջանում է հիվանդության 2-4-րդ շաբաթում և դիտվում է կետային կամ տարածված արյունազեղումների ձևով: Առավել հաճախ նկատվում է մաշկի արյունազեղում, արյունային լուծ, արյունամիզություն, արյունահոսություն քթից և լնդերից, երբեմն՝ արյունային փսխում: Արյունահոսական երևույթները զարգանում են հիվանդության ծանրության աստիճանին զուգահեռ:

Կենդանիների տարբեր տեսակների մոտ արյունահոսական համախտանիշը տարբեր ձևերով է արտահայտվում: Այն առավել արտահայտված է բարձրակարգ կապիկների, շների ու խոզերի մոտ, իսկ կրծողների մոտ ավելի թույլ է արտահայտվում:

Ճառագայթային հիվանդության ժամանակ ախտահարվում են

արյունաստեղծ հյուսվածքները:

Կարմիր ոսկրածուծի ռեակցիան ճառագայթահարման նկատմամբ դրսևորվում է շատ արագ: Ճառագայթահարման մեծ դոզաների ներգործության ժամանակ դադարում է բջջի միտոզի պրոցեսը, առաջանում են էրիթրոբլաստ և միելոբլաստ շարքի բջիջների կազմափոխված ձևեր: Արյան մեջ էրիթրոցիտների թվի նվազումը վկայում է արյունատար անոթներում դրանց մահացման և ոչ լրիվ փոխարինման մասին (նկ. 30):

Արտաքին ճառագայթահարման ժամանակ ոսկրածուծի վաղ փոփոխությունները բնութագրվում են արյան կարմիր և սպիտակ բջիջների չհասունացած ձևերի և թրոմբոցիտների բացարձակ ու հարաբերական քանակների նվազմամբ, հատվածակորիզավոր գրանուլոցիտների քանակի ավելացմամբ: Ճառագայթահարման ժամանակ ոսկրածուծային հյուսվածքի զարգացման ունակության նվազման մասին է վկայում դրանցում նուկլեինաթթուների, հատկապես ՌՆԹ-ի քանակի նվազումը: Ոսկրածուծի վերականգնման ընդունակությունը, միջին մահացու դոզաների դեպքում դիտվում է 4-7-րդ օրը և չորրորդ շաբաթվա վերջում ոսկրածուծի պատկերը մոտենում է բնականոնին:

Ավշային հյուսվածքը չափազանց զգայուն է ճառագայթահարման նկատմամբ: Ճառագայթային ներգործությունն առաջացնում է ծայրամասային արյան լիմֆոբլաստների և լիմֆոցիտների քայքայում: Նկատելի ձևաբանական փոփոխություններ են դիտվում ճագարների ավշային հանգույցներում՝ 50 Ռ (0,5 Գր) դոզայով ճառագայթահարման դեպքում: Կիսամահացու և մահացու դոզաներն առաջացնում են արտահայտված անոթային խանգարումներ, ավշային գոյացումների կազմափոխական (դեգեներատիվ), մեռուկային և ատրոֆիկ փոփոխություններ: Ավշային հանգույցների վերականգնման պրոցեսը կենդանի մնացած խոշոր կենդանիների մոտ տևում է երեք և ավելի ամիս:

Փայծաղի բջիջները նույնպես չափազանց զգայուն են ճառագայթման նկատմամբ: Բջջային տարրերի քայքայման հետևանքով փայծաղի չափերը և զանգվածը փոքրանում են: Կիսամահացու դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում անմիջապես դադարում է միտոզի պրոցեսը, հյուսվածքում նվազում է ԴՆԹ-ի և ՌՆԹ-ի քանակը, ավելանում է պիգմենտների քանակը: Ցանցանման հյուսվածքն առավել

կայուն է ճառագայթահարման նկատմամբ, ուստի ավելանում է դրա հարաբերական քանակը:

Ուրցագեղձի բջիջները ևս ճառագայթահարման նկատմամբ չափազանց զգայուն են: Միջին մահացու դոզաներով ճառագայթահարման առաջին օրերին դիտվում է արտահայտված բջջային ամայացում, լիմֆոցիտները մահանում են, մնում են միայն եզակի լիմֆոցիտներ: Ուրցաբջիջների վերականգնումն սկսվում է գեղձի ուղեղային նյութում, ապա անցնում են կեղևային շերտ: Մակրոֆագերը, շարակցական և էպիթելային հյուսվածքների բջիջները դրսևորում են ճառագայթահարման նկատմամբ մեծ կայունություն:

ԻՈՆԱՅՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԻՍՏՈՒՆԱԲԱՆԱԿԱՆ ՌԵԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Իոնացնող ճառագայթները (ցանկացած դոզայով) բջջային կառուցվածքներում առաջացնում են ֆունկցիոնալ և ձևաբանական փոփոխություններ, խախտվում է օրգանիզմի գրեթե բոլոր համակարգերի գործունեությունը: Դրա հետևանքով բարձրանում կամ ընկճվում է կենդանու իմունաբանական ռեակտիվությունը:

Իմունային համակարգը կազմում են լիմֆոիդ օրգանները, դրանց բջիջները, մակրոֆագերը, էլյկոցիտներից՝ նեյտրոֆիլները, բազոֆիլը, էոզինոֆիլը, կոմպլեմենտի համակարգը, պրոպերդինը, լիզոցինը, ինտերֆերոնը և այլ: Գլխավոր իմունակոմպետենտ բջիջներն են T- և -B լիմֆոցիտները, որոնք պատասխանատու են իմունիտետի համար:

Ճառագայթահարված կենդանիների իմունաբանական ռեակտիվության փոփոխությունների աստիճանը որոշվում է հիմնականում ըստ կլանված դոզայի և ճառագայթների հզորության: Ճառագայթման փոքր դոզաները բարձրացնում են օրգանիզմի յուրահատուկ և ոչ յուրահատուկ (սպեցիֆիկ և ոչ սպեցիֆիկ), բջջային և հումորալ, ընդհանուր և իմունակենսաբանական ռեակտիվությունը, նպաստում են ախտաբանական պրոցեսի բարեհաջող ընթացքին, բարձրացնում են կենդանիների մթերատվությունն ու կենսունակությունը:

Ենթամահացու և մահացու դոզաներն առաջացնում են կենդանիների իմունաբանական ռեակտիվության թուլացում կամ ընկճում: Այդ ցուցանիշների խանգարումն ավելի վաղ է արտահայտվում, քան ճառա-

գայթախյին հիվանդության կլինիկական նշանները:

Ճառագայթահարված օրգանիզմի դիմադրողականության նվազումը կարող է առաջանալ հետևյալ պատճառներից՝ հյուսվածքային պատմեշի թաղանթների թափանցելիության խանգարում, արյան, ավիշի և հյուսվածքների մանրէասպան հատկությունների նվազում, արյունաստեղծության ընկճում, արյան ձևավոր տարրերի քանակի նվազում, ֆագոցիտոզի թուլացում, հակամարմինների արտադրման պրոցեսի ընկճում, օրգանների բորբոքումներ և ախտաբանական այլ փոփոխություններ:

Իոնացնող ճառագայթների փոքր դոզաների ներգործությունը փոխում է հյուսվածքների թափանցելիությունը, իսկ ենթամաշագու դոզաների դեպքում կտրուկ ավելանում է անոթային, հատկապես մազանոթային պատի թափանցելիությունը: Միջին մաշագու դոզաներով ճառագայթահարված կենդանիների մոտ առաջանում է աղիքային պատմեշի թափանցելիության բարձրացում, ինչի հետևանքով աղիքային միկրոֆլորան ներթափանցում է տարբեր օրգաններ: Ինչպես արտաքին, այնպես էլ ներքին ճառագայթահարման ժամանակ ավելանում է մաշկի, լորձաթաղանթների և տարբեր օրգանների միկրոֆլորայի բազմացումը, որոնք ավելի վաղ են արտահայտվում, քան կլինիկական նշանները:

Աղիքային ցուպիկների, հատկապես մանրէների հեմոլիտիկ ձևերի առկայությունը մաշկի մակերեսին և լորձաթաղանթների վրա հնարավորություն է տալիս որոշել իմունակենսաբանական ռեակտիվության խանգարման աստիճանը:

Հյուսվածքների բնական հակամանրէային կայունությունն ապահովող գործոններից է լիզոցինը: Ճառագայթային ախտահարման ժամանակ հյուսվածքներում և արյան մեջ լիզոցինի քանակությունը նվազում է, ըստ որի կարելի է ենթադրել ճառագայթահարված կենդանիների դիմադրողականության մասին: Ճառագայթման փոքր դոզաները (0,1-0,25 Գր) առաջացնում են ֆագոցիտոզի կարճատև ակտիվացում, իսկ մեծ դոզաներն ընկճում են այդ պրոցեսը: Ճառագայթահարված կենդանիների մոտ դիմադրողականության ընկճումն առաջացնում է էնդոգեն ինֆեկցիայի զարգացման ռիսկի առկայություն: Բակտերիեմիան բացառիկ դեր է խաղում ճառագայթային հիվանդության ախտածնության մեխանիզմում:

Ճառագայթային ախտահարումն առաջացնում է օրգանիզմի բնական անընկալության փոփոխում մի շարք վարակիչ և մակաբուծա-

կան հիվանդությունների հարուցիչների նկատմամբ, սակայն պահանջվում է կենդանիների տեսակային անընկալությունը վարակիչ հիվանդությունների նկատմամբ պահպանվում է:

Ճառագայթահարված օրգանիզմի արհեստական իմունիտետը:

Իոնացնող ճառագայթներն ազդում են նաև արհեստական իմունիտետի առաջացման վրա: Արհեստական իմունիտետի գործոններից են յուրահատուկ հակամարմինները և հակաթույները:

Ճառագայթային ներգործությունը փոխում է օրգանիզմի ռեակցիան ներարկված հակածնի նկատմամբ: Փոփոխության աստիճանը կախված է այն բանից, թե իմունային որ պրոցեսում է կենդանին ենթարկվել ճառագայթահարման: Իմունացված կենդանիների ճառագայթահարումն առաջացնում է իմունիտետի թուլացում: Ճառագայթահարումից մի քանի օր առաջ կատարված իմունացումը բարենպաստ ազդեցություն է գործում ճառագայթային հիվանդության ընթացքի վրա: Մահացու դոզայով ճառագայթահարումից 2-3 օր հետո կատարված պատվաստումը չի ուժեղացնում անընկալությունը, իսկ ճառագայթային հիվանդության սուր շրջանում կատարված պատվաստումը զգալիորեն երկարացնում է հիվանդության ընթացքը և ավելացնում կենդանիների մահացության աստիճանը:

Ճառագայթումը թուլացնում է հակամարմինների առաջացումը: Փորձերով ապացուցված է, որ ճառագայթահարված կենդանիներին հակածնի կրկնակի կամ բազմապատիկ ներարկումները ավելի ուժգին են նպաստում հակամարմինների առաջացմանը, քան միանվագ ներարկումը:

Ճառագայթահարումը նվազեցնում է նաև պասսիվ իմունացման արդյունավետությունը: Հակաթունային շիճուկի բուժիչ արդյունավետությունն ապահովելու համար պահանջվում է 3-5 անգամ բարձր դոզա, քան պահանջվում է ճառագայթահարված կենդանիների բուժման համար: Ճառագայթահարված կենդանիների մոտ հակամանրէային պասսիվ իմունիտետը ավելի շատ է խանգարվում, քան հակաթունային իմունիտետը:

Ճառագայթահարումն ազդում է նաև ալերգիայի և անաֆիլաքսիայի (գերզգայունություն) երևույթների վրա: Դրանց փոփոխությունների աստիճանը նույնպես կախված է ճառագայթահարման դոզաներից: Փոքր դոզաները ալերգիկ և անաֆիլաքսային ռեակցիաների փոփոխություններ չեն առաջացնում, իսկ մեծ դոզաները կարող են ընկճել դրանց յուրահատուկ դրսևորումները: Ճառագայթահարված

օրգանիզմի ալերգիական ռեակտիվության փոփոխությունների մեխանիզմը քիչ է ուսումնասիրված, ըստ երևույթին՝ դրա հիմքում ընկած են կենդանու ընդհանուր իմունակենսաբանական խանգարումները: Հատկապես բարձրանում է ինքնահակամարմինների գոյացումը: Հետաքրքրական է նաև այն, որ կենդանիների մոտ մի քանի վարակիչ հիվանդությունների (տուբերկուլոզ, խլախտ և այլն) ախտորոշիչ մաշկային ալերգիկ ռեակցիաների կիրառումն աննպատակ է, քանի որ դրանց մոտ ալերգիկ ռեակցիաներն աղավաղված են: Մասնավորապես նկատվում է Շվարցմանի ֆենոմենի ընկճում: Բացի այդ՝ ճառագայթահարված կենդանիների մոտ ալերգենի ներմուծումն առաջացնում է ոչ յուրահատուկ բորբոքային ռեակցիաներ:

ԼՅՈՒԹԱՓՈԽԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԽԱՆԳԱՐՈՒՄՆԵՐԸ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՂԱՐՎԱԾ ՕՐԳԱՆԻԶՄՈՒՄ

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ օրգանիզմի օրգաններում, հյուսվածքներում և բջիջներում տեղի են ունենում նյութափոխանակության բնականոն ընթացքի տարատեսակ խանգարումներ: Խախտվում է ինչպես նյութափոխանակությունը, այնպես էլ սպիտակուցային, ճարպային, ածխաջրային, ջրահամքային փոխանակությունները: Ակտիվանում կամ ընկճվում են ֆերմենտային պրոցեսները՝ տեղաշարժելով և վերափոխելով միջբջջային ու ներբջջային կենսաքիմիական գործընթացները մոլեկուլային մակարդակով:

Հետազոտություններից պարզ է դարձել, որ կենսաքիմիական տեղաշարժերը նկատվում են ճառագայթումից հենց առաջին ժամերից հետո, քանի որ հիմնական առաջնային կենսաքիմիական փոփոխությունները նախորդում են կառուցվածքային փոփոխություններին:

Հիմնական նյութափոխանակություն: Փորձառական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ծովախոզուկների ընդհանուր ռենտգենյան ճառագայթումը, 250 Ռ դոզայով (ՄԴ-30) չի ազդում դրանց կողմից թթվածնի յուրացմանը: Մինչդեռ քաղցած առնետների ճառագայթահարումից հետո հիմնական նյութափոխանակությունը, ստուգիչ առնետների համեմատ, որոշ չափով բարձրանում է, սակայն սնունդ ստացողների մոտ այն չի փոխվում:

Տարբեր հյուսվածքների ճառագայթահարումը տարբեր ընթացք և ազդեցություն է ունենում դրանց կողմից թթվածնի յուրացման և

բջջային շնչառության մակարդակի վրա:

Ճագարներին 25 կՌ դոզայով ճառագայթահարման դեպքում շեշտակի ավելանում է երիկամների հյուսվածքների կողմից թթվածնի յուրացումը:

Մակակա-ռեզուս կապիկներին 1000 Ռ դոզայով ճառագայթահարման դեպքում զգալի բարձրանում է O_2 -ի օգտագործումը, իսկ 100 Ռ/րոպե դոզայի դեպքում իջնում է հիմնական նյութափոխանակությունը:

Այսպիսով՝ ռենտգենային ճառագայթների փոքր և միջին դոզաները հիմնականում չեն ազդում հյուսվածքային շնչառության վրա, մասնակցում են ֆերմենտային և հորմոնային համակարգերի, հետևաբար նաև հիմնական նյութափոխանակության կարգավորման գործընթացին:

Սպիտակուցային փոխանակություն: Օրգանիզմի ճառագայթահարման տարբեր փուլերում սպիտակուցային փոխանակության խանգարումները տարբեր են: Հավասարապես ուժեղանում է դրանց քայքայումը և արտազատումը օրգանիզմից, խանգարվում է մարսողությունը, ներծծումը, ազոտային բալանսը դառնում է բացասական, քանի որ տեղի է ունենում սպիտակուցների քայքայում: Մեզի հետ դուրս են բերվում մեծ քանակությամբ միզաթթու, միզանյութ, քսանտին, խախտվում է պուրինային փոխանակությունը:

Սուր ճառագայթային հիվանդության տարբեր փուլերում փոփոխության է ենթարկվում ամինաթթուների քանակի դինամիկան, արյան ազոտի քանակը բարձրանում է, զարգանում է ազոտեմիա: Ընդհանուր սպիտակուցների քանակությունն արյան պլազմայում նվազում է, փոխվում է սպիտակուցների ֆունկցիաների հարաբերությունը, հատկապես նվազում են ալբումինները, իսկ գլոբուլիններն ավելանում, ինչի հետևանքով փոխվում է Ա/Գ գործակիցը:

Ֆերմենտների ակտիվությունը ճառագայթային ախտահարման տարբեր փուլերում նույնպես ակտիվանում է կամ ապակտիվանում (ֆոսֆատազներ, պրոտեազներ, SH-խմբեր, օքսիդազներ):

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ զգալիորեն փոխվում է նուկլեոպրոտեիդների փոխանակությունը, դեզօքսիռիբոնուկլեինաթթվի (ԴՆԹ) և ռիբոնուկլեինաթթվի (ՌՆԹ) սինթեզը:

Ճառագայթահարման սկզբնական փուլերում բարձր ճառագայթազգայունություն են ցուցաբերում ԴՆԹ-ի նախորդ նյութերը, ինչի պատճառներից մեկը ռիբոնուկլեազ և դեզօքսիռիբոնուկլեազ ֆերմենտների ակտիվության բարձրացումն է:

Այսպիսով՝ սպիտակուցների քայքայումը, դրանց կենսասինթեզի ճնշումը իոնացնող ճառագայթների ազդեցության մեխանիզմի կառուրագույն օղակներից է:

Լիպիդային և ածխաջրային փոխանակություն: ճառագայթահարված կենդանիների մոտ լիպիդային փոխանակությունը ևս ենթարկվում է տարաբնույթ փոփոխությունների, քանի որ տեղի է ունենում բջջաթաղանթի ֆոսֆոլիպիդների կազմի տեղաշարժ, ինչն էլ նպաստում է բջջաթաղանթի թափանցելիության բարձրացմանը:

Հաստատված է, որ ճառագայթահարված օրգանիզմում լիպիդները հեշտությամբ օքսիդանում են, առաջանում են գերօքսիդներ: Լիպիդային հակաօքսիդային ակտիվությունը զգալիորեն նվազում է հատկապես ճառագայթազգայուն օրգաններում և հյուսվածքներում:

Ապացուցված է, որ ածխաջրային փոխանակությունը ճառագայթների նկատմամբ ավելի կայուն է և ակտահարված օրգանիզմում խանգարումները գրանցվում են հետագա փուլերում:

Ճառագայթազգայուն օրգաններում՝ ոսկրածուծում, բարակ աղիքային բաժնի լորձաթաղանթում, ավշային գեղձերում, մահացու դոզաների դեպքում առաջին հերթին արգելակվում կամ դանդաղում է ֆոսֆորիլացումը:

Լուրջ կենսաքիմիական գործընթացների խանգարման հետևանքով լյարդում նկատվում է ածխաջրերի, ճարպերի, սպիտակուցների սինթեզի ուժեղացում, ամինաթթուները ենթարկվում են դեզամինացման, գերամինացման և գլյուկոնեոգենեզի ճանապարհով վերափոխվում են գլյուկոզի և գլիկոգենի: Ճառագայթահարված կենդանիների արյան պլազմայում գլյուկոզի քանակն ավելանում է, առաջանում է հիպերգլիկեմիա, իսկ լյարդում սինթեզվում է գլիկոգեն՝ գլիկոնեոգենեզի ուղիով:

Այսպիսով՝ իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ օրգանիզմում և բջջիջներում նյութափոխանակությունն ընթանում է տարբեր ուղղություններով՝ խախտելով բնականոն կենսաքիմիական պրոցեսները՝ անաբոլիզմը և կատաբոլիզմը: Ճառագայթային հիվանդության ախտածնության շղթայում կատաբոլիզմի ուժեղացումը բնորոշ է ճառագայթազգայուն հյուսվածքներին և համարվում է հիվանդության զարգացման կարևոր մեխանիզմ:

ԻՈՒՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱՎԱՅՈՒՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԱՐՍՈՂԱԿԱՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Մարսողական օրգանները ճառագայթների նկատմամբ դրսևորում են համապատասխան ռեակցիա: Ըստ ճառագայթազգայունության աստիճանի՝ դրանք դասակարգվում են հետևյալ հերթականությամբ՝ բարակ աղիքային բաժին, թքագեղձեր, ստամոքս, ուղիղ և շրջանաձև աղիքներ, ենթաստամոքսային գեղձ և լյարդ: Մեծ դոզաների դեպքում առաջին հերթին ախտահարվում են աղիքները, առաջանում է ստամոքսաաղիքային համախտանիշ: Միջին մահացու դոզաներն առաջացնում են աղիքի պատի ֆունկցիոնալ և ձևաբանական փոփոխություններ: Առավել զգայուն են գեղձային էպիթելները, որոնցում ճառագայթահարման առաջին ժամերին դադարում է բջիջների բաժանման պրոցեսը: Կենդանիների ճառագայթային հիվանդության ժամանակ կարևոր դեր է խաղում աղիքի պատի իմունապատենշային ֆունկցիայի թուլացումը, ինչի հետևանքով աղիքային միկրոֆլորան թափանցում է օրգանիզմ՝ առաջացնելով տոքսիկոզ և բակտերեմիա: Ստամոքսաաղիքային համախտանիշի առկայության դեպքում կենդանին մահանում է 7-10-րդ օրը:

Թքագեղձերի վրա ճառագայթների ներգործությունն արտահայտվում է արտադրվող թքի քանակական և որակական փոփոխություններով, խախտվում է թքի բաղադրամասերի հարաբերակցությունը, կարող են հայտնաբերվել այնպիսի նյութեր, որոնք հատուկ չեն նորմալ թքին: Օրինակ՝ ճառագայթահարված շան թքի մեջ հայտնաբերվում է ամիլազ ֆերմենտ, որը բացակայում է չճառագայթահարվածների մոտ:

Ստամոքսային գեղձերի հյուսվածատվությունը փոքր դոզաների ժամանակ փոփոխման է ենթարկվում կախված նրա ելակետային վիճակից. հիպոսեկրեցիայի դեպքում այն ավելանում է: Մեծ դոզաներով ճառագայթահարման ժամանակ ընկճվում է ստամոքսային հյուսվածատվությունը, առաջանում են արյունազեղումներ, կատարային բորբոքումներ, խոցային երևույթներ և այլն: Ճառագայթների փոքր դոզաները խթանում են ենթաստամոքսային գեղձի գործունեությունը, ֆերմենտների առաջացումը, իսկ մեծ դոզաներն ընկճում են գեղձի հյուսվածատվությունը, իջեցնում ֆերմենտների ակտիվությունը, ինսուլի-

նի արտադրությունը և առաջացնում գեղծի արյունազեղումներ, կազմափոխական ու մեռուկային պրոցեսներ:

Լյարդային հյուսվածքի ճառագայթազգայունությունն ավելի ցածր է: Միջին մահացու դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում նկատվում է լյարդի կատալազի և ֆոսֆորիլացման ակտիվության նվազում, ընկճվում է լեղազոյացման պրոցեսը, խանգարվում է խոլեստերինի փոխանակությունը բջիջներում, փոփոխվում է սպիտակուցային, ճարպային, ածխաջրային փոխանակությունը լյարդում: Ախտահարման նշաններից են շճային բորբոքումը և արյունազեղումները լեղապարկի պատում: Լեղին դառնում է թանձր, մուգ կանաչ գույնի: Հետագայում զարգանում է լյարդի ցիռոզ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄՐՏԱՆՈՒԹԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՎՐԱ

Ճառագայթահարման նկատմամբ սրտանոթային համակարգի ռեակցիան ուսումնասիրվել է դեռևս անցած դարի վերջին: Ենթամահացու դոզաների նկատմամբ սրտի գործունեությունն արտահայտվում է կծկումների ռիթմի և էլեկտրասրտագրի փոփոխությամբ, դիտվում են կենսաքիմիական փոփոխություններ սրտամկանում և այլ խանգարումներ: Առավել ճառագայթազգայուն է էնդոկարդը (ներսրտենի), սակայն մորֆոլոգիոնալ փոփոխությունների են ենթարկվում նաև սրտի մյուս հյուսվածքները՝ սրտապարկը, էպիկարդը, սրտամկանը: Նվազում է ՌՆԹ-ի, ԴՆԹ-ի և գլիկոգենի պարունակությունը, առաջանում են մեռուկացման օջախներ:

Փոքր դոզաների դեպքում փոփոխվում է արյունատար անոթների տոնուսը, իջնում է արյան ճնշումը, կենսաքիմիական և ձևաբանական փոփոխություններ են առաջանում անոթի պատի բոլոր շերտերում, նվազում է առաձգականությունը, բարձրանում թափանցելիությունը, և այդ ամենի հետևանքով օրգանիզմի տարբեր հատվածներում առաջանում են արյունազեղումներ: Ծանր դեպքերում անոթներում զարգանում են սկլերոտիկ (կարծրախտ) փոփոխություններ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՆՉԱՌԱԿԱՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ճառագայթահարման հետևանքները շնչառական օրգանների վրա անմիջապես չեն դրսևորվում:

Ենթամահացու դոզաներով ճառագայթահարումից հետո շնչառական ուղիներում որևէ տեսանելի փոփոխություն չի արձանագրվում, սակայն մեծ դոզաների դեպքում պարզորոշ նկատվում է արտաքին շնչառության խանգարում. փոփոխվում են շնչառական շարժումների հաճախականությունն ու խորությունը: Թոքերում առաջանում են կանգային երևույթներ և էմֆիզեմա: Թոքերի հյուսվածքի՝ պարեն-քիմայի փոփոխություններն արտահայտվում են թոքաբորբով:

Թոքերում ախտաբանական փոփոխությունների զարգացումն արտահայտվում է թոքային արյունատար անոթների թափանցելիության բարձրացմամբ և արյան շրջանառության խանգարումներով: Բրոնխների ախտահարումն առաջացնում է զագափոխանակության նվազում, թոքերի ատելեկտազ, թոքաբորբ, թոքամիզի բորբոքում և այլն: Դրանք պարբերաբար ուղեկցվում են հազով, խզզոցով, իսկ ավելի ուշ զարգանում է ճառագայթային ֆիբրոզ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆ ԱՐՏԱԹՈՐՈՒԹՅԱՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Երիկամների տեղային ճառագայթահարման դեպքում շենքային դոզան կազմում է 30-50 Գր: Սուր ճառագայթային հիվանդության ժամանակ նկատվում են երիկամների և միզատար ուղիների ախտահարումներ՝ արյունազեղումներ, կանգային երևույթներ, կազմափոխանուցախանգարման փոփոխություններ: Առավել հատկանշական է խողովակիկների ֆունկցիայի խանգարումը, ինչի հետևանքով փոփոխվում է միզարտադրությունը: Ճառագայթահարումից հետո սկզբնական շրջանում այն ավելանում է, դրա հետ միասին շատանում է նաև նատրիումի, կալիումի և քլորիդների արտազատումը: Երիկամների ճառագայթային ախտահարման հետևանքով կարող են առաջանալ նեֆրիտներ, նեֆրոսկլերոզ, միզապարկի ձևաբանական և ֆունկցիոնալ խանգարումներ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԳԱՅԱՐԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Տարբերում են տեսողական, լսողական, հոտառական, համի, ընդերային, շարժագագողական և այլ վերլուծիչներ, որոնց ֆիզիոլոգիական վիճակով է պայմանավորված դրանց ռեակցիան: Բոլոր զգայարանների ռեակցիաները ճառագայթահարման նկատմամբ դրսևորվում են ընդհանուր օրինաչափությամբ. փոքր դոզաների ազդեցությամբ զգայունությունը բարձրանում է, նկատվում են միայն ֆունկցիոնալ տեղաշարժեր, իսկ մեծ դոզաների դեպքում զգայունությունը իջնում է և դիտվում են՝ նաև ընկալիչների ձևաբանական փոփոխություններ:

Աչքի հյուսվածքների զգայունությունը ճառագայթային ներգործության նկատմամբ հայտնի է դարձել ռենտգենյան ճառագայթների հայտնագործումից մեկ տարի անց: Ավելի ուշ նկատել են, որ ճառագայթային սուր ախտահարումների ժամանակ ակնախնձորի ցանկացած բաժնի արյունատար անոթները կարող են ենթարկվել ախտաբանական փոփոխությունների՝ որպես օրգանիզմի ընդհանուր փոփոխությունների հետևանք: Տեղային ճառագայթահարման ժամանակ առաջանում են անոթային ռեակցիաներ՝ շաղկապենու բորբոքում (կոնյուկտիվիտ) և այլ խանգարումներ: Աչքի ցանցենու ռեակցիաները գրանցվում են էլեկտրացանցենագրի վրա՝ ճառագայթահարման առաջին 10 րոպեների ընթացքում: Էլեկտրացանցենագրության փոփոխության շեմքային դոզան 0,005-0,085 Գր է: Ցանցենու ճառագայթահարման ժամանակ մահանում են դրա ցուպիկները, լույսի նկատմամբ բբային ռեֆլեքսն անհետանում է, տեսողությունը թուլանում է կամ տեղի է ունենում տեսողության ժամանակավոր կամ մշտական կորուստ:

Ճառագայթահարման 2,5 Գր և բարձր դոզաները կարող են առաջացնել եղջերենու անդարձելի ձևաբանական փոփոխություններ՝ զգայունության թուլացման կամ լրիվ կորուստի հետևանքով (գլաուկոմա, կատարախտ):

Այդ խանգարումները կարող են առաջանալ աչքի արտաքին ճառագայթահարման, ինչպես նաև ռադիոակտիվ իզոտոպների՝ օրգանիզմ ներթափանցման հետևանքով: Կատարախտի առաջացման շեմքային դոզան 0,15-0,2 Գր է: Դրան բնորոշ է գաղտնի շրջանը, որը կարող է արտահայտվել շաբաթներով, մույմիսկ տարիներով: Երիտասարդ կենդանիների մոտ կատարախտ առաջանում է ավելի փոքր դոզաների դեպքում: Ճառագայթների տարբեր տեսակներից աչքի վրա

առավել արտահայտված ազդեցությամբ են օժտված նեյտրոնները, քանի որ վերջիններս ունեն կենսաբանական առավել մեծ ակտիվություն:

Աչքի հյուսվածքներում, մասնավորապես ոսպնյակում, ճառագայթահարումից հետո վերականգնողական պրոցեսները թույլ են ընթանում: Առավել արտահայտված ազդեցությամբ են օժտված նեյտրոնները, որոնք առաջացնում են աչքի ճառագայթային կատարախտ:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԱՇԿԻ ԵՎ ՇԱՐԱԿՑԱԿԱՆ ԴՅՈՒՍՎԱԾՔԻ ՎՐԱ

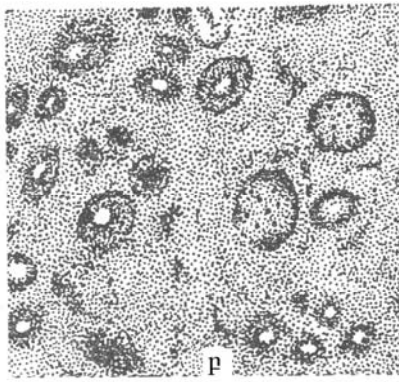
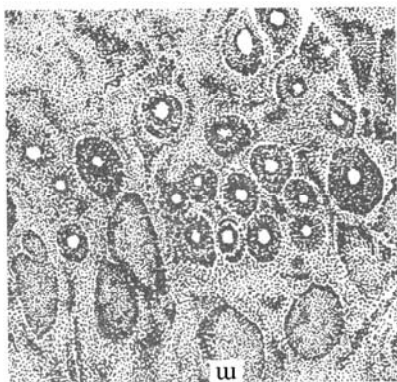
Կենդանիների արտաքին ճառագայթահարումից առաջացած ճառագայթային հիվանդության նշաններից է մաշկի ախտահարումը: Գաղափարահարման ժամանակ առաջին հերթին փոփոխվում է դրա զգայունությունը: Մաշկի ընկալիչների ռեակցիաների տեղային ճառագայթահարման փոփոխությունները նկատվում են 2 Ռ (0,02 Գր) դոզայի դեպքում: Դոզայի բարձրացման դեպքում տեղի են ունենում մաշկի ընկալիչային գոյացումների ձևաբանական փոփոխություններ:

Տարբեր կենդանիների մոտ ճառագայթահարման նկատմամբ մաշկի ռեակցիան արտահայտվում է վերջինիս կառուցվածքին համապատասխան: Օրինակ՝ ոչխարների մոտ նկատվում է մազաթափություն, խոզերի մոտ՝ մաշկի կարմրություն և արյունազեղում: Մարդկանց մոտ մաշկի կարմրումը ճառագայթահարման ախտանիշ է և կոչվում է մաշկակարմրության (երթեմային) դոզա:

Գաղափարահարման նկատմամբ ոչխարների մաշկի ռեակցիան արտահայտվում է մազաթափությամբ (էպիլյացիա): Այս երևույթը, մյուս կենդանիների համեմատ, ոչխարների մոտ առավել ակնառու է արտահայտված և պայմանավորված է մազապարկերի ատրոֆիայի առաջացմամբ: Մաշկի փոփոխություններ նկատվում են 5 Գր և ավելի դոզայով ճառագայթահարումից հետո (նկ. 31, 32):

Մաշկի վրա նկատվող առաջնային փոփոխություններից են ճառագայթային այրվածքները, իսկ ավելի ուշ առաջանում են քրոնիկ դերմատիդ, ճառագայթային ֆիբրոզ, ճառագայթային խոց և այլն: Մաշկի ճառագայթային ախտահարման բնորոշ առանձնահատկություններից է կազմալուծական (դեստրուկտիվ) պրոցեսների գերակշռությունը վերականգնողական (ռեգեներատիվ) պրոցեսների նկատմամբ: Մաշկի ուշ

ախտահարումների ախտածնության ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ դրանց առաջացման պրոցեսում կարևոր նշանակություն ունեն մանր արյունատար ու ավշային անոթների ախտահարումները և արյան մակարդեղիության բարձրացումը (հիպերկոագուլյացիա):



**Նկ. 31. Ոչխարի մաշկի հյուսվածքի կտրվածքը.
ա) չճառագայթահարված (ստուգիչ) և բ) 3 Գր զամմա-
ճառագայթահարումից 6 ամիս անց (ֆոլիկուլների և
ծարպագեղձերի ատրոֆիկ փոփոխություններ):**



**Նկ. 32. Ոչխարի վիճակը 3 Գր դոզայով զամմա-ճառագայթա-
հարումից 24 օր անց (ըստ Ն.Պ. Լիսենկոյի, Մ.Վ. Շչուկինի):**

Մաշկի ճառագայթային ուշ ախտահարումների զարգացումն ընթանում է հետևյալ հաջորդականությամբ. իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ մաշկում զարգանում են կազմափոխական (դեգեներատիվ) պրոցեսներ: Գաղափարների կլանված դոզայի մեծությամբ են պայմանավորված մաշկի կառուցվածքային տարրերի կազմալուծական պրոցեսները, որոնց հետևում են սկլերոտիկ երևույթներ, հատկապես ավշային անոթներում, ինչն առաջացնում է արյան շրջանառության խանգարում, հիպօքսիա և մաշկի ատրոֆիա, ծանր դեպքերում՝ նաև մաշկի ճառագայթային խոց:

Հարակցական հյուսվածքի նյութը հիմնականում բաղկացած է սպիտակուցներից և լորձաբազմաշաքարներից (մուկոպոլիսախարիդ): Այն օժտված է բարձր ճառագայթազգայնությամբ: 700–750 Ռ (7 Գր) դոզայով ճառագայթահարումից մեկ ժամ հետո նկատվում է բազմաշաքարների ապապոլիմերացում, սակայն 5-րդ օրից հետո սկսվում է վերականգնողական պրոցեսը:

Գաղափարահարման ազդեցությամբ փոփոխվում է շարակցական հյուսվածքի բջջային կազմը, բնորոշ երևույթ է ֆիբրոբլաստային բջիջների թվի նվազումը և պլազմատիկ բջիջների հարաբերական քանակի ավելացումը, ինչպես նաև առաջանում են երկկորիզ և բազմակորիզ բջիջներ:

Օրգանիզմում շարակցական հյուսվածքի ընդհանուր վիճակի գնահատման համար կիրառվում է տարիքային կենսաքիմիական ցուցանիշը, որը հեքսոզամինի և կոլագենի հարաբերությունն է (հ/կ): Որոշ հերոնտոլոգներ և կենսաքիմիկոսներ առաջարկում են այդ ցուցանիշը կիրառել կենդանու տարիքը որոշելու համար. տարիքի մեծացման հետ հ/կ ցուցանիշը փոքրանում է: Գաղափարահարված կենդանիների մոտ ավելի շուտ է առաջանում հյուսվածքների ծերացման պրոցեսը, համապատասխանաբար նաև տարիքային կենսաքիմիական ցուցանիշի նվազումը: Երիտասարդ և աճող կենդանիների մոտ այս երևույթը ցայտուն է արտահայտվում:

ԻՈՆԱՅՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈՍԿՐԵՐԻ, ԱՃՈՒՆԵՐԻ ԵՎ ՄԿԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Գաղափարահարումը բոլոր տեսակի կենդանիների մոտ առաջացնում է ոսկրային և աճառային հյուսվածքների փոփոխություններ:

Ոսկրային և աճառային հյուսվածքների ճառագայթազգայունությունն էապես կախված է կենդանու տարիքից: Երիտասարդ, աճող

կենդանիների մոտ նշված հյուսվածքներն առավել զգայուն են, ընդ որում՝ աճառային բջիջներն ավելի զգայուն են, քան ոսկրային բջիջները:

Սեռահասուն կենդանիների մոտ ոսկրի ախտահարումներ կարող են առաջանալ 30 Գր դոզայով տեղային ճառագայթահարման դեպքում, ինչի հետևանքով նեղանում են արյունատար անոթները, խանգարվում է սնուցումը: Սկզբնական շրջանում խանգարումներ առաջանում են հիմնականում աճառի և սպունգանման ոսկրի միացման տեղերում. դրանք անջատվում են միմյանցից: Երիտասարդ կենդանիների ճառագայթահարման ժամանակ դանդաղում է ոսկրերի աճը, առաջանում են տարբեր ձևափոխություններ (ոսկրերի կարճացում, կորացում և այլն):

Ոսկրերի ճառագայթային ախտահարման գաղտնի շրջանի տևողությունը կախված է կենդանու տեսակից և պրոցեսի ծանրության աստիճանից: Տարբերում են ոսկրերի ճառագայթային ախտահարման հետևյալ տեսակները՝ օստեոպորոզներ, օստեոնեկրոզներ, օստեոմիելիտներ, որոնք կարող են բարդանալ ջարդվածքներով, հոդախախտումներով, իսկ հետագայում՝ վերածվել չարորակ ուռուցքների:

Ոսկրերի և աճառների արտահայտված փոփոխություններ նկատվում են այն ժամանակ, երբ օրգանիզմ են ներթափանցում «ոսկրասեր» իզոտոպներ: Գանգի ճառագայթահարման դեպքում մեծանում է ատամների կարիեսի առաջացման հավանականությունը, երիտասարդ կենդանիների մոտ դանդաղում է դրանց աճը:

Սկանային հյուսվածքը նվազ ճառագայթազգայուն է. ձևաբանական փոփոխություններն առաջանում են տեղային ճառագայթահարման մի քանի հազար ռենտգեն դոզաների ազդեցությամբ:

ԲՆԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՆՆԵՐԻ ՓՈՔՐ ԴՈԶԱՆԵՐԻ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՊՐՈԳՆՆԵՐՈՒՄ

Բնական ճառագայթային ֆոնը գոյություն ունի Երկրի պատմության ողջ ընթացքում: Հետևաբար՝ բնական ճառագայթաակտիվությունը միջավայրի յուրահատուկ գործոն է, որտեղ տեղի է ունենում օրգանիզմների թե օնոտոգենեզային, թե ֆիլոգենեզային զարգացումը:

Վ.Ի. Վերնադսկին, Մ. Կյուրին, ավելի ուշ՝ Ա.Ի. Օպարինը և Մ. Կալվինը գտնում էին, որ Երկրի կյանքի էներգետիկ աղբյուրներն են

արեգակնային լույսը և միջուկային էներգիան:

Բնական ճառագայթաակտիվությունը կազմում են տիեզերական ճառագայթները և երկրագնդի կեղևի ճառագայթաակտիվ տարրերը: Տիեզերական ճառագայթման ինտենսիվությունը երկրագնդի մակերեսի վրա կայուն չէ, այն փոփոխվում է՝ կախված արեգակնային ակտիվությունից, ծովի մակերևույթի նկատմամբ բարձրությունից, աշխարհագրական լայնությունից և կլիմայական պայմաններից (աղ. 11):

Երկրի բնական ռադիոակտիվ ֆոնի մյուս բաղադրամասը բնական ռադիոակտիվ տարրերն են՝ ուրանը, ռադիումը, կալիումը, թորիումը, ածխածինը, տրիտին և այլն: Դրանք տարածված են բնության մեջ և հանդիպում են սփռված վիճակում՝ հողում, ապարներում, ջրում, օդում, ինչպես նաև մտնում են բուսական և կենդանական բոլոր հյուսվածքների բաղադրության մեջ:

Աղյուսակ 11

Օրգանիզմի հյուսվածքների կողմից կլանված բնական ճառագայթման դոզաները, ՄԶՎ/գ
(ըստ Ի. Բելոուսովայի և Յու. Շտուկենբերգի)

ճառագայթման աղբյուրը	Փափուկ հյուսվածքներ և սեռական գեղձեր	Ոսկրեր	Թոքեր	Ոսկրածուծ
1. Տիեզերական ճառագայթում	0,88	0,88	0,88	0,88
2. Հողի և շինությունների գամմա-ճառագայթում	0,84	0,66	0,66	0,66
3. Մթնոլորտային օդի գամմա-ճառագայթում	0,036	0,036	0,036	0,036
4. Գունարային արտաքին ճառագայթում	1,76	1,58	1,58	1,58
5. Գունարային ներքին ճառագայթում	0,036	0,48	6,0	0,18
6. Ճառագայթում բոլոր աղբյուրներից	2,12	2,06	7,58	1,76

Բնական ռադիոիզոտոպների քանակությունը Երկրի տարբեր շրջաններում տարբեր է: Բնական ռադիոիզոտոպների բարձր պարունակությամբ աչքի են ընկնում Բրազիլիայի Էսպիրիտու-Սանտու և Ռիո-դե-ժանեյրո նահանգները, Յնդկաստանի Քերալի և Մադրասի շրջանները, Նոր Զելանդիայի որոշ կղզիներ, Աֆրիկայի Նեդոս և Կոնգո գետերի դելտաները, Ֆրանսիայի և Չեխիայի թերթաքարային ու ավազային շրջանները և այլն:

Երկրի վրա բնական ռադիոակտիվությունն աստիճանաբար նվազում է, քանի որ ռադիոակտիվ տարրերն անընդհատ քայքայվում են և կորցնում իրենց ռադիոակտիվությունը, ուստի այն ժամանակում, երբ սկսվել են Երկրի վրա կյանքի առաջացման պրոցեսները, ռադիոակտիվությունը շատ ավելի բարձր է եղել: Այդ շրջաններում առաջացել է քիմիական և կենսաքիմիական էվոլյուցիա, սկսվել են օրգանական նյութերի սինթեզման պրոցեսները: Այնուհետև էվոլյուցիայի այդ ձևն իր ուժգնությամբ զիջում է մորֆոլոգիական և ֆիզիոլոգիական էվոլյուցիայի ձևերին: Ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ օրգանիզմների ճառագայթազգայունությունը և ճառագայթակայունությունը կախված է դրանց զարգացման աստիճանից: Առավել պարզ կառուցվածքի օրգանիզմները՝ մանրէներն ու վիրուսները, օժտված են բարձր ճառագայթազգայունությամբ: Օրգանական աշխարհի զարգացման սկզբնական շրջանում գերիշխում էին օրգանիզմներ, որոնք ունակ էին կուտակել զգալի ռադիոակտիվ տարրեր կենսասինթետիկ պրոցեսների էներգետիկ պահանջներն ապահովելու նպատակով: Օրգանիզմների բարդացման հետ մեկտեղ հյուսվածքների տարաբաշխումն ու ինտեգրացումը, մետաբոլիզմի կարգավորումը թուլացնում է հյուսվածքների ճառագայթակայունությունը: Բնական ռադիոակտիվության մակարդակն արտացոլում է կենդանի օրգանիզմների զարգացման աստիճանը:

Օրգանիզմների նոր տեսակների առաջացման պրոցեսում մեծ նշանակություն ունի բնական ռադիոակտիվության ֆոնի գեներտիկական ազդեցությունը, որի ժամանակ տեղի է ունենում ժառանգական հատկանիշների փոփոխություն: Ներկայումս հաստատված է, որ բարձր ռադիոակտիվ ֆոն ունեցող շրջաններում դիտվում է բույսերի յուրօրինակ տեսակների առատություն:

Ժամանակակից տվյալները հնարավորություն են տալիս ենթադրել, որ կենդանի օրգանիզմները բարձր ռադիոակտիվ ֆոնի նկատմամբ հարմարվողականություն ունեն: Այդ մասին է վկայում այն

հանգամանքը, որ 10-100 անգամ բարձր ռադիոակտիվ ֆոն ունեցող շրջաններում գտնվող բուսական և կենդանական, ինչպես նաև մարդկանց օրգանիզմներում արտահայտված փոփոխություններ չեն հայտնաբերվում, նրանք սերունդների ընթացքում հարմարվել են ճառագայթների բարձր դոզաներին:

Այսպիսով՝ բնական ռադիոակտիվությունը, որպես արտաքին միջավայրի գործոն, բուսական և կենդանական օրգանիզմների ֆիզիոգենեզն ապահովող էներգիայի աղբյուրներից մեկն է:

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը օրգանիզմների կենսագործունեության վրա որոշակի պայմաններում կարող է լինել խթանիչ, ընկճող և մահացու: Ժամանակակից ռադիոկենսաբանության կարևորագույն խնդիրներից մեկը կենդանի օրգանիզմների վրա իոնացնող ճառագայթների փոքր դոզաների ազդեցության ուսումնասիրությունն է՝ նկատի ունենալով այն հանգամանքը, որ ատոմային էներգետիկան և ռադիոնուկլիդների, իզոտոպների օգտագործումը մարդու գործունեության պայմաններում օրեցօր ընդլայնվում է:

ՍՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության առանձնահատկությունները:
2. Ճառագայթների ուղղակի և անուղղակի ազդեցության տեսությունները:
3. Ճառագայթների միջնորդավորված ազդեցությունը:
4. Առավել ճառագայթազգայուն և ճառագայթադիմացկուն կենդանիներ:
5. Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը բջջի վրա:
6. Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը նյարդային, մարսողական, սրտ-անոթային, շնչառական համակարգերի, արյունաստեղծ օրգանների, արյան, ներզատական և սեռական գեղձերի, զգայարանների, մաշկի և ոսկրերի վրա:
7. Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը սաղմի, պտղի և հղիության ընթացքի վրա:
8. Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը կենդանիների իմունաբանական ռեակտիվության վրա:
9. Բնական ճառագայթումը և իոնացնող ճառագայթների փոքր դոզաների նշանակությունը կենսաբանական պրոցեսներում:

ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՆՏԱՂԱՐՈՒՄՆԵՐԸ

Ճառագայթային ախտահարումը (radiation damage) օրգանների, հյուսվածքների, օրգան-համակարգերի վնասումն է իոնացնող ճառագայթների ազդեցության հետևանքով: Ավելի հաճախ ճառագայթային ախտահարումները պայմանավորված են իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցությամբ՝ կենդանի նյութի կողմից ճառագայթային էներգիայի կլանմամբ: Այդ պրոցեսի հետևանքով առաջանում են բջջի զանազան բաղադրիչ մասերի, այդ թվում՝ ԴՆԹ-ի, ԱԵՖ-ի, կոֆերմենտների մոլեկուլային մակարդակով այնպիսի փոփոխություններ, որոնցով պայմանավորվում է հետագա խանգարումների ընթացքը:

Իոնացնող ճառագայթները, առանց բացառության, ախտահարում են օրգանիզմի գրեթե բոլոր հյուսվածքների կառուցվածքն ու ֆունկցիաները: Մարդկանց և կենդանիների մոտ կարող են առաջանալ ինչպես ընդհանուր, այնպես էլ տեղային ախտահարումներ:

Տարբերում են կենդանիների ճառագայթային ախտահարումների երեք հիմնական ձև (radiation damage).

1. ճառագայթային հիվանդություն,
2. ճառագայթային այրվածքներ,
3. ճառագայթների ազդեցության հեռավոր հետևանքներ:

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Ճառագայթային հիվանդությունը (radiation disease) օրգանիզմի ընդհանուր կենսագործունեության խանգարումն է, որն արտահայտվում է բոլոր օրգան-համակարգերի լուրջ կառուցվածքային և ֆունկցիոնալ փոփոխություններով: Ճառագայթային հիվանդությունն առաջանում է իոնացնող ճառագայթների արտաքին ազդեցության և ռադիոնուկլիդների օրգանիզմ ներթափանցման հետևանքով: Կախված դոզայից, դոզայի հզորությունից և ազդման տևողությունից՝ հիվանդությունը կարող է զարգանալ սուր և քրոնիկ ընթացքով:

ՍՈՐ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Սուր ճառագայթային հիվանդությունը օրգանիզմի ընդհանուր հիվանդությունն է, որն առաջացնում է բոլոր օրգան-համակարգերի

ախտահարում: Առաջանում է համեմատաբար կարճ ժամանակահատվածում բարձր դոզաներով միանվագ կամ կրկնակի ճառագայթահարման դեպքում: Միջուկային պայթյունների ժամանակ միանվագ ճառագայթահարում է համարվում պայթյունից հետո առաջին չորս օրերի ընթացքում անընդմեջ ճառագայթահարումը, որն օրգանիզմում առաջացնում է 1 Գր գերազանցող կլանված դոզա:

Ըստ ընթացքի ծանրության՝ օրգանիզմում իոնացնող ճառագայթների ընդհանուր գումարային դոզայի, տարբերում են հիվանդության չորս աստիճան:

Առաջին աստիճան. թեթև՝ առաջանում է 1,5-2 Գր (150-200 Ռ) դոզաների ներգործության դեպքում:

Երկրորդ աստիճան. միջին՝ 2-4 Գր (200-400 Ռ):

Երրորդ աստիճան. ծանր՝ 4-6 Գր (400-600 Ռ):

Չորրորդ աստիճան. գերծանր՝ առաջանում է 6 Գր-ից (600 Ռ) բարձր դոզաների ներգործության դեպքում:

«Մահ ճառագայթի տակ»։ ճառագայթների անչափ մեծ դոզայի կլանման դեպքում մահը վրա է հասնում ակնթարթորեն:

Սուր ճառագայթային հիվանդության տևողությունը 2-4 շաբաթ է: Միջին և ծանր սուր ճառագայթային հիվանդությունը պայմանականորեն զարգանում է չորս շրջանով.

առաջին՝ սկզբնական-առաջնային հակազդեցության ռեակցիաների շրջան,

երկրորդ՝ գաղտնի, թաքնված (լատենտ) շրջան կամ կարճեցյալ ապաքինում,

երրորդ՝ ճառագայթային հիվանդության կլինիկական նշանների բուռն արտահայտման շրջան,

չորրորդ՝ վերականգնման շրջան, երբ տեղի է ունենում լրիվ կամ թերի ապաքինում:

Հիվանդության այս փուլերը դիտվում են կիսամահացու դոզաներով ճառագայթահարված բոլոր գյուղատնտեսական կենդանիների մոտ, որոշ տեսակային առանձնահատկություններով: Ընդհանուր առմամբ ճառագայթային հիվանդության ընթացքը կախված է մի շարք գործոններից՝ ճառագայթման տեսակից (ռենտգենյան և գամմա-ճառագայթներ, նեյտրոններ, α - և β -մասնիկներ), դոզայի մեծությունից և հզորությունից, օրգանիզմի յուրահատկություններից, արտաքին գործոններից: Թեթև և գերծանր հիվանդությունների դեպքում հնարավոր չէ սահմանել ստույգ որևէ շրջան:

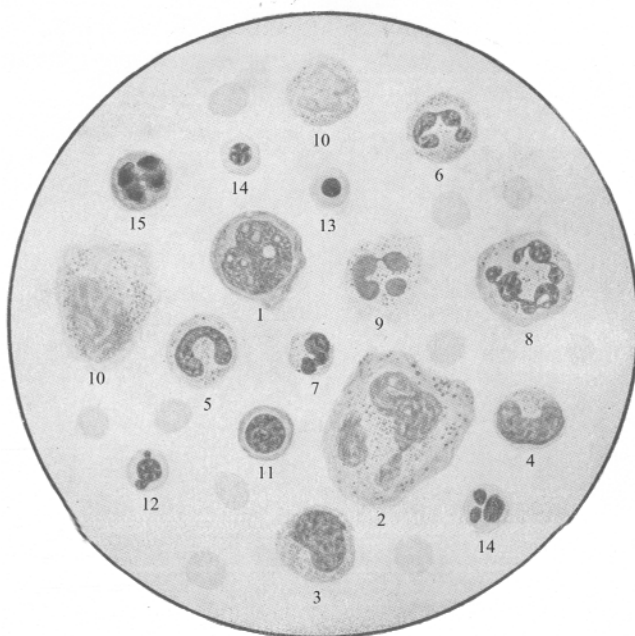
Սուր ճառագայթային հիվանդության *սկզբնական՝ առաջնային հակազդեցության ռեակցիաների շրջանը (առաջին շրջան)* զարգանում է ճառագայթահարումից անմիջապես հետո և տևում է մի քանի րոպեից մինչև 2-3 օր:

Առաջին շրջանի բնորոշ ախտանիշներն են նյարդային համակարգի ֆունկցիայի փոփոխությունները, յուրօրինակ գրգռվածությունը, ընկճվածությունը և ընդհանուր թուլությունը, ջերմաստիճանի կարճատև բարձրացումը: Ախորժակը վատանում է, խախտվում է սրտի ռիթմը (տախիկարդիա), առաջանում է շնչահեղձություն: Նկատվում է լորձաթաղանթների գերարյունություն, երբեմն՝ արյունազեղումներով, թքարտադրություն, արցունքազատություն: Ուժեղանում է աղիքների գալարակծկանքը, առաջանում է լուծ, որոշ կենդանիների մոտ՝ նաև փսխում: Այսինքն՝ տեղի են ունենում կենտրոնական, վեգետատիվ և ծայրամասային նյարդային համակարգերի լուրջ փոփոխություններ:

Ճառագայթային ախտահարման սկզբնական շրջանում արյունաստեղծ օրգաններում տեղի է ունենում արյան բջիջների հասունացման արագացում (նկ. 33, 34, 35): Ոսկրածուծում արագանում է ցուպիկակորիզավոր ու հատվածակորիզավոր նեյտրոֆիլների և էրիթրոբլաստների քանակի ավելացում: Առաջանում են բջջապլազմայից զրկված մեգակարիոցիտներ, էրիթրոբլաստներում նկատվում է կորիզի քայքայում: Արյան հետազոտության ժամանակ հայտնաբերվում են լիմֆոցիտների նվազում, նեյտրոֆիլային լեյկոցիտոզ, ռետիկուլոցիտների և մակրոցիտների քանակն ավելանում է, իջնում է դրանց ռեզիստենտությունը: Նախնական հակազդեցության մարումից հետո ճառագայթահարված կենդանիների մոտ նկատվում է վիճակի սուբյեկտիվ բարելավում, և սկսվում է հիվանդության երկրորդ շրջանը:

Ճառագայթային հիվանդության *գաղտնի կամ թաքնված շրջանը (երկրորդ շրջան)* տևում է մի քանի օրից մինչև 2-3 շաբաթ:

Հիվանդության ծանր ձևի ժամանակ երկրորդ շրջանը կարճ է տևում, երբեմն կարող է նաև բացակայել: Այս դեպքում առաջնային ռեակցիաներից հետո սկսվում է երրորդ շրջանը:

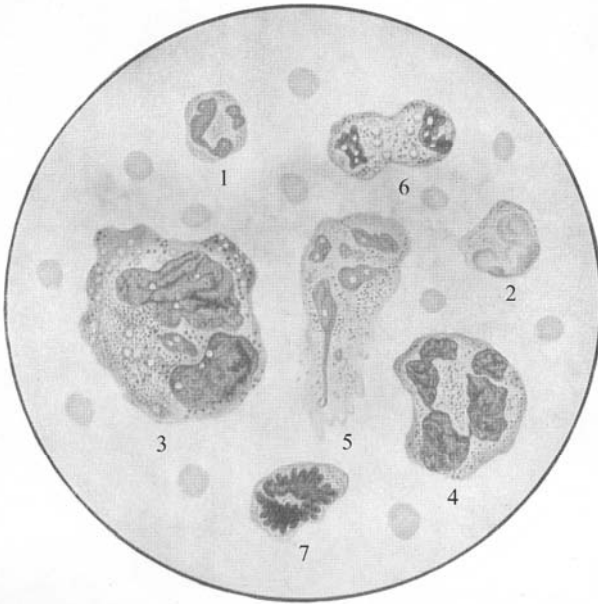


Նկ. 33. Առաջնային ռեակցիաների շրջան.

1. միելոբլաստ՝ ցիտոպլազմայի և կորիզի վակուոլացումով, **2.** պրո-միելոցիտ՝ կորիզի հատվածներով, **3.** միելոցիտ՝ եղինոֆիլային հատիկավորությամբ, **4, 5, 6.** պատանի, ցուպիկակորիզավոր, հատվածակորիզավոր նեյտրոֆիլներ, **7.** գրանուլոցիտների պիկնոզ, **8.** հիպոքրոմատոզ, **9, 10.** ցիտոլիզ, **11.** էրիթրոբլաստներ, **12.** ֆրագմենտոզ, **13.** պիկնոզ, **14.** կարիորեքսիս, **15.** էրիթրոբլաստի պիկնոզ, միտոզի կիսման փուլում:

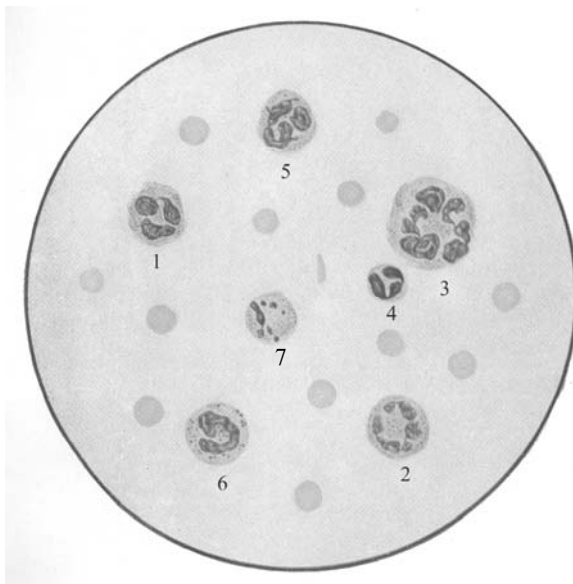
Երկրորդ շրջանում կենդանիները գտնվում են կլինիկապես բավարար վիճակում, սակայն այդ ժամանակ օրգանիզմում տեղի են ունենում մի շարք ախտաբանական փոփոխություններ: Շարունակվում է լիմֆոցիտաստեղծման ընկճվածությունը, լիմֆոցիտները նվազում են 30-50 %-ով, նվազում է մաև էրիթրոցիտների և թրոմբոցիտների քանակը: Արյան մեջ տեղի է ունենում նեյտրոֆիլների կորիզային

տեղաշարժ դեպի աջ: Արյունաստեղծ օրգաններում և ծայրամասային արյան մեջ զարգանում են բջիջների դեգեներատիվ-դեստրուկտիվ (քայքայման) բնույթի փոփոխություններ՝ վակուոլացում, կորիզի պիկնոզ, քրոմատոլիզ, գաճաճ և գերաճ (հսկա) բջիջներ, ավելանում է քայքայված բջիջների քանակը, խախտվում միտոտիկ կիսման պրոցեսը: Այս շրջանի վերջում նկատվում են ստամոքսաաղիքային համակարգի ֆունկցիայի խանգարում (լուծ), բրոնխիտ, թոքաբորբ, ինչպես նաև լորձաթաղանթների արյունազեղումներ: Որոշ կենդանիների մոտ նկատվում է մազաթափություն (էպիլացիա) (նկ. 31, 32):



Նկ. 34. Ոսկրածուծի մեյոտրոֆիլների փոփոխությունները ճառագայթային հիվանդության ժամանակ.

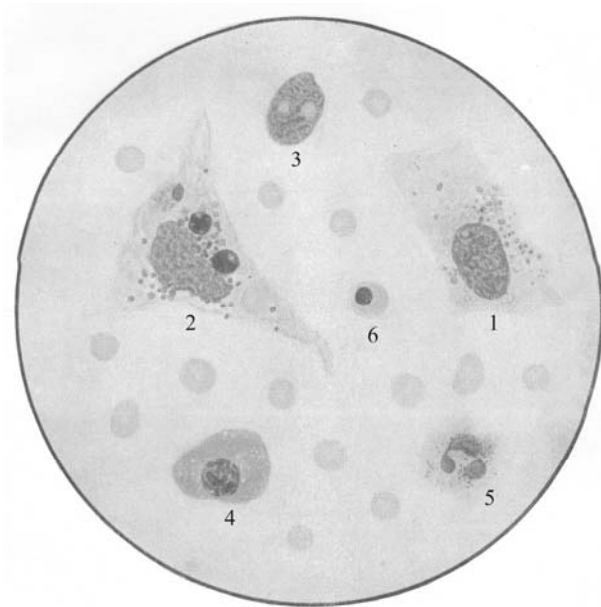
1. հատվածակորիզավորներ մեյոտրոֆիլների քրոմատոլիզ, 2. պատանի ձևի հիպոքրոմատոզ, 3, 4. հսկա հատվածակորիզավոր մեյոտրոֆիլ՝ բազոֆիլային հատիկավորությամբ, 5. մեյոտրոֆիլի ցիտոլիզ, 6. բջիջների վակուոլացում, 7. մասնակի պիկնոզ:



Նկ. 35. Ծայրամասային արյան մեյոտոֆիլները նորմալ վիճակում և դրանց փոփոխությունները ճառագայթային հիվանդության ժամանակ.

1. նորմալ մեյոտոֆիլ, 2, 3, 4. բազմահատվածավոր մեյոտոֆիլներ՝ նորմալ, հսկա և գաճաճ չափսերի, 5. մեյոտոֆիլների կորիզի ֆրագմենտոզ, 6. պիկնոզ, 7. ռեքսիս:

Ճառագայթային հիվանդության **երրորդ շրջանը կլինիկական մշանների արտահայտման շրջանն է**, որն սկսվում է ճառագայթահարումից 1-3 շաբաթ հետո՝ կախված ճառագայթահարման դոզայից. ինչքան բարձր է դոզան, այնքան վաղ է սկսվում այս շրջանը: Առավել բնորոշ ախտանիշներից են արյունահոսական համախտանիշը, արյունաստեղծ օրգանների գործունեության խանգարումների սաստկացումը, փոխվում է արյան պատկերը, նվազում է հեմոգլոբինի քանակը, արագանում է էրիթրոցիտների մատեցման ռեակցիան, արյան մակարդման տևողությունը երկարում է: Վատանում է մարսողական, շնչառական և սրտանոթային համակարգի օրգանների գործունեությունը, բարձրանում է մարմնի ջերմությունը, առաջանում է տենդ: Նկատվում է ընդհանուր ընկճվածություն, ախորժակի վատացում: Մաշկը չորանում է և կորցնում առաձգականությունը:



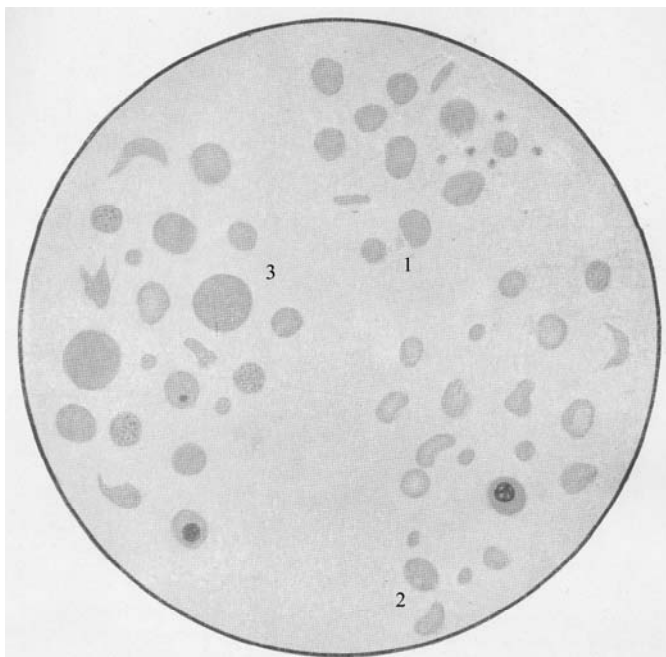
Նկ. 36. Արտահայտված փոփոխությունների շրջան.

1, 2. ռետիկուլային բջիջներ (ցանցաման), որոնք պարունակում են մեծ քանակությամբ արյունային գունանյութ և ֆագոցիտոզի ենթարկված էրիթրոցիտների, մեյտրոֆիլների մնացուկներ, 3. ռետիկուլային բջջի կորիզ, 4. պլազմատիկ բջիջ՝ պրոտոպլազմայի վակուոլացումով, 5. մեյտրոֆիլի ցիտոլիզ, 6. էրիթրոբլաստի պիկնոզ:

Լորձաթաղանթների վրա նկատվում են արյունազեղումներ: Բթըմպանի ու կոկորդի այտուցման և թոքային հյուսվածքի բորբոքային պրոցեսների զարգացման հետևանքով դժվարանում է շնչառությունը, առաջանում է շնչահեղձություն: Կատարաարյունահոսային բորբոքման են ենթարկվում ստամոքսը և աղիքները, նկատվում են փորլուծություն և բերանի խոռոչի լորձաթաղանթների դիստրոֆիկ պրոցեսներ:

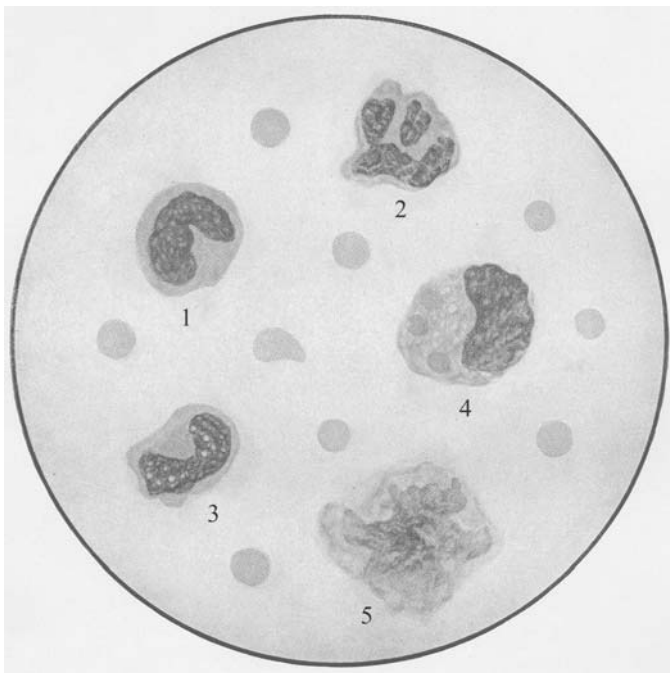
Չիվանդության նշանների զարգացման հաջորդականությունը կարող է խախտվել: Կարևոր ախտանիշներից են արյունաստեղծման ընկճվածության աստիճանը և լեյկոցիտների թվի զգալի նվազումը: Լեյկոցիտների թվի նվազումը մինչև 1000 և ցածր, իսկ թրոմբոցիտների թվի նվազումը համարյա մինչև զրո համարվում են կյանքին սպառ-

նացող հատկանիշներ: Էրիթրոցիտների պարունակությունը դանդաղ է անկում և ուղեկցվում է անիզոցիտոզով, պոյկիլոցիտոզով, արյան մեջ նկատվում են էրիթրորլաստներ և մեգալորլաստներ: Արյան գունային ցուցանիշը հաճախ բարձրանում է մեկ միավորից: Լեյկոցիտների ֆագոցիտային ակտիվությունը և արյան բակտերիցիտային հատկությունները նվազում են, ինչի հետևանքով ճառագայթային հիվանդությունը հաճախ ուղեկցվում է սեպտիկական ինֆեկցիայով (նկ. 36, 37, 38):



Նկ. 37. Էրիթրոցիտները նորմալ վիճակում և ճառագայթային հիվանդության ժամանակ.

1. նորմոցիտներ, 2. անիզոցիտոզ, պոյկիլոցիտոզ, հիպոքրոմ էրիթրոցիտներ, 3. մեգալոցիտներ՝ էրիթրոցիտներ բազոֆիլային հատիկավորությամբ, ժուլիո մարմնիկներով պոյկիլոցիտոզ, էրիթրորլաստներ:



Նկ. 38. Արյան մոնոցիտների փոփոխությունները ճառագայթային հիվանդության ժամանակ.

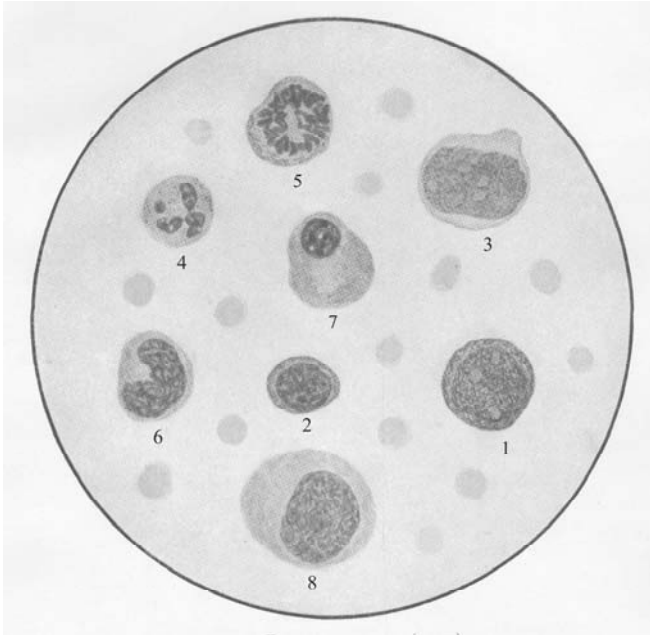
1. նորմալ մոնոցիտ, 2, 3. կորիզի վակուոլացում և սեզմենտավորում, 4. էրիթրոֆագոցիտոզ, 5. կարիոլիզ:

ճառագայթային հիվանդության կլինիկական նշանների արտահայտման շրջանի տևողությունը կախված է ճառագայթահարման դոզայից:

Կիսամահացու դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում կենդանի մնացած հիվանդների մոտ 1-1,5 ամիս հետո սկսվում է **չորրորդ՝ վերականգնման շրջանը (հիվանդության ելք):**

Առողջացումը սուր ճառագայթային հիվանդությունից հետո պայմանական է, քանի որ շատ օրգաններ և ֆունկցիաներ խանգարումների հետևանքով կարող են փոխհատուցվել (կոմպենսացվել) միայն մասնակիորեն: Վերականգնումը տեղի է ունենում աստիճանաբար: Նախ կարգավորվում է ջերմաստիճանը, ապա դադարում են արյունահոսությունները:

Ռետիկուլոցիտների ի հայտ գալը արյան մեջ վկայում է արյունաստեղծ համակարգի ֆունկցիայի վերականգնման մասին: Հետագայում ավելանում է հատիկավոր լեյկոցիտների (գրանուլոցիտների), լիմֆոցիտների, թրոմբոցիտների քանակը (նկ. 39, 40):

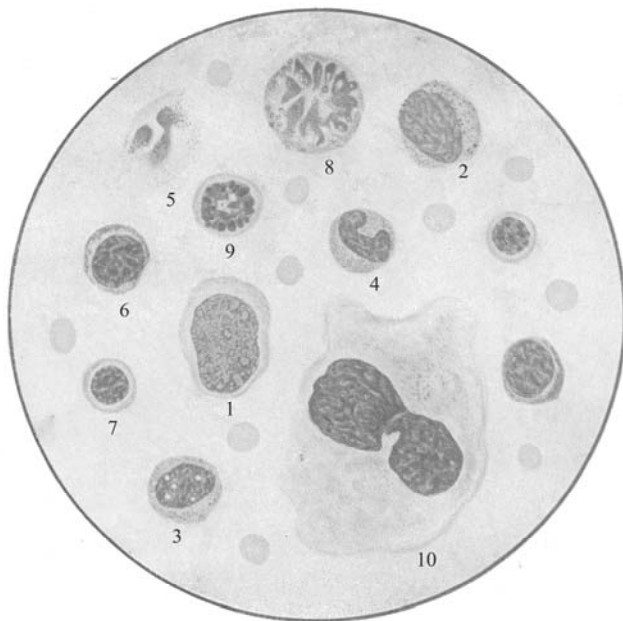


Նկ. 39. Վերականգնման շրջանի սկիզբը.

1. պրոերիթրոբլաստ, 2. բազոֆիլային էրիթրոբլաստ, 3. միելոբլաստ, 4. հատվածակորիզ մեյտրոֆիլ, 5. էրիթրոբլաստի միտոզ, 6. մոնոցիտ, 7, 8. պլազմատիկ և ռետիկուլային բջիջներ:

Աստիճանաբար կարգավորվում է նյութափոխանակությունը և տրոֆիկ ֆունկցիաները: Այդ մասին են վկայում մազաթափված, բրդաթափված հատվածներում մաշկի ծածկույթի վերականգնումը:

Առողջացած կենդանիների քաշը չի վերականգնվում, բուրդը նոսր է, սպիտակած (մուգ մազածածկ ունեցող կենդանիների մոտ), կյանքի ֆիզիոլոգիական տևողությունը կրճատվում է, կենդանիները ժամանակից շուտ են ծերանում: Թուլանում է հատկապես դիմադրողականությունը վարակիչ հիվանդությունների նկատմամբ:



Նկ. 40. Վերականգնման շրջան.

1. միելոբլաստ, 2. պրոմիելոցիտ, 3. մեյոթոֆիլային միելոցիտ կորիզի և ցիտոպլազմայի վակուոլացումով, 4. պատանի եռզինոֆիլ, 5. գրանուլոցիտի ցիտոլիզ, 6, 7. բազոֆիլային և պոլիքրոմատոֆիլային էրիթրոբլաստներ, 8, 9. գրանուլոցիտի և էրիթրոբլաստի միտոզ, 10. մեզակարիոցիտ:

Առավել կայուն հետևանքներից մեկը օրգանիզմի ընդհանուր թուլությունն է, որն արտահայտվում է արագ վրա հասնող հոգնածությամբ, ընդհանուր և սեռական ֆունկցիայի թուլացմամբ, էգ կենդանիների մոտ օվուլյացիայի խանգարմամբ, իսկ արուների մոտ՝ ազոսպերմիայով:

Վերականգնման շրջանի ընթացքում հիվանդությունը կարող է կրկնվել այս կամ այն կլինիկական նշանների գերակշռությամբ:

Վերականգնման շրջանը հիվանդության թեթև աստիճանի դեպքում ընթանում է բավականին արագ: Միջին ծանրության դեպքում ապաքինումը տեղի է ունենում աստիճանաբար՝ 3-6 ամսվա ընթացքում,

երբեմն էլ հիվանդությունը ստանում է քրոնիկ բնույթ: Հիվանդության ծանր ընթացքի դեպքում վերականգնման շրջանը տևում է 8-9 ամիս, և կենդանին լրիվ չի ապաքինվում: Դրանց մոտ պահպանվում է վարակիչ և ոչ վարակիչ հիվանդությունների նկատմամբ ցածր դիմադրողականությունը, վերարտադրողական ընդունակությունները թուլանում են, կրճատվում է կյանքի տևողությունը և այլն:

Ճառագայթային հիվանդության սուր ընթացքը չափազանց ծանր աստիճանի դեպքում խոշոր կենդանիների մոտ տևում է 10-20 օր և սովորաբար ավարտվում է կենդանու անկումով:

Հիվանդության սուր ընթացքի դեպքում կենդանիների անկումը տեղի է ունենում հիմնականում առաջին և երկրորդ շրջանների ընթացքում: Մեծ դժգանքով ճառագայթահարման ժամանակ տեղի է ունենում «մահ ճառագայթի տակ» կամ դրանց ազդեցության 2-3-րդ օրը: Կենդանիների վաղ անկման ժամանակ ախտաբանաանատոմիական փոփոխությունները սովորաբար աննշան են լինում:

Մանրադիտակային զննումների ընթացքում փոփոխություններ են նկատվում ոսկրածուծում, փայծաղում, ավշային հանգույցներում, մազանոթների պատերում, շարակցական հյուսվածքում: Հիվանդության վաղ շրջանում կենդանու անկման պատճառ են դառնում թվածնի քաղցր (հիպօքսիա), տոքսեմիայի առաջացումը, թոքերի այտուցումը:

Ճառագայթային հիվանդության սուր ընթացքի ծանր և միջին աստիճանների դեպքում կենդանիների անկումը տեղի է ունենում հիմնականում հիվանդության երրորդ շրջանում, որը համապատասխանում է ճառագայթահարման 2-4-րդ շաբաթին:

Ներքին ճառագայթահարման ժամանակ սուր ճառագայթային հիվանդության ընթացքն ավելի թույլ է արտահայտված և մի շրջանից մյուսին անցումն ավելի սահուն է ընթանում:

Օրգանիզմ ներթափանցած երկարակյաց ռադիոակտիվ իզոտոպների ազդեցությանը բնորոշ է անընդհատ ներքին ճառագայթահարումը, ինչի հետևանքով հիվանդության շրջանները չեն սահմանազատվում, և հիվանդությունն ստանում է քրոնիկ ընթացք: Ռադիոակտիվ նյութերի օրգանիզմ ներթափանցման ժամանակ հիվանդության պատկերն ավելի վառ է արտահայտվում այն օրգանների կողմից, որտեղ դրանք պահեստավորվում են (ռետիկուլոէնդոթելյար համակարգություն, ոսկրածուծ, լյարդ, մկաններ և այլն), կամ դրանց միջոցով արտազատվում-հեռացվում են օրգանիզմից (երիկամներ, աղիներ, լեղուղիներ և այլն):

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԱԽՏԱՐԱՆԱՆԱՏՈՄԻՎԱԿԱՆ ՊԱՏԿԵՐԸ

Ճառագայթային հիվանդության կլինիկական ընթացքից կախված (սուր, ենթասուր, քրոնիկական, թեթև, միջին ծանրության, ծանր) նկատվում է ախտաբանաանատոմիական փոփոխությունների որոշ տարբերություն: Այսօր արդեն բավականին մանրակրկիտ է ուսումնասիրված է սուր ճառագայթային հիվանդության ախտաբանությունը: Այս դեպքում հիվանդության տևողությունը 3 շաբաթից չի անցնում և դրան բնորոշ է ձևաբանական (մորֆոլոգիական) փոփոխությունների համալիրը:

Զնայած ձևաբանական փոփոխություններն արտահայտվում են նաև հիվանդության գաղտնի շրջանում, սակայն դրանք իրենց զարգացման գագաթնակետին են հասնում հիվանդության բուռն զարգացման շրջանում՝ ավելի վաղ արտահայտված լինելով կենդանիների անկման դեպքում:

Դիախերձման ժամանակ երևում է, որ մազերը, բուրդը, փետուրները հեշտությամբ թափվում են, մաշկի վրա կան մազազուրկ հատվածներ: Մաշկի վրա կարող են լինել նաև այրվածքներ, որոնք հետևանք են մաշկածածքի կողմից կլանված էներգիայի: Հայտնաբերվում են մաշկի, լորձաթաղանթների, պարենխիմատոզ օրգանների արյունազեղումներ: Արյունահոսական համախտանիշը սուր ճառագայթային հիվանդության բնորոշ նշաններից է և կարևոր նշանակություն ունի տվյալ հիվանդության ելքի համար: Ճառագայթային հիվանդության համար չափազանց բնորոշ են արյունաստեղծ օրգանների փոփոխությունները ոսկրածուծը ջրիկանում, մոսրանում է՝ կորցնելով իր սովորական խտությունը, դառնում դեղնակարմրավուն: Նկատվում է ոսկրածուծի արագ ամայացում, դատարկում, դեղին ոսկրածուծը (ճարպային) արյունախառն է, այտուցավորված:

Արյունալեցման հետևանքով ավշային հանգույցները մեծացած են: Բոլոր օրգաններում արյան շրջանառության խանգարման նշանների հետ մեկտեղ (կանգ, արյունազեղում, արյունահոսություն, այտուց և այլն) նկատվում են դիստրոֆիայի երևույթներ: Հիվանդությանը բնորոշ են սեռական գեղձերի փոփոխությունները՝ հատկապես արուների մոտ: Սերմնարտադրման խողովակներում էպիթելը լրիվ բացակայում է: Պահպանվում են միայն առանձին սպերմատոգոնիաներ և սերտոլյան բջիջներ: Չվարաններում նկատվում են ֆոլիկուլների դեգեներատիվ

նեկրոբիոտիկ փոփոխություններ:

Ճառագայթային հիվանդության ժամանակ միջհյուսվածքային փոխանակության խանգարման հետևանքով առաջանում են ոսկրային հյուսվածքի փոփոխությունները դիստրոֆիկ փոփոխություններ՝ բջջի քայքայման, դրանց շեշտակի նվազման, թելիկների ու միջանկյալ նյութի կազմափոխության ձևով:

Ճառագայթային հիվանդության հետևանքով նյարդային համակարգում ընթացող փոփոխությունները երկար ժամանակ աննշան էին համարվում: Ներկայումս կլինիկապես և փորձնականորեն, ինչպես նաև ժամանակակից հյուսվածքաբանական տեխնիկայի կիրառման օգնությամբ նյարդային համակարգի առանձին տարրերում հայտնաբերվել են թելիկների դեմիելինիզացիայի նշաններ: Նկատվում են նեյրոգլիայի մի շարք փոփոխություններ, որոնք վկայում են գլխուղեղի նյութափոխանակության պրոցեսների խանգարման մասին: Նյարդային համակարգի դիստրոֆիկ փոփոխությունները զարգանում են ճառագայթային հիվանդության համար չափազանց բնորոշ՝ անոթային խանգարումներին զուգահեռ: Ախտաբանաանատոմիական փոփոխություններն առավել արտահայտված են ճառագայթային հիվանդության երրորդ շրջանում: Շների և խոզերի համար այս շրջանում բնորոշ են պետեխիաներից, էքստրավազատներից և հեմատոմաներից առաջացած տարբեր ձևի և մեծության հեմորագիաներ գրեթե բոլոր ներքին օրգաններում՝ գլխուղեղում, ողնուղեղում, ստամոքսի պիլորիկ հատվածի պատում, որովայնամիզում, միզասեռական օրգաններում և այլն:

Խոզերի և այծերի մոտ հեմատոմաներ համդիպում են երիկամային բջջանքում, արյան մակարդուկները կուտակվում են երիկամի տաշտակում, ուղեղային շերտում հայտնաբերվում են պետեխիաներ: Համենատաքար քիչ են հեմորագիաները ոչխարների և ավանակների մոտ:

Այսպիսով, ճառագայթային հիվանդության ախտաբանաանատոմիական ամենաբնորոշ նշանը հեմորագիաների (արյունահոսական երևույթների) առաջացումն է:

ՔՐՈՆԻԿ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությունը ևս օրգանիզմի ընդհանուր հիվանդություն է, որը կենդանիների մոտ կարող է առաջանալ

փոքր դոզաներով տևականորեն կրկնվող արտաքին ճառագայթահարման, ինչպես նաև ռադիոակտիվ իզոտոպների օրգանիզմներթափանցման հետևանքով: Այն կարող է նաև լինել սուր ճառագայթային հիվանդության հետևանք:

Ճառագայթային հիվանդության քրոնիկ ընթացքի ժամանակ ախտահարվում են կենդանու գրեթե բոլոր օրգանները: Հիվանդությունը վաղ շրջանում դրսևորվում է ֆունկցիոնալ խանգարումների ձևով, որոնք հետագայում կարող են հանգեցնել սնուցողական լուրջ փոփոխությունների՝ օրգանների դիստրոֆիա, հյուսվածքների վերականգնողական (ռեգեներատիվ) ընդունակությունների կորուստ, ինֆեկցիայի հարուցիչների նկատմամբ օրգանիզմի դիմադրողականության նվազում, անպտղության առաջացում:

Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությունը, ըստ ախտահարման խորության, բաժանում են երեք աստիճանի՝ թեթև, միջին և ծանր:

Թեթև աստիճանի քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությանը բնորոշ են նյարդառեֆլեքսային բնույթի խանգարումները, որոնք արտահայտվում են անկայուն և վերադարձելի փոփոխություններով բոլոր օրգան-համակարգերի կողմից: Հատկապես նկատվում են օրգանիզմի ընդհանուր թուլություն, նյութափոխանակության և զանազան նյարդասնուցողական խանգարումներ, ինչպես նաև մարսողության խանգարման երևույթներ, ախորժակի անկում, ախիլիա, աղիների գալարակծումների թուլացում, լյարդի վնասում: Մաշկը չորանում է, քոր է գալիս: Կարող է զարգանալ վեգետատիվ-անոթային անկայունություն՝ զարկերակային ճնշման իջեցում կամ բարձրացում: Արյան ձևավոր տարրերի քանակը մնում է ֆիզիոլոգիական ցածր մակարդակի սահմաններում: Նկատվում է բջջի պիկնոզ, ֆրագմենտոլիզ, թրոմբոցիտների քանակի պակասում: Ծայրամասային արյան կազմում նկատվում է ռետիկուլոցիտների քանակի ավելացում, թույլ արտահայտված լեյկոցիտոզ՝ լիմֆոցիտոզով:

Միջին աստիճանին բնորոշ են արյունաստեղծ օրգանների ֆունկցիայի զգալի ընկճում, արյունահոսություն, լեյկոցիտների, լիմֆոցիտների, նեյտրոֆիլների, էրիթրոցիտների քանակի նվազում: Միջին աստիճանին բնորոշ են նաև կարգավորող հատկանիշների առավել արտահայտված խախտումները, հատկապես արյան, մարսողական օրգանների, նյարդային և սրտանոթային համակարգերի ֆունկցիոնալ անբավարարությունները:

Ծանր աստիճանը բնութագրվում է կազմալուծական (դեստրուկ-

տիվ) և հետաճ (ատրոֆիկ) կարգի ձևաբանական խախտումներով, հատկապես արյունաստեղծ և մարսողական օրգաններում, նյարդային և այլ համակարգերում: Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդության ժանր աստիճանի համար բնորոշ է ներզատիչ գեղձերի՝ հատկապես մակերիկամների, վահանագեղձի, հիպոֆիզի, սեռական գեղձերի խանգարումները: Ձգալիորեն վատթարանում է նյարդային համակարգի վիճակը. դա առաջին հերթին բնորոշվում է ռեֆլեքսային գործունեության խանգարմամբ, որն արտահայտվում է պայմանական ռեֆլեքսների ժամանակի երկարացման, ջլային և վերնոսկրային ռեֆլեքսների անկման ձևով: Վերլուծիչների ֆունկցիոնալ խանգարումները կարելի է հեշտությամբ հայտնաբերել հատուկ ֆունկցիոնալ հետազոտության միջոցով: Արտահայտված խանգարումներ են առաջանում ոսկրերում՝ օրգանիզմ ներթափանցած ռադիոակտիվ նյութերի ազդեցությամբ, որն արտահայտվում է մարմնի տարբեր մասերի ու վերջավորությունների ուժեղ ցավով:

Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդության ժանր աստիճանին բնորոշ են նաև սեռական օրգանների փոփոխությունները: Հատկապես աչքի են ընկնում սերմնաբջջիների վնասումները, բազմաթիվ քրոմոսոմային խտորումները (աբերացիաներ)՝ դրանց ատիպիկ ձևերի ալելացումը, սերմնավիժման (էակուլիատի) քանակի նվազումը, կարող է վրա հասնել ստերիլության, սերմնարանների ատրոֆիա: Այդ բոլոր փոփոխությունները արու կենդանիների մոտ հանգեցնում են անպտղության: Էգերի մոտ երկարում է և խանգարվում սեռական ցիկլի ընթացքը: Բեղմնավորումը և պտղի զարգացումը խախտվում է, իսկ պտղի մահվան պատճառով պակասում է պտղատվությունը: Այսպիսով՝ իոնացնող ճառագայթահարումն անբարենպաստ ազդեցություն է գործում նաև կենդանիների վերարտադրման ֆունկցիայի վրա:

Մարսողության խանգարումները սաստկանում են, կենդանիների ախորժակն ընկնում է, փորկապությունը փոխարինվում է լուծով. այս ամենը ստամոքսաաղիքային ուղու հյութազատիչ, շարժիչ և ներծծման պրոցեսների խանգարման հետ մեկտեղ վկայում են էնտերոկոլիտների զարգացման մասին: Լյարդի սահմանները մեծանում են, թուլանում են հակաթունային և այլ կարևորագույն ֆունկցիաները, որոնք կարելի է հայտնաբերել տարբեր ֆունկցիոնալ հետազոտությունների միջոցով:

Հեմոռագիկ համախտանիշը սաստկանում է և զարգանում է նույն մեխանիզմով, ինչ սուր ճառագայթային հիվանդության ժամանակ՝ թրոմբոցիտոպենիա, արյան մակարդման պրոցեսի խանգարում,

գլխավորապես հիպոպրոտեինեմիա, պրոթրոմբինի գոյացման պակասում և հեպարինի ավելացում, արյունատար անոթների պատի թափանցելիության մեծացում: Մաշկի և լորձաթաղանթների վրա զարգանում են արյունազեղումներ, պետեխիաներ, էկսիմոզներ, հեմոռագիկ ստոմատիտ, գինգիվիտ (լնդերի, բերանի լորձաթաղանթի վրա), ստամոքսի, աղիքների լորձաթաղանթում, պարենքիմային օրգաններում արյունազեղումներ, արյունալեցում: Քթից, ներքին օրգաններից դիտվում է արյունահոսություն, կղկղանքի և մեզի հետ նույնպես արյան մակարդուկներ են արտազատվում կամ էլ թարմ արյուն՝ հեմատուրիա: Ծայրամասային արյան պատկերը ենթարկվում է քանակական և որակական փոփոխությունների՝ լեյկոպենիա՝ բացարձակ նեյտրոպենիայով և լիմֆոպենիայով: Նեյտրոֆիլներում հայտնաբերվում են տոքսիկ հատիկավորում, կորիզի հատվածավորում, կնճռոտում, քրոմատոլիզ, հսկա բջիջ գերհատվածավորված կորիզով, մաս գաճաճ բջիջ՝ կնճռոտված կորիզով, ընդհուպ կորիզի քայքայում և լեյկոցիտների քայքայում: Կարմիր արյան ցուցանիշները ավելի դանդաղ են նվազում՝ էրիթրոցիտների, հեմոգլոբինի քանակը նվազում է 20-50 %-ով, էրիթրոցիտների նստման արագությունը՝ ավելանում: Ոսկրածուծի քսուքներում դիտվում է էրիթրոիդ ու միելոիդ շարքի երիտասարդ ձևերի նվազում, պլազմային ու ռետիկուլային բջիջների քանակական ավելացում: Կենդանիների մահը վրա է հասնում արյունահոսական համախտանիշի պայմաններում: Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդությունն ուղեկցվում է իմունիտետի և իմունոգենեզի զգալի թուլացմամբ: Իմունիտետի առանձին գործոնների ակտիվությունը, օրգանիզմի դիմադրողականությունը մանրէների նկատմամբ փոփոխվում է: Շեշտակիորեն ընկնում է մաև արհեստական իմունիտետը, ալերգիկ ռեակցիաներն աղավաղված են:

Իմունակենսաբանական անբավարարության համախտանիշը նպաստում է վարակիչ հիվանդությունների զարգացմանը, որոնք հաճախ ավարտվում են մահով:

ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍԱԿԱՅԻՆ ԱՌԱՆՁՆԱՂԱՅԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

ՁԻԵՐԻ ԵՎ ԱՎԱՆԱԿՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Ընդհանուր արտաքին գամմա-ճառագայթահարման ժամանակ ՄԴ 50-80/30 դոզաներով ձիերի և ավանակների սկզբնական հակազդեցությունները (ռեակցիա) արտահայտվում են ճառագայթների ներգործությունից անմիջապես հետո: Կենդանիների մոտ նկատվում են անհամգստություն, շոշափական զգայունության բարձրացում, սրտի հրման և տոների ուժեղացում, առաջանում են շնչառական աղմուկներ: 30 րոպե անց նկատվում է կրծքավանդակի և վերջավորությունների դող, 1 ժամ հետո դողը տարածվում է մարմնի բոլոր մասերում: Անոթազարկն արագանում է մեկուկեսից երկու անգամ, շնչառությունը՝ հինգ և ավելի անգամ առաջանում է շնչառգելիության փոփոխակ: Նկատվում է լուծ: Կենդանին անտարբեր է դառնում ջրի և կերի նկատմամբ: Առաջին օրվա մյուս ժամերին զրգռվածությամբ հաջորդում է ընկճվածությունը: Շարունակվում է կմախքային մկանների դողը: Կենդանին հաճախ պառկում է, վիզը ձգում, գլուխը դնում հատակին, նայում որովայնին: Դժվարությամբ է ոտքի կանգնում, գլուխը կախում է: Մարմնի ջերմությունը բարձրանում է 0,5-1°C-ով: Հիվանդության երկրորդ օրը կենդանին ընկճված է, մկանային դողը պահպանվում է, նկատվում է արտաքին սեռական օրգանների այտուցավորում, պոչային ռեֆլեքսը թուլացած է: Անոթազարկը 1 րոպեում հասնում է 120-ի, շնչառությունը իջնում է և հասնում նորմային, շնչառական շարժումները կտրուկ են, խորը: Արյան մեջ էրկոցիտների թիվն ավելանում է մեկուկես անգամ՝ երիտասարդ նեյտրոֆիլների հաշվին, իսկ լիմֆոցիտների թիվը նվազում է և հասնում մինչև 2 %:

Հիվանդության 3-5-րդ օրը կենդանու վիճակը համեմատաբար լավանում է. ընկճվածության աստիճանը նվազում է, ախորժակը վերականգնվում է, մարմնի ջերմությունն իջնում և պահպանվում է նորմայի սահմաններում, անոթազարկի և շնչառության հաճախականությունը նույնպես իջնում է: Քթանցքերի և աչքերի արտազատուկները դառնում են թափանցիկ: Շաղկապենին գերարյունացված է: Սրբանային, պոչային և որովայնային ռեֆլեքսներն ուժեղանում են: Լեյկոցիտների քանակը նվազում է 50 %-ով, իսկ լիմֆոցիտներին՝ բարձրանում է 4 %-ով:

Հիվանդության 7-9-րդ օրն սկսվում է երրորդ շրջանը, որը տևում է 1-3 շաբաթ: Հիվանդի ընդհանուր վիճակը վատանում է, կենդանին նիհարում է, մարմնի ջերմությունը պահպանվում է ֆիզիոլոգիական նորմայի վերին մակարդակի վրա, անոթազարկն արագացած է, նկատվում է առիթմիա: Աչքերից հոսում է սպիտակավուն լորձափեղուկ: Լորձաթաղանթները գունատ են: Իջնում են արյունաբանական ցուցանիշները՝ հեմոգլոբինը 50-70, էրիթրոցիտները 60-70, լեյկոցիտները 20-40, թրոմբոցիտները 20-30%-ով՝ առողջ կենդանու համեմատությամբ: Աստիճանաբար զարգանում են արյունահոսության ախտանիշները, երբեմն նկատվում են էնցեֆալոմիելիտին բնորոշ ախտանիշներ: Ծանր դեպքերում ախտահարվում են աչքերը (շաղկապենու բորբոքում, եղջերաթաղանթի պղտորում և խոցավորում): Շաղկապենու ուժեղ այտուցման հետևանքով կոպերը երբեմն դուրս են շրջվում: Անկունից 1-2 օր առաջ կենդանին լինում է ընկճված, հյուծված, լնդերից արյուն է հոսում, նկատվում է արյունախառն թքահոսություն, արցունքահոսություն, ախորժակը բացակայում է, քայլվածքը՝ երերուն է, շարժումները՝ կաշկանդված: Վերջավորությունների դրվածքը՝ ոչ բնական, կրծքայինն առաջ քաշած, գավակայինը՝ հետ: Մազերը խամրած են, շոշափական, ցավային և այլ ռեֆլեքսները՝ թուլացած: Անոթազարկը թույլ է, հաճախակի և առիթմիկ, շնչառությունը դժվարացած է: Քթանցքերից հոսում է արյունախառն հեղուկ: Մահը հաճախ վրա է հասնում մինչև 4 ժամ տևող հոգեվարքից հետո: Կենդանին, որպես կանոն, պառկած է կողքի վրա, գլխով և ոտքերով հարվածում է գետնին, կատարում է քառատրոփ արշավի շարժումներ, նկատվում է ուժեղ դող և քրտնարտադրություն: Երբեմն մահը վրա է հասնում հանկարծակի. կենդանին ընկնում է և 1-2 րոպե հետո մահանում:

Կենդանի մնացածների մոտ ոչ բարենպաստ պահվածքի պայմաններում ճառագայթահարումից 3-5 տարի անց և ավելի ուշ ժամկետներում կարող են անկման դեպքեր նկատվել սուր ճառագայթային հիվանդության ախտանիշներով:

Ախտաբանաանատոմիական դիափերձման ժամանակ նկատվում է արտահայտված դիակային փայտացում, մաշկի մեխանիկական վնասվածքներ՝ քերծվածքներ, այտուցներ, վերքեր: Լորձաթաղանթները լինում են գունատ և արյունազեղված: Սիրտը լայնացած է, սրտամկանը թառամած՝ եփած մսի գույնի: Թոքերն այտուցված են և բորբոքված: Փայծաղը փոքրացած է, պատիճը կնճռոտված, մակերեսին կետային արյունազեղումներ: Լյարդը թառամած է, արյունալցված և արյու-

նագեղված: Երիկամները արյունալցված են, միջշերտային սահմանը անհետացած, արյունագեղված, ավշային հանգույցները՝ մեծացած, հյութեղ, կտրվածքը վառ կարմիր: Ստամոքսաաղիքային ուղու պարունակությունը ջրիկ է և կարմիր, պատերին տարբեր մեծության և վաղեմության արյունագեղումներ:

Հայտնի են դեպքեր, երբ ճառագայթահարումից 3-4 օր հետո ձիերի և ավանակների մոտ արագորեն զարգանում է արյունահոսական համախտանիշ՝ առաջացնելով մահ: Կենդանիները, որոնք 30 օրվա ընթացքում չեն սատկում, սովորաբար առողջանում են:

ԽՈՇՈՐ ԵՂՋԵՐԱՎՈՐ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Կենդանիների մոտ ՄԴ 50/30 դոզայով ճառագայթահարման առաջին երեք օրերի ընթացքում (հիվանդության առաջին շրջան) դիտվում են գրգռվածություն և դող: Մարմնի ջերմությունը անմշան բարձրանում է և մեկ օր հետո անցնում: Որոշ կենդանիների մոտ այն հասնում է մինչև 41-42°C: Հաճախ կենդանին այդ ջերմությամբ տեմդի 4-7-րդ օրը անկում է:

Կենդանի մնացածների մոտ հաջորդ 7-10 օրերի ընթացքում (զաղտնի շրջան) հիվանդության կլինիկական նշաններ չեն նկատվում: Երբեմն առաջանում է թեթև փորլուծություն՝ արյունախառն արտաթորանքով, որը աղիքների լորձաթաղանթի վնասվածության առաջին ախտանիշն է: Առաջին 10-16 օրերին թույլ փորլուծության նշաններ են նկատվում գրեթե բոլոր ճառագայթահարված կենդանիների մոտ: Երրորդ շաբաթում երևան են գալիս կլինիկական ախտանիշները՝ տենդային երևույթներ, ընդհանուր թուլություն, հետևի վերջավորությունների այտուցում, ընկճվածություն, ախորժակի վատացում կամ լրիվ բացակայություն, տախիկարդիա և շնչառության արագացում, արյունախառն փորլուծություն: Ճառագայթահարված կենդանիների մոտ խախտվում է հատկապես շնչառությունը: Այն արագացած է և մակերեսային: Այնուհետև շնչառությունը դառնում է հարկադրական և ուղեկցվում խզզոցներով ու հազով: Քթանցքերից ծորում է բաց դեղնագույն, հետո կարմրագույն արտազատուկ: Հաճախ առաջանում է թոքերի, կոկորդի և ըմպանի այտուցում: Կենդանիների ապաքինումը սովորաբար սկսվում է ճառագայթահարումից 30-40 օր հետո՝ ակտիվ

բուժման հետևանքով:

Կենդանիների դիահերձման ժամանակ նկատվում են մեռուկացված օջախներ և արյունազեղումներ սրտամկանում, ստամոքսի և աղիքների պատերում, փայծաղում, թոքերում, լյարդում, լեղապարկում, միզապարկում, որովայնամիզում, ենթամաշկային բջջանքում և այլ օրգաններում:

Առավել բնորոշ փոփոխություններն են արյունահոսային դիաթեզը, թոքերի բորբոքումը, լիմֆոիդ հյուսվածքի և ոսկրածուծի ապաճը, ստամոքսաաղիքային ուղու խոցային երևույթները:

ՈՂԽԱՐՆԵՐԻ ԵՎ ԱՅԾԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԴԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Այս կենդանիների մոտ ՄԴ 50/30 դոզաներով ճառագայթահարման դեպքում առաջին 2-3 օրերին առաջանում են դյուրագրգռություն, ախորժակի անկում, երբեմն լուծ: Այնուհետև սկսվում է գաղտնի շրջանը, որը կարող է տևել 10-15 օր և ավելի:

Դիվանդության երրորդ շրջանի սկզբում նկատվում է ընկճվածություն, ախորժակի անկում, մաշկի ցավոտություն, մազաթափություն: Մաշկի մերկացած մասերում նկատվում են գերարյունություն, արյունազեղումներ: Առաջանում է քթի լորձաթաղանթի շճային բորբոքում, խանգարվում է ստամոքսաաղիքային ուղու օրգանների գործունեությունը, բարձրանում է մարմնի ջերմությունը: Ոչխարները նիհարում են և հյուժվում:

Տարբեր ցեղի այծերի մոտ ճառագայթազգայունությունը տարբեր է, և ՄԴ 50-ը կարող է տատանվել 250-600 Ռ (2,5-6 Գր) սահմաններում: Այծերի ճառագայթային հիվանդության ժամանակ աղվամազերը չեն թափվում, կենդանիներն ընկճվում են և շուտ հոգնում, կորցնում քաշը:

Ոչխարների և այծերի ճառագայթային հիվանդության ժամանակ արյան պատկերի փոփոխություններն արտահայտվում են ինչպես մյուս կենդանիների մոտ: Ծանր աստիճանի արտահայտման դեպքում լեյկոցիտների քանակը խիստ նվազում է առաջին 48 ժամվա ընթացքում՝ հասնելով մինչև 2000 1 մմ³ արյան մեջ, և ոչխարները 7 օրում մահանում են:

ԽՈՋԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ

Խոզերի մոտ ՄԴ 50-80/30 դոզաներով ճառագայթահարումից մեկ ժամ հետո նկատվում է անհամգաստություն, մկանային դող, ախորժակի անկում, ծարավ, վախկոտություն: Երեք ժամ հետո նկատվում է ընկճվածություն, խոզերը պառկում են, կեր և ջուր չեն ընդունում, դյուրագրգիռ են: Արյան մեջ լեյկոցիտների քանակն ավելանում է 10-20 %-ով՝ նեյտրոֆիլների ավելացման հաշվին, իսկ լիմֆոցիտների քանակը նվազում է երեք անգամ:

Հիվանդության 3-4-րդ օրը ճառագայթահարման նկատմամբ առաջացած առաջնային հակազդեցությունը մարում է: Օրգանիզմի ընդհանուր վիճակը լավանում է, սակայն լեյկոցիտների քանակն արագ նվազում է 40-60 %-ով, իսկ 7-րդ օրը՝ 70-80 %-ով:

Հիվանդության 8-9-րդ օրը ականջների հետևում, որովայնապատի և աճուկների մաշկի վրա առաջանում են արյունազեղումներ: Որոշ կենդանիների մոտ վերջավորություններն այտուցված են, ախորժակը վատանում է, սկսվում է կլինիկական ախտանիշների արտահայտման շրջանը:

Հաջորդ օրերին հիվանդ խոզերի ընդհանուր վիճակը կրկին վատանում է: Մաշկը և լորձաթաղանթները գունազրկվում են, առաջանում են բազմաթիվ կետային արյունազեղումներ: Մարմնի ջերմությունը, անոթազարկի և շնչառության հաճախականությունը պահպանվում են նորմայի սահմաններում:

Հիվանդության 14-16-րդ օրերին խոզերն ընկճվում են, վատ են ուտում: Մարմնի ջերմությունը, անոթազարկը և շնչառությունը պահպանվում են նորմայի սահմաններում: Լեյկոցիտների քանակը նվազում է 80-90 %-ով, էրիթրոցիտները՝ 30-40, հեմոգլոբինը՝ 50-60, թրոմբոցիտները՝ 70-80 %-ով: Մեզում և կղանքում առաջանում են արյան մակարդուկներ, քթից արյուն է հոսում:

Սուր ճառագայթային հիվանդության ժանր աստիճանի դեպքում խոզերն անկում են 18-25-րդ օրը: Մահից 2-3 օր առաջ դիտվում են ընդհանուր ընկճվածություն, բացակայում է ախորժակը, ջուր չատ են խմում: Շարժումների ժամանակ կենդանին հազում է: Ենթաճնոտային ավշային հանգույցների շոշափումն առաջացնում է ցավ: Դիտվում է արյունախառն ուժեղ լուծ, կղանքը սև գույնի է՝ նեխահոտով: Մեզը մուգ կարմիր է՝ արյան մակարդուկներով: Ականջները և դունչը երբեմն այտուցվում են, արյունազեղումներով:

Կյանքի վերջին ժամերին կենդանին ուժասպառ է լինում, բացակայում է օրգանիզմի հակազդեցությունը բոլոր տեսակի գրգռիչների նկատմամբ: Վերջավորությունները սեղմվում են մարմնին: Անոթազարկը արագ է և թույլ, շնչառությունը՝ մակերեսային և անհամաչափ: Վերջավորությունները ջղաձգվում են, կենդանին ճղավոցով կատարում է լողի շարժումներ: Հոգեվարքը սովորաբար կարճ է տևում՝ ռոպեներ, վայրկյաններ:

Ախտաբանաանատոմիական դիախերձման ժամանակ հայտնաբերվում է արտահայտված փայտացում: Մաշկում և ենթամաշկային բջջանքում առկա են տարբեր չափի և ձևի արյունազեղումներ: Արյունը, սովորաբար, մակարդված է: Կրծքավանդակի օրգանների վրա նկատվում են կետային, բծային և զուլավոր արյունազեղումներ: Թոքերն այտուցված են, մարմարանման, բրոնխները և թոքերը բորբոքված: Փայծաղը փոքրացած է, պատիճը՝ կնճռոտված: Լյարդը մեծացած է, թառամած, մակերեսի անհավասար գունավորվածությամբ: Լեղապարկը ձգված է, պատերին նկատվում են արյունազեղումներ: Լեղին մածուցիկ է, մուգ կանաչավուն գույնի: Երիկամները թառամած են, կեղևային շերտերը վատ են սահմանազատված: Ստամոքսաաղիքային ուղին պարունակում է քիչ քանակությամբ կերային զանգված և կերակրախյուս: Մարսողական ուղու բոլոր օրգանների պատերն արյունազեղված են: Ավշային հանգույցները մեծացած են, այտուցված, մուգ կարմիր գույնի:

Այն հիվանդ կենդանիները, որոնք ապրում են 45 օր, սովորաբար չեն անկում: Ապաքինումն ընթանում է համեմատաբար արագ՝ 3-4 ամսում, սակայն օրգանիզմի որոշ ֆունկցիաներ, օրինակ՝ վերարտադրողական, վերականգնվում է դանդաղ, հաճախ՝ ոչ լրիվ:

ԸՆՏԱՆԻ ԹՈՂՈՒՆՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆՂՈՒԹՅՈՒՆ

Ընտանի թռչունները, ի տարբերություն ընտանի կենդանիների, առավել ճառագայթադիմացկուն են: Հավերի ճառագայթահարման վաղ ախտանիշն արտահայտվում է գլխի դողով, ապա աստիճանաբար առաջանում է ընկճվածություն: Հիվանդ թռչունը ժամերով մնում է տեղում, կիսաքուն վիճակում՝ պարանոցը ձգելով մերթ առաջ, մերթ հետ: Կատարը և օղերը այտուցվում են: Շնչառությունը դժվարանում է,

զարգանում է լորձաթաղանթների շճային բորբոքում, ծիրտը կանաչավուն գույնի է: Անկումը տեղի է ունենում հիվանդության 8-ից մինչև 35 օրերի ընթացքում: Երկար ապրող թռչունների փետուրները թափվում են, ածան հավերի ծվատվությունը պահպանվում է:

ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՉԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԱՆՏՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ճառագայթային հիվանդության ախտորոշումը անբավարար է մշակված, հատկապես ճառագայթահարման առաջին չորս օրերի համար: Քանի որ սուր ճառագայթային հիվանդությունը չունի խիստ յուրահատուկ ախտանշաններ, ուստի ախտորոշումը կատարվում է դոզաչափական, կլինիկական նշանների, արյունաբանական, կենսաքիմիական, իմունակենսաբանական և այլ լաբորատոր ուսումնասիրությունների տվյալների հիման վրա: Ախտորոշումը կատարվում է ֆիզիկական և կենսաբանական մեթոդներով: Լայն տարածում են գտել հատկապես ախտորոշման կենսաբանական մեթոդները, որոնք հիմնված են ամբողջ օրգանիզմի, առանձին օրգանների, հյուսվածքների, բջիջների, ենթաբջջային գոյացությունների ֆունկցիաների և կառուցվածքային ցուցանիշների ուսումնասիրության վրա՝ կախված դոզա-էֆեկտից: Կենսաբանական մեթոդով հնարավոր է առանց դոզաչափման ախտորոշել անհավասարաչափ, խառը և զուգորդված ճառագայթահարության հետևանքով առաջացած ճառագայթային հիվանդությունը՝ հաշվի առնելով օրգանիզմի ֆունկցիոնալ վիճակը, անհատական ճառագայթադիմադրողականությունը և այլն:

Ախտահարված կենդանիների տնտեսական օգտագործման գնահատման առումով առավել կարևոր նշանակություն ունի սուր ճառագայթային հիվանդության ախտորոշումը. այդ ժամանակ ուշադրություն է դարձվում հատկապես արյունաբանական ցուցանիշներին՝ հեմոգլոբինի պարունակությունը և էրիթրոցիտների քանակը ծայրամասային արյան մեջ, լեյկոպենիայի, թրոմբոցիտոպենիայի աստիճանը, արյան մակարդման արագությունը, միելոգրամման և արյան համակարգի այլ ռեակցիաները: Անհրաժեշտ է հաշվի առնել կլինիկական դրսևորման աստիճանը և արյունահոսական համախտանիշին բնորոշ ախտաբանաանատոմիական փոփոխությունները:

Առաջարկվում է օգտագործել կենսաքիմիական մեթոդների տես-
տեր, որոնց օգնությամբ կարելի է որոշել ԴՆԹ-ի, ՌՆԹ-ի, տարբեր սպի-
տակուցների, գլիկո- և լիպոպրոտեիդների մետաբոլիզմի փոփոխու-
թյան բնույթը, ֆերմենտների, վիտամինների, միջնորդանյութերի, հոր-
մոնների և այլ միացությունների խախտումները:

Մշակվում են արյան, արյունաստեղծ ոսկրածուծի, լորձաթաղանթ-
ների էպիթելի, ամորձիների սաղմնային էպիթելի և այլ օրգանների
քրոմոսոմային շեղումների հաճախականության և բնույթի որոշման
բջջածագումնաբանական մեթոդներ:

Ներկայումս ուսումնասիրվում են ախտորոշման կենսաֆիզի-
կական մեթոդները, մասնավորապես բջիջների հեմիլյունիսացենցիայի
մեթոդը. ճառագայթահարված կենդանու տարբեր օրգանների, օրինակ՝
արյան բջիջների լուսարձակման աստիճանով և ուժգնությամբ կարելի է
որոշել սուր ճառագայթային հիվանդության ծանրությունը և ելքը:
Սակայն այս եղանակը դեռևս չի կիրառվում, քանի որ աշխատատար է,
և պահանջվում են հատուկ սարքավորումներ:

Հեռանկարային մեթոդներից է իմունոլոգիական մեթոդը, որը հնա-
րավորություն է տալիս որոշել կլանված ճառագայթների դոզան, կան-
խատեսելու ծանրության աստիճանը և բուժման արդյունավետությունը:

Ճառագայթային հիվանդության ախտորոշման ժամանակ հաշվի
են առնվում առանձին օրգանների և հյուսվածքների ախտաբանաա-
տոմիական փոփոխությունները և հյուսվածքաքիմիական հետազոտու-
թյունների արդյունքները:

Սուր ճառագայթային հիվանդություններն այլ հիվանդություններից
(վարակիչ, ոչ վարակիչ և այլն) տարբերելու, ախտորոշման հավաս-
տիությունը հաստատելու և դրանց ելքը կանխատեսելու համար կիրա-
ռվում են տարբեր մեթոդներ:

ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆՆԱՐԳԵԼՈՒՄԸ ԵՎ ԲՈՒԺՈՒՄԸ

ԿԱՆՆԱՐԳԵԼՈՒՄԸ: Կենդանիների սուր և քրոնիկ ճառագայթային
հիվանդության կանխարգելումը և բուժումը կենդանիների ռադիոկեն-
սաբանության կարևոր խնդիրներն են: Ներկայումս մասնագիտական
գրականության մեջ նկարագրված են ավելի քան 3 հազար քիմիական
նյութեր՝ ռադիոպրոտեկտորներ, որոնք օժտված են ճառագայթապաշտ-

պանիչ ազդեցությամբ:

Սակայն ֆարմակոքինիական պաշտպանիչ միջոցների որոնումները հաճախ կատարվում են էմպիրիկ ձևով, քանի որ իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմը պարզաբանված չէ, պարզ չեն նաև ֆարմակոքինիական պաշտպանիչ միջոցների ազդեցության ուղիները օրգանիզմի ճառագայթադիմադրողականության վրա: Ենթադրվում է, որ նյութերը, ազդելով կենդանիների օրգանների և հյուսվածքների վրա, բարձրացնում են ճառագայթադիմադրողականությունը: Օրինակ՝ հյուսվածքներում բարձրացնում են էնդոգեն թիոլային միացությունների քանակը, թուլացնում են նյութափոխանակությունը, արգելակում են օքսիդացման ռեակցիաները և այլն:

Առավել լայն տարածում է գտել կենսաբանական պաշտպանությունը, որը ներառում է ադապտածին նյութերի օգտագործումը, այսինքն՝ այնպիսի նյութերի, որոնք բարձրացնում են օրգանիզմի ընդհանուր դիմադրողականությունը: Այդպիսի նյութերից են էլեուտերակոկը, վիտամինային համալիրները, միկրոտարրերը, մանրէապատրաստուկները, պրոպոլիսը, ժենշենը և այլ:

ԲՈՒԺՈՒՄԸ: Սուր ճառագայթային հիվանդության ժանր աստիճանի դեպքում կենդանիների բուժումը տնտեսապես նպատակահարմար չէ:

Տարբերում են ճառագայթային հիվանդության ախտածնային և ախտանշանային բուժում: Ախտածնային բուժման նպատակն է կրիտիկական օրգաններում՝ արյունաստեղծ, վերարտադրողական և նյարդաներզատիչ համակարգերում, ստամոքսաաղիքային ուղում, թոքերում կանխել և վերացնել ախտահարումների խորացումը: Այդ նպատակով խորհուրդ է տրվում օգտագործել վիտամին B₁₂, արյան փոխարինիչներ, մուկլեինաթթվային մատրիում, հանգստացնող դեղամիջոցներ, հակաբիոտիկներ, մանրէապատրաստուկներ, հակաարյունահոսական միջոցներ, արյան շիճուկի գլոբուլիններ, պատվաստանյութեր և այլն:

ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՄԱՇԿԱԾԱԾԿՈՒՅԹԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՅՐՎԱԾՔՆԵՐ

Պատմական տեղեկությունների համաձայն՝ Ռենտգենի կողմից ճառագայթների հայտնաբերումից հետո բժշկության, տեխնիկայի, և այլ բնագավառներում դրանց օգտագործման վաղ շրջանում ճառագայթային այրվածքներ հաճախ են հանդիպել:

Ֆրանսիացի գիտնական Բեքերելը, որին և պատկանում է ռադիոակտիվության հայտնաբերման պատիվը, տառապել է ճառագայթային այրվածքով: Նա գրպանում կրելով ռադիոակտիվ ռադիումը՝ որոշ ժամանակ անց այդ հատվածում ցավ է զգացել: Պարզվել է, որ մաշկը, որին հպվել էր փորձանոթը, ուժեղ կարմրել է, իսկ մի քանի օր անց այդ նույն տեղում առաջացել է երկարատև չբուժվող խոց:

Պիեռ Կյուրին նույնը փորձել է իր վրա: Այդ նպատակով նա 10 ժամ ձեռքի վրա կապած պահել է ռադիում պարունակող փորձանոթը: Արդյունքում կրկնվել է Բեքերելի հետ կատարված ողջ երևույթը. ձեռքի վրա առաջացել է խոց, որը ինչպես վկայել է Մարիա Կյուրին, բուժվել է չորս ամսվա ընթացքում:

Ներկայումս իոնացնող ճառագայթման աղբյուրների ավելացման հետևանքով՝ ճառագայթային այրվածքների առաջացման հնարավորությունը ևս աճել է: Թեև այժմ գոյություն ունի ռադիոակտիվ նյութերի և ճառագայթման աղբյուրների հետ աշխատելու պարզորոշ կարգավորում, այնուամենայնիվ այրվածքները հանդիպում են որպես դժբախտ պատահարի կամ էլ անփութության հետևանք:

Հայտնի է, որ ռենտգենյան և γ -ճառագայթները, ինչպես նաև նեյտրոններն ունեն խորը ներթափանցման ունակություն և հաճախ առաջացնում են ընդհանուր ախտահարում՝ ճառագայթային հիվանդություն: Սակայն β - և հատկապես α -մասնիկներն ունեն թույլ ներթափանցելիություն և առաջացնում են մաշկի ախտահարում:

Հիրոսիմայի ատոմային ռմբակոծության ժամանակ պայթյունի էպիկենտրոնին մոտ գտնվող կենդանիներն այլ ախտահարումների հետ մեկտեղ ստացել են նաև ուժեղ այրվածքներ, և դրանց ընդհանուր քանակի մոտ 1/3 զոհվել է այրվածքների հետևանքով: Կենդանիների մի մասի մոտ բրդածածկը այրվել է՝ առաջացնելով ածխացման աստիճանի այրվածքներ:

Իոնացնող ճառագայթները (արտաքին ճառագայթահարում), կախված ճառագայթների տեսակից, առաջացնում են կամ ճառագայթային հիվանդություն, կամ մաշկածածկույթի ախտահարում՝ ճառագայթային այրվածք: Այսպես՝ ճառագայթահարումը β - և հատկապես α -մասնիկներով, որոնք օժտված են թույլ թափանցելիությամբ, հիմնականում առաջացնում են մաշկի ախտահարում, իսկ ռենտգենյան և γ -ճառագայթները կամ նեյտրոններն օժտված են թափանցման մեծ ունակությամբ և հաճախ առաջացնում են ընդհանուր ախտահարում՝ ճառագայթային հիվանդություն. կենդանիների մոտ հիմնականում

առաջանում են մաշկի ախտահարումներ, որոնք հաճախ համակցված են ճառագայթային հիվանդության հետ:

Ճառագայթային այրվածքները առաջանում են մեծ քանակությամբ ռադիոակտիվ նյութերի ներգործության դեպքում, հիմնականում միջուկային պայթյուններից հետո: Գյուղատնտեսական կենդանիների մոտ մաշկածածկույթի ճառագայթային այրվածքներ են հայտնաբերվել 1945 թ. ԱՄՆ-ի Նևադա նահանգում՝ ատոմային հրաձգարանների մոտակայքում, որտեղ տեղի է ունեցել ատոմային վերգետնյա պայթյուն: 11 գլուխ կովերի նկատմամբ տարվել են դիտումներ 15 տարվա ընթացքում: Դրանց ընդհանուր վիճակը եղել է բավարար, և ամեն տարի տվել են առողջ սերունդ: Արյունաբանական ուսումնասիրությունների արդյունքում, որոնք կատարվել են պայթյունից 5 ամիս հետո, շեղումներ չեն հայտնաբերվել, միայն հետագայում լիատարիք կովերի մոտ առաջացել է թույլ արտահայտված լեյկոպեմիա: Իրանի մաշկը՝ պարանոցի հատվածից մինջև սրբանը, եղել է չոր, պիգմենտազուրկ, ծածկված նոսր սպիտակած մազերով, կամ մերկացած, առածականությունը կորցրած, զարգացել է գերեղջերավորում: Ենթամաշկային բջջանքում, մկաններում և ներքին օրգաններում փոփոխություններ չեն դիտվել: Հետագայում, 11 լիատարիք կովերից 3-ի մոտ նկատվել է մաշկի քաղցկեղ:

Հավասար պայմաններում մաշկի ավելի ուժեղ ախտահարում է դիտվում կարճ և նոսր մազածածկ ունեցող կենդանիների մոտ (օրինակ՝ խոզերի) և, ընդհակառակն, խիտ և երկար մազածածկ ունեցող կենդանիների (օրինակ՝ ոչխարների) մոտ ռադիոակտիվ նյութերի և մաշկի միջև անմիջական շփում տեղի չի ունենում, ուստի ալֆա- և բետա-ճառագայթահարումն արտահայտվում է շատ թույլ՝ միայն մաշկի մակերեսային շերտերում:

Ամբողջ մաշկածածկույթի ճառագայթահարման դեպքում ախտահարումներն ավելի վաղ են առաջանում և ծանր են ընթանում մաշկի այն հատվածներում, որոնք թույլ են պաշտպանված մազածածկույթով (կուրծ, սեռական օրգաններ, հոդերի ծալիչ մակերեսներ, միջամբակային ճեղք և այլն): Բետա-այրվածքները հաճախ լինում են գլխի հատվածում և ողնաշարի երկարությամբ, իսկ մարմնի այն հատվածներում, որտեղ թույլ է զարգացած ենթամաշկային բջջանքը (ականջախեցի, պոչ և այլն), սովորաբար զարգանում են մեռուկներ:

Մաշկի տարբեր հատվածների ախտահարման աստիճանը կախված է ճառագայթման պայմաններից: Այսպես՝ ռադիոակտիվ

ամպի առկայության դեպքում ռադիոակտիվ նյութերը հիմնականում ընկնում են կենդանու մեջքի, գոտկատեղի, գավակի և գլխի վրա, որտեղ և առավելապես զարգանում են մաշկի բետա-ախտահարումները: Իսկ երբ ռադիոակտիվ նյութերն արդեն նստել են և այդ տարածքում արածեցնում են կենդանիներին, ապա փոշին ընկնում է դրանց վերջավորությունների ստորին մասերի, որովայնի, բերանի լորձաթաղանթի, քթանցքների և շաղկապենու վրա: Կենդանիների մոտ առավել ծանր ճառագայթային ախտահարումներ են առաջանում տեղային ռադիոակտիվ տեղումներից հետո առաջին երկու շաբաթների ընթացքում, հատկապես առաջին երկու օրերին, երբ ճառագայթային դոզան բարձր է: Հաստատված է, որ եթե արտաքին ճառագայթահարման դոզան, որը կենդանիները ստացել են ռադիոակտիվ հետքում երկար ժամանակ մնալու հետևանքով՝ ներառյալ դրա ձևավորման առաջին օրերը, ընդունենք 100 %, ապա առաջին երկու օրերին ճառագայթահարման դոզան կազմում է 65 %: Դա պայմանավորված է միջուկային տրոհման հետևանքով առաջացած երիտասարդ՝ կարճակյաց ռադիոակտիվ նյութերի առկայությամբ: Ուստի տեղանքի ռադիոակտիվությունն արագ նվազում է, և ռադիոակտիվ նյութերի նստելուց երկու շաբաթ և ավելի ժամանակ անցնելուց հետո ռադիոակտիվ ամպի հետքի վրա գտնվող կենդանիների մաշկի սուր ճառագայթային ախտահարման դեպքերն ավելի հազվադեպ են լինում: Սակայն պետք է հաշվի առնել նաև այն հանգամանքը, որ ինչքան շատ ժամանակ է անցնում միջուկային պայթյունից հետո, այնքան դանդաղ է նվազում ռադիոակտիվությունը, քանի որ տեղանքում հիմնականում մնում են երկարակյաց ռադիոակտիվ իզոտոպները, որոնցից կենդանիների և մարդու համար առավել վտանգավոր են ստրոնցիում 90-ը և ցեզիում 137-ը:

Բետա-այրվածքներ: Բետա-ճառագայթներն առաջացնում են մաշկի և լորձաթաղանթների յուրահատուկ ախտահարումներ, որոնք ընդունված է անվանել բետա-այրվածքներ, չնայած կլինիկական արտահայտվածությամբ և ընթացքով դրանք սկզբունքորեն տարբերվում են ջերմային և քիմիական այրվածքներից: ճառագայթային այրվածքները քիչ ցավոտ են, ախտածնաբանական փոփոխությունները և մաշկի ախտահարումների վերականգնման պրոցեսները դանդաղ են ընթանում:

Բետա- և գամմա-խառը ճառագայթահարման դեպքում տեղային ռադիոակտիվ ախտահարումները կարող են ընթանալ ճառագայթային

հիվանդության ֆոնի վրա:

Առանձնացնում են բետա-այրվածքների կլինիկական զարգացման չորս շրջան՝ առաջնային ռեակցիայի, գաղտնի, սուր բորբոքային ռեակցիայի և վերականգնման, իսկ ըստ ախտահարման ծանրության, կախված կլանված էներգիայի դոզայից՝ տարբերում են չորս աստիճան՝ թեթև (մինչև 500 ռադ կամ 5 Գր դոզայի դեպքում), միջին (500-1000 ռադ կամ 5-10 Գր), ծանր (1000-3000 ռադ կամ 10-30 Գր), չափազանց ծանր (3000 ռադ կամ 30 Գր դոզայից ավելի):

Առաջին շրջանը (առաջնային ռեակցիա), կախված բետա-ճառագայթման դոզայից, դրսևորվում է ներգործելուց մի քանի ժամ կամ օր հետո և շարունակվում է 2-3 օր: Այս շրջանը առավել արտահայտված է այն կենդանիների մոտ, որոնք թույլ են պաշտպանված մազաժածկով (խոզեր) և որոնց մաշկը պիգմենտացրկված է: Ախտահարված տեղերում նկատվում են գերարյունություն, այտուցվածություն, ցավոտություն և քոր: Կենդանիները հաճախ այդ տեղերը քորում են կամ կծում:

Երկրորդ շրջանը, կախված ճառագայթման դոզայից, տևում է մի քանի ժամից մինչև երկու շաբաթ: Բնորոշվում է ախտահարված հատվածի բարձր քրտնարտադրությամբ և քորով:

Երրորդ շրջանը բնորոշվում է մաշկի արտահայտված բորբոքային ռեակցիայով: Ախտահարման թեթև աստիճանի դեպքում դիտվում են մաշկի կարմրություն, աննշան մազաթափություն, վերնամաշկի մակերեսային շերտերի թեփոսում: Լորձաթաղանթների ճառագայթահարման դեպքում զարգանում են գերարյունություն և այտուցվածություն:

Բետա-այրվածքի միջին աստիճանի սուր բորբոքումները տևում են 3-4 շաբաթ և բնորոշվում են ախտահարված մաշկի ցավոտությամբ, գերարյունությամբ, այտուցվածությամբ, քերծվածքի (էրոզիա) զարգացումով: Ջերմությունը բարձրանում է: Վնասված հյուսվածքները դանդաղ են վերականգնվում, ախտահարված մասերի ցավային ռեակցիան և մաշկի ատրոֆիան երկար ժամանակ պահպանվում է:

Ախտահարման ծանր աստիճանը երրորդ շրջանում արտահայտվում է ուժեղ ցավային և բորբոքային ռեակցիաներով: Որոշ դեպքերում առաջանում են բշտիկներ, որոնք արտաքին տեսքով նմանվում են ջերմային այրվածքների ժամանակ առաջացած բշտիկներին: Նկատվում են խոցեր և քերծվածքներ, զարգանում են կլինիկական փոփոխություններ՝ ջերմության բարձրացում, ավշային հանգույցների մեծացում, ախորժակի անկում: Արյան մեջ երևան են զալիս

նյետրոֆիլային լեյկոցիտոզ, մոնոցիտոզ, էոզինոֆիլիա, թրոմբոցիտոզ, ռետիկուլոցիտոզ, ավելանում է էրիթրոցիտների ճստման արագությունը (էՆԱ): Արյան շիճուկում նվազում է սպիտակուցների և լիպիդների պարունակությունը, ավելանում է կալիումի և ջրի պարունակությունը:

Բետա-այրվածքի չափազանց ծանր աստիճանի դեպքում սուր բորբոքումների և օրգանիզմի ընդհանուր ռեակցիայի նշանները լինում են խիստ արտահայտված, գաղտնի շրջանը տևում է 1-3 օր: Ձարգանում են թարախամեռուկային պրոցեսներ, որոնք կենտրոնական նյարդային համակարգի մշտական ախտաբանական ազդակների պատճառ են դառնում, տեղի է ունենում օրգանիզմի տևական ինքնաթունավորում:

Չորրորդ, վերականգնման շրջան: Թեթև աստիճանի դեպքում պրոցեսն ավարտվում է ապաքինմամբ՝ 1-2 ամսվա ընթացքում, միջին աստիճանի դեպքում՝ 3-4 ամսում, սակայն այդ դեպքում դեռ երկար ժամանակ դիտվում են մաշկի ապաճում և ցավոտություն: Ծանր ախտահարումների դեպքում խոցերը դանդաղ են ապաքինվում՝ մի քանի ամսից մինչև մի քանի տարի, և նմանվում են տրոֆիկ խոցերի, ծածկվում են գերսպիացած հյուսվածքով և գերեղջերացած մաշկով: Առաջացած էպիթելային ծածկույթը հաճախ խոցոտվում է, առաջանում են կրկնվող մեռուկացումներ, որոշ դեպքերում էլ հյուսվածքների չարորակ վերասերումներ:

Ճառագայթային այրվածքների ախտորոշումը կատարվում է անամնեզի տվյալների (տարածքի ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտվածության աստիճանը և բնույթը, կենդանիների այնտեղ գտնվելու տևողությունը), կենդանիների մաշկածածկույթի ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտման աստիճանի և բնորոշ կլինիկական տվյալների վրա: Ճառագայթային այրվածքները զարգանում են մի քանի փուլով՝ գաղտնի շրջանով՝ ի տարբերություն ջերմային այրվածքների, ինչպես նաև սուր կազմալուծաբորբոքային փոփոխությունների և տևական չապաքինվող տրոֆիկ խոցերի շրջաններով:

Սովորական ջերմային այրվածքների համեմատությամբ մաշկի ճառագայթային այրվածքների դեպքում ռեակցիայի առաջացումը և ապաքինման ժամկետները երկարում են 4-7 անգամ: Ընդ որում՝ ճառագայթային այրվածքներին բնորոշ է ոչ միայն տևական, այլ նաև ախտադարձային ընթացքը:

Բետա-այրվածքների կանխատեսումը կախված է ախտահարման

աստիճանից և ախտահարված մաշկի ընդհանուր մակերեսի մեծությոնից: Նախագուշակումը համարվում է բարենպաստ, երբ թույլ և միջին աստիճանի ախտահարման է ենթարկվել մարմնի մակերեսի մինչև 5 %, անբարենպաստ՝ խորը ընդարձակ (մարմնի մակերեսի 10 %-ից ավելի) ախտահարման դեպքում: Այդպիսի այրվածքներով կենդանիների բուժումը տնտեսապես աննպատակահարմար է:

Քուժումը: Ախտահարված կենդանիների բուժումն իրականացվում է երկու փուլով՝ անասնաբուժասանիտարական մշակման միջոցով մաշկածածկույթից և տեսանելի լորձաթաղանթներից ուղիղակիորեն նյութերի հեռացում և բուժմիջոցառումների կազմակերպում: Մաշկածածկույթի և տեսանելի լորձաթաղանթների մշակումը պետք է կատարվի ռադիոակտիվ փոշու ընկնելուց հետո ինչքան հնարավոր է կարճ ժամանակներում:

Մշակումը կատարվում է չոր և խոնավ եղանակներով: Չոր մշակումը ռադիոակտիվ նյութերի հեռացումն է մազածածկույթից և մաշկից ավելի, խոզանակի կամ փոշեծծիչի օգնությամբ: Այդ եղանակը շատ հեշտ է, սակայն դրա արդյունավետությունը մեծ չէ:

Մազածածկի ուժեղ ռադիոակտիվ աղտոտվածության ժամանակ կենդանին դառնում է արտաքին միջավայրի աղտոտման աղբյուր, ուստի անհրաժեշտ է չափազանց զգույշ մշակել դրանց: Սպասարկող անձնակազմին ապահովում են հակաքիմիական պաշտպանության միջոցներով (հակազագ, արտահագուստ, ռետինե ճոքակոշիկներ, ձեռնոցներ), իսկ խոզանակները և ավելները պետք է ունենան ձեռքի բռնիչներ:

Առավել արդյունավետ է մշակման խոնավ եղանակը, հատկապես՝ երբ այն կատարվում է լվացող միջոցներով:

Կենդանիների զանգվածային մշակման ժամանակ հաշվի է առնվում ոչ միայն ռադիոակտիվ նյութերի հեռացման արդյունավետությունը, այլև լվացման եղանակի և լվացող նյութերի մատչելիությունը: Այդ տեսակետից առավել մատչելի է կենդանիների մշակումն օճառաջրով՝ օգտագործելով խոզանակ-ցնցուղ:

Սինթետիկ լվացող միջոցներից օգտագործում են ՍՖ-2 կամ ՍՖ-2ՈՒ պատրաստուկների 0,3 %-անոց ջրային լուծույթ, 0,3 %-անոց ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 և 0,7%-անոց հեքսամետաֆոսֆատ նատրիումի լուծույթների խառնուրդ, փրփրանյութեր, կանաչ օճառ և այլն: Կենդանիներին լողացնելու համար կարելի է օգտագործել բաքեր,

տակառներ, դուլլեր և այլն: Սակայն ջրի և լուծույթների տաքացման և մատակարարման համար նպատակահարմար է օգտագործել հատուկ տիպի ԴՈՒԿ, LUԴ մեքենաներ (ÄÖE, EñÄ):

Անասնաբուժական մշակումից հետո կենդանիներին ենթարկում են դոզաչափական հսկողության: Սահմանային թուլլատրելի մակարդակից բարձր ռադիոակտիվությամբ վարակված կենդանիներին ուղարկում են կրկնակի մշակման:

Բուժմիջոցառումները կազմակերպելիս հաշվի են առնում կենդանու ընդհանուր վիճակը, ճառագայթային ախտահարման աստիճանը և հիվանդության ընթացքի շրջանը: Ուժեղ ցավերի և այտուցների զարգացման դեպքում նպատակահարմար է օգտագործել տարբեր ցավազրկող դեղամիջոցներ, այրված մակերեսի վրա դնել անեսթեզիների կամ նովոկային-պենիցիլինի թրջոցներ, կատարել նովոկայինային տեղային շրջափակումներ, նովոկայինի երակային և զարկերակային ներարկումներ: Կենդանիների գրգռվածությունը, քորը և ցավը վերացնելու նպատակով օգտագործվում են ամինազին և դիմեդրոլ դեղամիջոցներ:

Տեղային օգտագործման համար նշանակվում են պատրաստուկներ, որոնք նպաստում են մեռուկացած հյուսվածքների անջատմանը, խթանում վերականգնմանը և օժտված են հակավարակային նախապաշտպանությամբ: Բշտիկների առաջացման և մակերեսի խոնավացման դեպքում օգտագործում են քսուքային վիրակապեր (սինտոմիցինի և ստրեպտոմիցինի էմուլսիաներ, Վիշնևսկու քսուք, Կոնկովի քսուք, Շեստակովսկու բալզամ և այլն): Վերականգնման պրոցեսներն արագացնելու համար նշանակում են խթանիչ բուժում՝ արյան կրկնակի փոխներարկումներ, հյուսվածքային պատվաստումներ, կենսախթանիչների (ալոե, ապակենման մարմին) ներարկումներ: Օրգանիզմի թունազերծման նպատակով ներարկում են ներերակային հեքսամեթիլենտետրամինի 40 %-անոց լուծույթ՝ կոֆեինի հետ միասին:

Ընդարձակ մեռուկացած հյուսվածքների պոկվելուց հետո այրվածքային մակերեսները ծածկում են պաշտպանիչ կենսաբանական թաղանթներով, որոնք ոչ միայն կանխում են այրվածքային մասերից վարակի ներթափանցումը, այլ նաև խթանում են վերականգնման ընթացքը:

Որպես ընդհանուր հականեխիչ միջոց՝ նշանակում են հակաբիոտիկներ:

ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱԽՏԱԴԱՐՈՒՄՆԵՐ

Ատոմային պայթյունների ժամանակ առաջանում են, այսպես կոչված, համակցված ախտահարումներ:

Ճապոնիայում ատոմային ռումբերի պայթյուններից հետո ստացված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ մաքուր ճառագայթային ախտահարումները կազմում են ընդամենը 15 %, մյուս մասը համակցված ախտահարումներն են, որոնք առաջանում են միջուկային զենքի՝ հարվածային ալիքի, լուսային և իոնացնող ճառագայթների, թափանցող ճառագայթման աղտոտվածության բազմազան զուգակցությունների հետևանքով և ուղեկցվում են մեխանիկական, ջերմային, ճառագայթային վնասվածքներով:

Համակցված ախտահարումներ կարող են առաջանալ նաև ատոմային ձեռնարկություններում (միջուկային ռեակտորներ, ատոմային էլեկտրակայաններ, լաբորատորիաներ) վթարային իրավիճակի ժամանակ: Նման դեպքերում ուրանի, պլուտոնիումի և այլ տարրերի տրոհման նյութերը կարող են արտանետվել շրջակա միջավայր և գյուղատնտեսական կենդանիների ախտահարման պատճառ դառնալ:

Համակցված ճառագայթային ախտահարումները սովորաբար ծանր ընթացք են ունենում հատկապես մեխանիկական վնասվածքների կամ այրվածքների պատճառով: Գաղտնի շրջանը կարճ է տևում, երկարում է ճառագայթային հիվանդության զարգացման շրջանը, ավելի ցայտուն է արտահայտվում արյունահոսական համախտանիշը, բարձրանում է բարդացումների տոկոսը: Ճառագայթային հիվանդությունը, իր հերթին, ծանրացնում և վատթարացնում է վերքերի, այրվածքների, ոսկրային կոտրվածքների և այլ ախտահարումների ապաքինումը:

Համակցված ճառագայթային ախտահարումները հաճախ ուղեկցվում են շոկային երևույթներով, կարող են առաջանալ արյան չափավոր կորուստներ: Այս դեպքում համակցված ճառագայթային ախտահարումներից կենդանիների մահացությունը 1,5—3 անգամ ավելի բարձր է լինում, քան միայն ճառագայթահարվածների մոտ: Դրա պատճառն իոնացնող ճառագայթների կենսաբանական ազդեցության և ճառագայթային հիվանդության ախտածնության առանձնահատկությունն է, որի դեպքում փոխվում է կենտրոնական նյարդային համակարգի կարգավորիչ գործունեությունը: Դա անմիջապես անդրադառնում է օրգանների և համակարգերի գործունեության վրա, մասնավորապես՝ առաջացնում արյան ճնշման անկում, ինչը նպաստում է շոկի առավել

ծանր ընթացքին: Ճառագայթային հիվանդության ժամանակ կտրուկ աճում է արյան մեջ հիստամինաման և այլ թունավոր նյութերի պարունակությունը (հատկապես հիվանդության վաղ շրջանում), զարգանում է տոքսեմիա՝ թունարյունություն, սակավարյունություն և լեյկոպենիա:

Ոսկրածուծի և ավշային համակարգի գործունեության ընկճման հետևանքով թուլանում են լեյկոցիտների ֆագոցիտային ակտիվությունը, իմունակենսաբանական պաշտպանիչ մեխանիզմները, հյուսվածքների պատնեշային հատկությունները, մեծանում է դրանց թափանցելիությունը: Այսպիսով՝ տարբեր օրգանների ու հյուսվածքների հակաթունային ֆունկցիայի նվազման, բորբոքային հակազդեցության և մաշկի մանրէասպան հատկությունների թուլացման հետևանքով իջնում է վարակի նկատմամբ օրգանիզմի ընդհանուր և տեղային դիմադրողականությունը:

Նշված փոփոխությունների հետևանքով բարձրանում է ճառագայթահարված օրգանիզմի ընկալունակությունը տարբեր ախտածին և պայմանական ախտածին մանրէների ու դրանց ինչպես արտածին, այնպես էլ ներածին բնույթի թույների նկատմամբ (աղիքային ինքնավարակում): Այդ պայմաններում առաջացած վարակային պրոցեսները ոչ միայն ծանրացնում են ճառագայթային հիվանդության ընթացքը, այլ նաև դառնում են կենդանու անկման գլխավոր պատճառը: Խախտվում է կենսաքիմիական ռեակցիաների ընթացքը, որը նպաստում է մանր անոթների և մազանոթների պատի թափանցելիության և բեկունության մեծացմանը, թրոմբոցիտների նվազմանը, արյան մակարոէլիոթյան դանդաղմանը և արյան մեջ հակամակարդիչ նյութերի քանակի ավելացմանը:

Համակցված ճառագայթային ախտահարումների ժամանակ ախտահարված կենդանիների մեծամասնության մոտ, որպես կանոն, դիտվում են արյունազեղումներ, արյունահոսություններ:

Բուժումը: Համակցված ճառագայթային ախտահարումների վաղ շրջանում անհրաժեշտ է կատարել համալիր բուժում՝ ներառելով հակաշոկային միջոցառումներ, վերքային վարակի և արյունահոսության կանխարգելում:

Հակաշոկային միջոցառումները պետք է ուղղված լինեն ցավային գրգիռների սկզբնաղբյուրի վերացմանը, սրտի և նյարդային համակարգի գործունեության կարգավորմանը, արյունաշրջանառության վերականգնմանը, թունարյունության և նյութափոխանակության խան-

գարումների կանխմանը:

Շուկի կանխարգելման նպատակով անհրաժեշտ է վերացնել դրա պատճառները, բարելավել սրտի գործունեությունը՝ կատարելով տեղային ցավազրկում, սիմպատիկ նյարդային համակարգի նովուկայինային շրջափակում, ինչպես նաև նովուկայինի լուծույթի ներերակային ներարկում:

Երկրորդային շուկի առաջացումը կանխելու, ինչպես նաև օրգանիզմից թույների դուրս բերման, մազանոթների և բջջային թաղանթների թափանցելիության նվազեցման համար նպատակահարմար է ներերակային ներարկել հեքսամեթիլենտետրամին՝ կալցիումի քլորիդի և կոֆեինի հետ միասին: Միաժամանակ հեռացնում են վերքի հեղուկային մասը և մեռուկացված հյուսվածքները:

Վերքային վարակի կանխման նպատակով օգտագործում են հակաբիոտիկներ: Վերքերի և դրանց բարդացումների բուժումը կատարվում է վիրաբուժությունում ընդունված եղանակներով:

Ճառագայթային հիվանդության բուժն զարգացման շրջանում բուժմիջոցառումները պետք է ուղղված լինեն արյունաստեղծման խթանմանը, այդ նպատակով կարելի է օգտագործել վիտամին B_{12} ՝ համակցված ֆոլեաթթվի հետ, կամպոլոն, լեյկոգեն, հակաանեմին, ներարկել ձևավոր տարրերի զանգվածները կամ լիարժեք արյուն: Ճառագայթահարումից հետո որքան վաղ է կատարվում բուժումը, այնքան բարձր է դրա արդյունավետությունը:

Ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված վերքերը սկզբնական շրջանում իրենց արտաքին տեսքով ոչնչով չեն տարբերվում սովորական (չաղտոտված) վերքերից: Ռադիոակտիվ աղտոտվածությունը ստույգ հաստատելու համար վիրախժուժը թաթախում են վերքի հեղուկում և կատարում դրզաչափական ստուգում:

Ռադիոակտիվ նյութերը, ընկնելով վերքի վրա, կլանվում են տեղում և ցուցաբերում առավելապես տեղային ազդեցություն: Ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված վերքերը, ըստ իրենց ընթացքի, չեն տարբերվում ճառագայթային հիվանդության ֆոնի վրա առաջացած վերքերից: Օրգանիզմի վրա ընդհանուր ազդեցության առաջացումը հնարավոր է վերքից մեծ քանակությամբ ռադիոակտիվ նյութերի ներծծման դեպքում, ինչը հատկապես վտանգավոր է, երբ ռադիոակտիվ նյութերը կուտակվում են ոսկրային համակարգում, որտեղ դրանք կարող են մնալ որպես տևական ճառագայթման աղբյուր և ախտահարել օրգանիզմն ու ոսկրերը:

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱԴԱՐՄԱՆ ՀԵՌԱՎՈՐ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԸ

Մարդու կենսագործունեությունում միջուկային էներգիայի կիրառման ոլորտի ընդարձակումը անհրաժեշտություն է առաջացրել պարզաբանել ճառագայթման հեռավոր ազդեցությունները:

Ճառագայթահարման հեռավոր հետևանքներին վերաբերող հիվանդությունները կարող են առաջանալ ինչպես տեղային, այնպես էլ ընդհանուր ներքին և արտաքին ճառագայթահարումից հետո երկար ժամանակ անց: Հեռավոր հետևանքների գաղտնի շրջանի տևողությունը կախված է ճառագայթային ներգործության բնույթից, կենդանիների տեսակից, դրանց կյանքի բնական տևողությունից, դիմադրողականությունից:

Փոխհատուցման մեխանիզմների սպառման հետևանքով զարգանում են հեռավոր հետևանքների այս կամ այն ձևերը:

Տարբերում են հեռավոր հետևանքների ոչ ուռուցքային և ուռուցքային ձևերը:

Ոչ ուռուցքային ձևերն իրենց մեջ ներառում են ախտաբանական երեք վիճակ՝ հիպոպլաստիկ, սկլերոտիկ և դիսհորմոնալ:

Հիպոպլաստիկ (թերաճի) վիճակները զարգանում են հիմնականում արյունաստեղծ հյուսվածքում, մարսողական օրգանների և շնչառական ուղիների լորձաթաղանթներում, մաշկում և այլ օրգաններում: Նշված խախտումներն առաջանում են 3-10 Գր (300-1000 Ռ) դոզաների տևական ներգործության՝ ինչպես արտաքին գամմա-ճառագայթահարման, այնպես էլ ռադիոնուկլիդների ներթափանցման դեպքում: Հիպոպլաստիկ վիճակները կարող են արտահայտվել գեր- կամ թերզունավոր սակավարյունության ձևով, լեյկոպենիայով, արյան բջիջների որակական և կառուցվածքային փոփոխություններով, ստամոքսի, աղիքների լորձաթաղանթի ապաճով, թեր- և անացիդ գաստրիտներով, սեռական գեղձերի ապաճով և անպտղությամբ: Դրանք դժվար են բուժվում և վատ են վերականգնվում:

Սկլերոտիկ պրոցեսներ: Հեռավոր հետևանքների այս ձևին բնորոշ է ճառագայթահարված օրգանների անոթային ցանցի ծավալում վնասվածությունը, մեռած պարենխիմային բջիջների տեղում շարակցական հյուսվածքի օջախային կամ սփռուն աճը, վերականգնման պրոցեսներին ոչ բնորոշ բազմաձևությունը և ձևաշեղվածությունը, պոլիպլոիդային բջիջների առաջացումը: Ձևաբանորեն դրանք հանդես

են գալիս այնպիսի պրոցեսներով, ինչպիսիք են լյարդի ցիռոզը, նեֆրոսկլերոզը, ճառագայթային քրոնիկ դերմատիտները, աթերոսկլերոզը, ճառագայթային կատարախտը, ոսկրային հյուսվածքի մեռուկները, նյարդային համակարգի ախտահարումները և այլն: Օրինակ՝ ճառագայթային կատարախտը կարող է զարգանալ ինչպես աչքերի տեղային, այնպես էլ օրգանիզմի ընդհանուր, 4-6 Գր (400-600 Գր) և ավելի բարձր դոզաներով մի քանի ամիս կամ 10-ից ավելի տարիներ հետո:

Դիսհորմոնալ վիճակները դիտվում են ճառագայթահարված կենդանիների 50-100 %-ի մոտ և արտահայտվում են ներզատական գեղձերի գործունեության խանգարումներով: Հեռավոր հետևանքների այս տեսակն առաջանում է անկախ ճառագայթահարման դոզայից: Ենթադրվում է, որ այն առաջանում է ճառագայթների միջնորդավորված ազդեցության հետևանքով: Փորձարարության պայմաններում ճառագայթահարված լաբորատոր կենդանիների մոտ հաճախ դրսևորվում է ճարպակալում, հազվադեպ՝ հյուսվածություն: Էգերի մոտ կարող են առաջանալ ձվարանների կիստոզային փոփոխություններ, հյութազատական և հորմոնալ ֆունկցիաների խանգարումներ, արգանդի լորձաթաղանթի, կաթնագեղձերի պարենքիմայի կայուն պրոլիֆերատիվ փոփոխություններ, որոնք էլ կարող են հանգեցնել ուռուցքների առաջացման:

Դիսհորմոնալ վիճակներից է ալդոստերոնիզմը, որը զարգանում է մակերիկանների կեղևի կոճիկաշերտի և ցանցաշերտի գերաճի հետևանքով՝ առաջացնելով ալդոստերոնի գերարտադրություն: Արյան մեջ ալդոստերոնի քանակության բարձրացման հետևանքով առաջանում է նեֆրոսկլերոզ: Պարաթիրեոկրինային համախտանիշը բնորոշվում է հարվահանագեղձի գերաճային կամ նորագոյացումային երևույթներով, որոնց հետևանքով ոսկրային հյուսվածքում խախտվում է նյութափոխանակությունը (ֆիբրոզային օստեոդիստրոֆիա), և առաջանում են նեֆրոզներ: Դիսհորմոնալ վիճակների թվին են պատկանում նաև վահանագեղձի և ենթաստամոքսային գեղձի ախտահարումները, որոնց հետևանքով առաջանում են համապատասխանաբար՝ հիպոթիրեոիդիզմ, ուռուցքներ և շաքարախտ:

Ճառագայթային ախտահարումների հեռավոր հետևանքների ուռուցքային ձևերը հաճախ առաջանում են օրգանիզմ ներթափանցած ռադիոնուկլեիդների և ներմարմնավորված (ինկորպորացիա) ալֆա- և բետա-ճառագայթիչների, նեյտրոնների ազդեցությամբ: Այս դեպքում

ուռուցքները սովորաբար զարգանում են կրիտիկական կամ վտանգավոր օրգաններում:

Ճառագայթահարման հեռավոր հետևանքների զարգացմանը նպաստում են ոչ ճառագայթային գործոնների՝ քիմիական նյութերի, մեխանիկական վնասվածքների առկայությունը: Ճառագայթային և այլ ախտածին գործոնների զուգակցումը մեծացնում է կենդանիների մոտ ուռուցքների առաջացման հաճախականությունը:

Հեռավոր հետևանքների կանխարգելումն ու բուժումն իրականացվում է ոչ յուրահատուկ միջոցներով, քանի որ հատուկ միջոցներ առայժմ չեն մշակվել: Ներկայումս օգտագործվում են օրգանիզմի ընդհանուր դիմադրողականությունը բարձրացնող միջոցներ, հակաբիոտիկներ, վիտամիններ և այլն:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ճառագայթային ախտահարումների բնորոշումը և տեսակները:
2. Սուր ճառագայթային հիվանդությունը, զարգացման շրջանները և հիվանդության ախտածնությունը:
3. Քրոնիկ ճառագայթային հիվանդության ընթացքը և նշանները:
4. Ճառագայթային հիվանդության առանձնահատկությունները տարբեր գյուղատնտեսական կենդանիների մոտ:
5. Ճառագայթային հիվանդության ախտաբանաանատոմիական պատկերը:
6. Ճառագայթային հիվանդության ախտորոշման եղանակները, բուժման մեթոդները:
7. Ճառագայթային այրվածքների շրջանները, կլինիկական նշանները, ախտորոշումը և բուժումը:
8. Ճառագայթային ախտահարումների ախտորոշումը, բուժումը և կանխարգելումը:
9. Համակցված ճառագայթային ախտահարումներ:
10. Ճառագայթահարման հեռավոր հետևանքներ:

ԳԼՈՒԽ 8

ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱՆԱՄՆԱԲՆՈՒԺՈՒԹՅԱՆ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Գյուղատնտեսության բնագավառի մասնագետների առջև պետությունը մշտապես դնում է հատուկ խնդիրներ՝ կազմակերպել և անցկացնել համալիր միջոցառումներ միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության պայմաններում՝ գյուղատնտեսական արտադրանքի մեջ պարունակվող ռադիոնուկլիդների քանակությունը հասցնելով անվտանգ մակարդակի:

Այդ միջոցառումները լինում են կարճաժամկետ և երկարաժամկետ, նախնական և եզրափակիչ:

Սովորաբար ռադիոակտիվ պայթյուններից հետո կամ տեխնածին վթարների հետևանքով գազաանրոգոլային ամպը թափանցում է մթնոլորտի շերտերը և արագորեն տարածվում տարբեր ուղղություններով՝ կախված քամու ուղղությունից, տեղավայրի առանձնահատկություններից և այլ պայմաններից: Այսպես՝ 1986 թ. տեղի է ունեցել Չեռնոբիլի ատկ-ի հզոր պայթյուն, ինչի հետևանքով խախտվել է ռեակտորի պատերի հերմետիկությունը, գազաանրոգոլային ամպը թափանցել է մթնոլորտի բարձր շերտերը, իսկ արտանետումները տարածվել են 1200 կմ շառավղով:

Չետազոտությունները ցույց են տվել, որ այդ արտանետումների ռադիոնուկլիդային, իզոտոպային կազմը եղել է չափազանց բարդ և մինչ օրս էլ փոխվում է՝ դրանց տրոհման հետևանքով: Ռադիոակտիվ նյութերի տեղումների անհավասարաչափ բաշխումը, այսպես կոչված, բժավորությունը, դժվարացնում է ապակտիվացման (դեզակտիվացման) աշխատանքների կազմակերպումը: Ճառագայթային հսկողության ծառայությունը պետք է հետազոտի ախտահարված բնակավայրի ամեն մի դաշտ, հանդակ, ֆերմա, անասնաբուժական օբյեկտներ:

Տարածքի ռադիոակտիվ աղտոտումից հետո կատարվում են նախնական կարճաժամկետ կանխատեսումներ, ինչը հնարավորություն է տալիս ժամանակին միջոցներ ձեռնարկել բնակչության և գյուղատնտեսական կենդանիների անվտանգությունն ապահովելու, ինչպես նաև հետագա ռազմավարությունը մշակելու և պլանավորելու ուղղությամբ:

ԲՈՒՄԱՐՈՒԾԱԿԱՆ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԾԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՄԵՋ ՈՂԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՍՈՒՏՔԻ ԿԱՆԽԱՏԵՍՈՒՄԸ

Բուսաբուծական արտադրանքի աղտոտվածության կանխատեսումը հնարավորություն է տալիս պլանավորել և ընտրել ռադիոնուկլիդներով աղտոտված հանդակներում մշակվող բույսերի հավաքակազմը և որոշել դրանցից ստացվող արտադրանքի օգտագործման հնարավորությունը, հատկապես պարենային նպատակների համար, ինչպես նաև որպես անասնակեր, արդյունաբերական վերամշակման հումք և այլն:

Ռադիոնուկլիդների անցումը կերի և անասնաբուծական մթերքի մեջ կանխատեսելու նպատակով անհրաժեշտ է որոշել ռադիոնուկլիդների տեսակը, կազմն ու խտությունն աղտոտված օդում և գյուղատնտեսական հանդակներում: Կարևոր ցուցանիշներից են նաև յուրաքանչյուր ռադիոնուկլիդի տեղափոխման, կերի մեջ և կենդանու օրգանիզմ մուտք գործելու ընդունակությունը, դրանց կենսաբանական ազդեցությունը:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ Չեռնոբիլյան աղետից հետո չմշակվող հողերում գործնականում բոլոր ռադիոնուկլիդները գտնվում են հումուսային շերտի վերին մասում, իսկ մշակվող հողերում դրանք հավասարաչափ բաշխված են մշակվող շերտի ամբողջ խորությամբ:

Բույսերի ու կենդանիների ներքին ճառագայթահարման համար առավել վտանգավոր է ցեզիում-137-ի, ստրոնցիում-90-ի և յոդ-131-ի իզոտոպների առկայությունն աղտոտված տարածքներում:

Բույսերի համար ^{137}Cs -ի մատչելիությունը ժամանակի ընթացքում նվազում է, քանի որ դրա զգալի մասը վերածվում է չփոխանակվող-կլանված վիճակի, իսկ ^{90}Sr -ի շարժունակությունը մնում է բարձր և կարող է ավելի շատ բարձրանալ ու բույսերի համար մատչելի լինել, քանի որ ^{90}Sr -ի գերակշիռ մասը ջրալույծ է: Հողի աղտոտվածության միևնույն խտության դեպքում ^{90}Sr -ի մուտքը բույսերի մեջ 10 անգամ ավելի բարձր է, քան ^{137}Cs -ինը:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ռադիոնուկլիդների հարաբերությունը հող-բույս համակարգում ժամանակի ընթացքում փոփոխվում է: Այսպես՝ հինգ տարվա ընթացքում ^{137}Cs -ի մատչելիությունը նվազել է 1,5 անգամ, իսկ ^{90}Sr -ինը բարձրացել է 5-25 %: Ուստի անհրաժեշտ է պարբերաբար ճշտել բույսերում ռադիոնուկլիդների

փոխանցման գործակիցները:

Ռադիոնուկլիդների պարունակությունը գյուղատնտեսական արտադրանքում կախված է ինչպես աղտոտվածության խտությունից, այնպես էլ հողի տիպից, դրա հատիկավորվածության աստիճանից, ագրոքիմիական հատկություններից, ինչպես նաև մշակվող բույսի կենսաբանական հատկություններից: Հողի բերրիության ցուցանիշներն էապես ազդում են ռադիոնուկլիդների կուտակման վրա բոլոր բույսերի, հատկապես բազմամյա բույսերի կողմից: Բուսաբուծական արտադրանքում ռադիոնուկլիդների կուտակման կանխատեսման համար օգտագործում են հողից բերքին անցման գործակիցները, որոնք տարբերակված են ըստ հողի հատիկավորվածության աստիճանի, փոխանակային կալիումի պարունակության, հողային միջավայրի ռեակցիայի: Օգտագործում են նաև հողի ագրոքիմիական և ռադիոլոգիական ուսումնասիրությունների արդյունքները:

Անասնաբուծական մթերքի մեջ ռադիոնուկլիդների կուտակումների կանախատեսման համար որոշիչ գործոն է կերի աղտոտվածության աստիճանը, ռադիոնուկլիդների կենսաբանական մատչելիության ցուցանիշները՝ և սննդային շղթայով շարժվելու ընդունակությունը, որը բնութագրվում է կերի մեջ և կենդանու օրգանիզմ անցնելու գործակիցներով: Կենդանու օրգանիզմում և դրանցից ստացվող մթերքում ռադիոնուկլիդների կուտակումը պայմանավորված է նաև այլ գործոններով, որոնցից առավել կարևոր են կենդանու տարիքը, ֆիզիոլոգիական վիճակը, մթերատվությունը, ինչպես նաև կերաբաժնի տիպը:

Անասնաբուծական մթերքի մեջ ($U_{\text{մթերք}}$) ռադիոնուկլիդների պարունակությունը կանխատեսելու համար օգտվում են հետևյալ բանաձևից.

$$U_{\text{մթերք}} = U_{\text{կեր}} \cdot Q_w / 100, \text{ Բք/կգ,}$$

որտեղ՝ $U_{\text{կեր}}$ -ը կերաբաժնում ռադիոնուկլիդների ակտիվությունն է, Բք, Q_w -ն՝ ռադիոնուկլիդի՝ կերաբաժնից մթերքին անցման գործակիցը (1 և կամ 1 կգ մեջ), օրաճանաչի % (աղ. 12):

Ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված կեր ընդունող կենդանու տարիքը և կարևոր նշանակություն ունի: Երիտասարդ կենդանիներն անհամեմատ ակտիվ են կուտակում ռադիոնուկլիդները, քան չափահաս և լիատարիք կենդանիները, ինչը պայմանավորված է երիտասարդ և աճող օրգանիզմներում ընթացող ինտենսիվ նյութափոխանակությամբ: Նշված տարբերությունն ավելանում է հատկապես ռադիոնուկլիդների տևական մուտքի դեպքում (աղ. 12):

Աղյուսակ 12

Կերաբաժնից անասնաբուժական մթերքի մեջ անցման
գործակիցները, % 1 կգ մթերքին

Մթերքի տեսակը	Ռադիոնուկլիդներ	
	¹³⁷ Cs-ի	⁹⁰ Sr-ի
Կովի կաթ այդ թվում՝ մսուրային շրջան արոտային շրջան	0,62	0,14
	0,48	0,14
	0,74	0,14
Տավարի միս	4,0	0,04
Խոզի միս	25,0	0,10
Ոչխարի միս	15,0	0,10
Հավի միս	450,0	0,20
Ձուլ	3,5	3,20

Ցեզիումը, ստրոնցիումի համեմատ, ավելի ինտենսիվ է անցնում
կաթի և մսի մեջ, ինչն ակնհայտ երևում է աղյուսակում բերված
տվյալներից (աղ. 13):

Աղյուսակ 13

Կենդանու օրգանիզմում ¹³⁷Cs-ի կուտակման գործակիցները՝
կախված դրանց տարիքից և մարմնի զանգվածից,
օրամուտքի % 1 կգ կենդանի զանգվածի հաշվով

Խոշոր եղջերավոր կենդանիներ			Խոզեր		
տարիքը, ամիս	զանգվա- ծը, կգ	կուտակման գործակիցը	տարիքը, ամիսը	զանգվա- ծը, կգ	կուտակ- ման գործակիցը
2-3	100	26,0	2	15	60,0
6-9	200	6,5	4	40	25,0
12-15	300	3,5	5	50	20,0
15-16	400	3,0	6	70	15,0
Չափա- հասներ	500	2,5	7	90	12,0
Չափա- հասներ	600	2,0	8	110	10,0

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ աղտոտված կերաբաժնում թաղանթանյութի պարունակության և ^{137}Cs -ի՝ կաթի մեջ անցման միջև գոյություն ունի որոշակի կապ: Այսպես՝ երբ կերաբաժնում թաղանթանյութի պարունակությունը 1,3-1,8-ից բարձրանում է մինչև 3,1 կգ, ապա ^{137}Cs -ի անցման գործակիցը 0,9-ից իջնում է մինչև 0,6:

Ռադիոնուկլիդների թույլատրելի մակարդակով (ՌԹՍ) կաթի և մսի արտադրություն ապահովելու համար հաստատում են ^{137}Cs -ի և ^{90}Sr -ի պարունակության թույլատրելի սահմաններ (ՊԹՍ):

Կերաբաժնում ռադիոնուկլիդների պարունակության թույլատրելի սահմանները որոշում են հետևյալ հարաբերակցությամբ.

$$\text{ՊԹՍ} = \text{ՌԹՍ} \cdot 100 / Q_{\text{անց.}},$$

որտեղ ՊԹՍ-ն ռադիոնուկլիդների պարունակության թույլատրելի սահմաններն են, ՌԹՍ-ն՝ ռադիոնուկլիդների թույլատրելի մակարդակը, $Q_{\text{անց.}}$ -ը՝ անցման գործակիցը:

^{90}Sr -ի անցումը կենդանիների օրգանիզմ կախված է կերակրման տիպից: Այսպես՝ խտացված կերատեսակներով կերակրվող կենդանիների մկաններում ^{90}Sr -ի քանակությունը չորս անգամ ցածր է, քան կոպիտ կերատեսակներով կերակրվողների մոտ: Մաստու կենդանիների օրգանիզմում ^{90}Sr -ի կուտակման մակարդակը հետևյալ տեսքն ունի՝ ռչխարներ > խոշոր եղջերավոր կենդանիներ > խոզեր > հավեր:

Յոդի իզոտոպները, ունենալով տեղափոխման (միգրացիա) մեծ արագություն, թափանցում են գյուղատնտեսական կենդանիների օրգանիզմ, իսկ կաթի հետ կարող են թափանցել նաև մարդու օրգանիզմ: Հաստատված են յոդի իզոտոպների՝ արոտային բուսականությունից կաթին անցնելու գործակիցները: Արոտների աղտոտվածության 1,1 մկԿի/մ² (40,7 կԲք/մ²) խտության դեպքում կաթի մեջ ^{131}I -ի քանակությունը կազմում է 0,1 մկԿի/լ (3,7 կԲք/լ): Այս հարաբերակցությունից ելնելով կարելի է կանխատեսել կաթի աղտոտվածությունը գյուղատնտեսական հանդակների ^{131}I -ով աղտոտվածության այլ խտության պայմաններում: Այս դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև կաթնատու կենդանիների կերակրման տեսակը, տարվա եղանակը և այլ գործոնների ազդեցությունը:

Ռադիոնուկլիդներով աղտոտված կերահանդակների օգտագործումը կախված է արոտավայրերի ճառագայթային իրավիճակից: Կարճակյաց ռադիոնուկլիդների տեղումների ժամանակ առավել վտանգավոր են յոդի ռադիոնուկլիդները, հատկապես ^{131}I -ի մուտքը կենդանիների կերաբաժնի, կաթի, մսի, ձվի մեջ՝ կախված տարվա եղանակից, արո-

տային շրջանից և այլն: Բույսերի ակտիվ վեգետացիայի և կենդանիների արոտային պահվածքի շրջանում ռադիոակտիվ տեղումներն ավելի մեծ վտանգ են ներկայացնում, քան կենդանիների մսուրային պահվածքի շրջանում:

Կարճակյաց ռադիոնուկլիդների միանվագ տեղումների ժամանակ անհրաժեշտ է դադարեցնել կենդանիների արածեցումն արոտներում և դրանց փոխադրել մսուրային պահվածքի՝ տալով նախապես պահեստավորված կամ չաղտոտված տարածքներից մթերված կեր: Չոր խոտի կամ սիլոսի պատրաստման նպատակով կանաչ զանգվածը կարելի է օգտագործել ռադիոակտիվ տեղումներից 1,5-2 ամիս հետո:

Միանվագ ռադիոակտիվ տեղումներից 10 օր հետո հնձման և զանգվածի դուրս բերման միջոցով հնարավոր է արոտներից հեռացնել ^{90}Sr -ի և ^{137}Cs -ի մինչև 50 %: Քանի որ բնական մարգագետինների բույսերը 5-30 անգամ ավելի շատ ռադիոնուկլիդներ են կուտակում, քան մշակաբույսերը, ուստի ցանկալի է առաջինների քանակությունը կենդանիների կերաբաժիններում հասցնել նվազագույնի: Բնական արոտների և մարգագետինների մշակման միջոցով կարելի է բույսերում կրճատել ^{90}Sr -ի և ^{137}Cs -ի պարունակությունը 10-100 անգամ: Կերաբաժնում պետք է ընդգրկվեն մշակովի բույսեր:

Շատ կարևոր է թթու հողերի պարարտացումը կրով, ինչը զգալիորեն նվազեցնում է ^{90}Sr -ի և ^{137}Cs -ի պարունակությունը բույսերում՝ միաժամանակ բարձրացնելով դրանց բերքատվությունը: Մեծ քանակությամբ կալիումական պարարտանյութերի օգտագործումն ապահովում է կալիումի կատիոնի ներհակական ֆունկցիա ռադիոակտիվ ցեզիումի կատիոնի նկատմամբ, ինչն էլ իջեցնում է ցեզիումի կուտակման մակարդակը բույսերում:

Այսպիսով՝ ռադիոնուկլիդներով աղտոտված հողերի պարարտացումն անօրգանական և օրգանական պարարտանյութերով անհրաժեշտ և կարևոր միջոցառում է բույսերում ռադիոնուկլիդների պարունակությունը իջեցնելու և բերքատվությունը բարձրացնելու ուղղությամբ:

ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՄՈՒՏՔԸ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՕՐԳԱՆԻԶՄ ԵՎ ԴՐԱ ՆՈՐՄԱԿՈՐՈՒՄԸ

Արտաքին միջավայրից ռադիոնուկլիդների մուտքը անասնաբուծական մթերքի մեջ նվազեցնելու ուղղությամբ տարվող աշխա-

տանքներն ունեն կարևոր գործնական նշանակություն:

Ժամանակակից ռադիոլոգիայի կարևորագույն խնդիրներից է ռադիոնուկլիդների մուտքի նորմավորումը ջրի, հողի, կերերի և ամասնաբուծական մթերքի մեջ: Նորմավորման համար կարևոր են ռադիոնուկլիդների միգրացիայի տվյալները, ինչպես նաև տարբեր տեսակի ու տարիքի կենդանիների օրգանիզմում դրանց նյութափոխանակությունը:

Տարբեր կերատեսակներում և կենդանիների կերաբաժիններում ռադիոնուկլիդների միջին թույլատրելի խտության (ՄԹԽ) և ռադիոնուկլիդների ջրալույծ ձևի սահմանային թույլատրելի պարունակության (ՄԹՊ) հաշվարկը կատարվում է ըստ տարեկան սահմանային մուտքի (ՄԹՄ) և դրանից ածանցված մեծության՝ մարդու օրաբաժնի մեջ սահմանային թույլատրելի մուտքի (ՄԹՄ) տվյալների: Չեռնոբիլյան աղետից հետո աղտոտված շրջաններից ստացված արտադրանքում գերազանցել են ճառագայթային անվտանգության նորմերը: Ըստ այդմ ընդունվել են սննդամթերքում ^{137}Cs -ի և ^{134}Cs -ի, ինչպես նաև ^{90}Sr -ի պարունակության ժամանակավոր թույլատրելի մակարդակներ, որոնք եղել են շատ բարձր: Հետագայում ֆիզիկական տրոհման և հողի մասնիկների հետ կապված վիճակի փոխադրման հետևանքով ռադիոնուկլիդների պարունակության նվազման արդյունքում իջեցվել են սննդամթերքում դրանց պարունակության թույլատրելի մակարդակները: Այդ է պատճառը, որ կենդանիների կերաբաժնում ռադիոնուկլիդների ՄԹՊ-ն չեռնոբիլյան աղետից հետո տարբեր տարիներին տարբեր է եղել: Կենդանիների կերաբաժնում ռադիոնուկլիդների ՄԹՊ-ի հաշվարկման համար անհրաժեշտ է օգտվել գործող նորմատիվներից՝ միաժամանակ հաշվի առնելով ռադիոնուկլիդների նվազագույն պարունակությամբ մթերքի արտադրության խնդիրները:

Այսպես՝ կերի և ջրի հետ ^{90}Sr -ի, ^{131}I -ի, ^{137}Cs -ի անընդհատ մուտքի ժամանակ ՄԹՊ-ն չպետք է գերազանցի՝ համապատասխանաբար 17, 15 և 37 կԲք/օր չափաբաժինը:

Մարդու օրաբաժնում միայն կաթի հետ ^{90}Sr -ի, ^{131}I -ի և ^{137}Cs -ի տևական մուտքի դեպքում կովերի կերաբաժնում դրանց ՄԹՊ-ն չպետք է գերազանցի՝ համապատասխանաբար 67, 33 և 174 Բք: Կաթնատու կովերի կերաբաժնում ^{90}Sr -ի և ^{137}Cs -ի ՄԹՊ-ն կախված է օրգանիզմ թափանցելու տևականությունից, իսկ ^{90}Sr -ինը՝ նաև կալցիումի լրացուցիչ կերակրումից:

Կերաբաժնից ռադիոնուկլիդների անցումն օրգանիզմ կախված է

կենդանու տեսակից և տարիքից, ուստի երիտասարդ կենդանիների կերաբաժնում ^{137}Cs -ի ՍԹՊ-ն պետք է լինի 10 անգամ ավելի ցածր, քան լիատարիք կենդանիների կերաբաժնում:

Հողում և կերում ռադիոնուկլեիդների պարունակության մշակված նորմերը միասնական և ընդհանուր չեն կարող լինել: Դրանք պետք է որոշվեն կոնկրետ պայմաններից ելնելով, հաշվի առնելով ճառագայթային իրավիճակը, բնակլիմայական գոտիները, գյուղատնտեսության և անասնապահության վարման առանձնահատկությունները, կենդանիների տեսակը, տարիքը, ֆիզիոլոգիական վիճակը և այլ գործոններ:

ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԿԵՐԱԿՐՄԱՆ ԵՎ ՊԱՅՎԱԾՔԻ ՌԵԺԻՄԸ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՈՍԿՐՈՒԿՏԻՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ռադիոակտիվ աղտոտվածության գոտում առաջնահերթ միջոցառումներ են ձեռնարկում մարդկանց ճառագայթահարման նվազեցման, այնուհետև գյուղատնտեսական կենդանիների գլխաքանակի և մթերատվության պահպանման ուղղությամբ: Այդ նպատակով մարդկանց տեղավորում են ապաստարաններում, նկուղներում, փակ շենքերում, որտեղ նրանք պետք է մնան նվազագույնը 4-6 օր: Ընդ որում՝ առավել վտանգավոր են առաջին երկու օրերը, երբ կարճակյաց ռադիոնուկլեիդները դեռ չեն տրոհվել: Գյուղատնտեսական կենդանիներին արտաքին ճառագայթահարումից պաշտպանելու նպատակով տեղավորում են գոմերում, շինություններում և ծածկերի տակ: Կարելի է նաև կենդանիներին թաքցնել սարերի հակառակ կողմում, անտառներում, գետնափոր շինություններում, ինչպես օրինակ՝ սիլոսահորերում: Այնուհետև կենդանիներին փոխադրում են մսուրային պահվածքի և դադարեցվում է արածեցումը: Մսուրային պահվածքի տևողությունը որոշվում է կոնկրետ ճառագայթային իրավիճակից ելնելով: Կենդանիներին կերակրում են պահեստավորված, ինչպես նաև մաքուր տարածքներից բերված կերով:

Ձմեռային պայմաններում նպատակահարմար է կերակրել խտացված կերատեսակներով՝ բնական խոտհարքներից ստացված խոտի քանակը հասցնելով նվազագույնի: Դա սահմանափակում է ռադիոակտիվ յոդի թափանցումը կաթի մեջ, ինչպես նաև կանխարգելում է ճառագայթային ախտահարման վտանգը:

Ռադիոակտիվ յոդի արտազատումը կարելի է երկու անգամ իջեց-

նել՝ կաթնատու և հղի կենդանիների կերաբաժնի մեջ ներառելով ռադիոակտիվության տեսակետից «մաքուր» կերատեսակներ՝ հացազգիներից պատրաստված խոտ, արմատապալարապտուղներ, հացահատիկ: Եգիպտացորենի և սիսեռի հատիկները կարելի է աղտահանել կլալելու և թաղանթը հեռացնելու միջոցով: «Մաքուր» կերի բացակայության դեպքում մաստու կենդանիներին կերակրում են ռադիոակտիվ կերով կամ արածեցնում են նվազ աղտոտված արոտներում: Սակայն բտման եզրափակիչ փուլում՝ սպանդից 1-4 ամիս առաջ, կենդանիներին տալիս են «մաքուր» կեր: Մինչև սպանդը կենդանիների մկանային հյուսվածքում ռադիոնուկլիդների պարունակության որոշումը հնարավորություն է տալիս գնահատել ստացվելիք մսի պիտանելիությունը սննդի համար: Չի կարելի կենդանիներին ջուր տալ բաց ջրամբարներից: Կենդանիներին աղտոտված կեր տալու դեպքում արտաթորանքի հետ մեծ քանակությամբ ռադիոնուկլիդներ են արտազատվում, ուստի անհրաժեշտ է անասնաշենքը ժամանակին մաքրել:

Անասնաբուծության վարման համար թույլատրելի տեղերում ճառագայթային ֆոնը մարդու առողջության համար ուղղակի վտանգ չի ներկայացնում, սակայն անհրաժեշտ է աշխատողների շնչառական, մարսողական օրգանները և մաշկը պաշտպանել ռադիոակտիվ փոշուց: Այդ նպատակով օգտագործում են տարբեր տեսակի արտահագուստներ, որոնք աշխատանքի վերջում պետք է անպայման լվանալ և չորացնել:

Հայտնի է, որ կաթը և կաթնամթերքը ապահովում են մարդու օրգանիզմի համար անհրաժեշտ կալցիումի պահանջի 70-100 %: Ուստի կարևոր նշանակություն ունի կաթնատու կենդանիների կերաբաժնում կալցիումի պարունակության մակարդակը: Կաթնատու կովերի կերաբաժինը պետք է պարունակի 40-80 գ կալցիում: Այդ մակարդակը պահպանելու համար կերաբաժնի մեջ ընդգրկում են կալցիումով հարուստ կերատեսակներ (բակլազգի բույսեր) կամ կերաբաժնին ավելացնում են կալցիումական հանքային նյութեր: Կաթի հետ արտազատվող ^{90}Sr -ի պարունակությունը կապված է ոչ միայն կերաբաժնում կալցիումի պարունակությունից, այլ նաև կենդանիների մթերատվությունից: Ինչքան բարձր է կովի կաթնատվությունը, այնքան քիչ է ^{90}Sr -ի քանակությունը կաթում: Հետևաբար ^{90}Sr -ի մուտքն օրգանիզմ տևական է, ապա կաթի արտադրության համար անհրաժեշտ է ընտրել բարձր մթերատու կենդանիներ:

Աղտոտված տարածքներում բույսերի մեջ ^{137}I -ի կուտակումը նվա-

զեցնելու նպատակով հող են մտցվում կալիումական պարարտանյութերի բարձր չափաբաժիններ: Հաստատված է, որ կաթի մեջ ռադիոնուկլիդների խտությունը ուղղակիորեն կապված է կերաբաժնում դրանց պարունակության հետ:

¹³⁷Cs-ի սահմանային թույլատրելի պարունակությամբ ոչխարի մսի ստացումը անհամեմատ ավելի դժվար է, քան տավարի մսի ստացումը, քանի որ նույն տարածքում արածեցնելու դեպքում ոչխարի մկանային հյուսվածքում ցեզիումի կուտակումն ավելի արագ է ընթանում, քան տավարի մոտ: Արածելու ժամանակ ոչխարներն ավելի շատ հող են կուլ տալիս, քան կովերը, ուստի ոչխարի մաքուր միս ստանալու համար անհրաժեշտ է օգտագործել այնպիսի կերատեսակներ, որոնք օգտագործվում են կովի մաքուր կաթ ստանալու համար:

Բրդի արտադրությունը աղտոտված տարածքներում նույնպես մեծ խնդիրներ է առաջացնում, քանի որ արածելու ժամանակ ոչխարների ճարպաքրտինքն աղտոտվում է ռադիոակտիվ փոշով: Սակայն օճառասողայի լուծույթով լվանալու դեպքում ¹³⁷Cs-ի պարունակությունը նվազում է:

Ռադիոնուկլիդներով աղտոտված տարածքներում որոշակի սահմանափակումներ են կիրառվում խոզի, թռչունների, ձկների կերակրման նկատմամբ՝ ռադիոնուկլիդների թույլատրելի քանակությունն ապահովելու նպատակով: Մուշտակամորթ կենդանիներին կարելի է տալ ռադիոնուկլիդների ավելի բարձր պարունակությամբ կերատեսակներ, սակայն մորթի ստանալու համար վերջին 1-3 ամիսներին անհրաժեշտ է անցնել մաքուր կերատեսակների: Այսպես՝ ¹³⁷Cs-ի պարունակությունը կերաբաժիններում չպետք է գերազանցի՝ ջրաքիսների համար 185 Բք, աղվեսների համար՝ 3700, բևեռաղվեսների համար՝ 4070, սամույրների համար՝ 222 Բք մակարդակը:

Այսպիսով՝ միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության պայմաններում կերային բույսերի տեսակի և սորտի ընտրության, դրանց նպատակահարմար բաշխման, մարգագետինների արմատական բարեփոխումների և կենդանիների կերակրման ու խնամքի ճիշտ կազմակերպման միջոցով կարելի է ստացվելիք մթերքում ռադիոնուկլիդների պարունակությունը նվազեցնել և հասցնել թույլատրելի մակարդակի:

Անասնաբուժական մթերքում ռադիոակտիվ նյութերի պարունակության նվազեցման արդյունավետ եղանակ է կերաբաժիններում այնպիսի կերային հավելումների օգտագործումը, որոնք օժտված են կեն-

դանիների ստամոքսաաղիքային ուղիում ռադիոնուկլիդներին կապելու հատկությամբ: Այդ նյութերը կոչվում են սորբենտներ:

Սորբենտները, ըստ ծագման, լինում են բնական և արհեստական: Բնական սորբենտներ են սովորական կավը, ցեոլիտները, բենտոնիտը, հումոլիտը, վերմիկուլիտը և այն: Արհեստական սորբենտներ են ֆերոցիանիդային պատրաստուկները:

Ցեոլիտները ալյումոսիլիկատների բյուրեղներ են, օգտագործվում են անասնաբուծության ու թռչնաբուծության մեջ՝ որպես կերային հավելում կենդանիների քաշաճը բարձրացնելու նպատակով: Ցեոլիտներն օժտված են նաև ստամոքսաաղիքային ուղիում ռադիոակտիվ ցեզիումի, ինչպես նաև արճճի և այլ ծանր մետաղների իոնները կապելու, դրանց ներծծումը խոչընդոտելու կամ թուլացնելու հատկությամբ: Այն տրվում է համակցված կերի հետ՝ խառնուրդի ձևով:

***ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ՄԻՋՈՑԱՌՈՒՄՆԵՐԻ ԱՆՑԿԱՑՄԱՆ
ԱՌԱՆՋՆԱԴԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՈԱԴԴՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏԿԱԾ
ԳՈՏԻՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ***

Ռադիոնուկլիդներով աղտոտված տարածքներում անասնաբուժական միջոցառումների անցկացման առանձնահատկությունները և մարտավարությունը հիմնականում կախված են դրանց ճառագայթման ուժգնությունից և ժամկետից, իրադրության պայմաններից:

Անասնաբուժական ռադիոլոգիական ծառայության գլխավոր խնդիրը ճառագայթային իրավիճակի հսկողությունն է, կենդանիների առողջական վիճակի և ստացվելիք մթերքի աղտոտվածության կանխորոշումը: Եթե ռադիոակտիվ տեղումների խտությունը բարձր է և կենդանիներին զանգվածային ախտահարումների վտանգ է սպառնում, ապա դրանց անհրաժեշտ է փոխադրել մսուրային պահվածքի, վահանաձև գեղձը ռադիոակտիվ ախտահարումից պաշտպանելու նպատակով կենդանիներին տալ KI-ի պատրաստուկ և մեծ քանակությամբ ջուր:

Այդ շրջանում անհրաժեշտ է որոշել տարածքի ռադիոնուկլիդային կազմը, դրանց խտությունը, կերի և կերահանդակների աղտոտվածության աստիճանը: Կենդանիների ամբողջ գլխանակն անհրաժեշտ է դիսպանսերացնել, զննել և տեսակավորել:

Ճառագայթումից մեկ շաբաթ հետո կարճակյաց ռադիոնուկլիդները

տրոհվում են, ճառագայթային իրավիճակը զգալիորեն կայունանում է, և անասնաբուժական ծառայության հիմնական գործառույթներն ուղղվում են վիրուսային, վարակիչ և ոչ վարակիչ հիվանդությունների նվազեցմանը, ինունային համակարգի և նյութափոխանակության խանգարումների կանխարգելմանը: Այդ շրջանում բոլոր անասնաբուժասանիտարական միջոցառումներն անցկացվում են «Անասնաբուժական օրենսդրության» հրահանգների համաձայն:

Պատվաստումների ժամանակ նպատակահարմար է օգտագործել ինունամոդուլատորներ (β-ակտիվին, տիմալին, տիմոգեն, տիմիդին), որոնք նպաստում են օրգանիզմի կողմից արտադրվող հակամարմինների, ինունիտետի լարվածության և տևականության ավելացմանը: Հատուկ ուշադրություն են դարձնում շնչառական օրգանների, արյան կազմի (վտանգավոր է, եթե էրյկոցիտների քանակը հինգ հազարից պակաս է, իսկ մարմնի ջերմությունը՝ 37°C-ից ցածր), մեզի և կղանքի որակի և զույնի վրա, պարանոցային մաշկի ծալքի հաստության (12 մմ և ավելի), մնդավի հատվածի մազերի երկարացման (80 մմ և ավելի) և զանգրացման վրա: Աղտոտված տարածքներում գտնվող բոլոր կենդանիներին զննում են տուբերկուլյոզի և բրուցելյոզի նկատմամբ: Հիվանդ կենդանիներին ուղարկում են մսի կոմբինատ՝ սանիտարական սպանդի ենթարկելու: Վեց ամսականից բարձր խոշոր եղջերավոր կենդանիներին ենթարկում են շիճուկաբանական ստուգման՝ էյկոզ հիվանդության նկատմամբ:

Այս պայմաններում կարևոր է մատղաշի պահպանումը և կենսունակ սերունդ ստանալը: Այդ նպատակով կազմակերպում են հղի կենդանիների ու մայրերի բալանսավորված կերակրում և խնամք: Հորթերի մոտ լիարժեք ինունիտետ ձևավորելու համար անհրաժեշտ է մայրերին պատվաստել (տնտեսությունում առկա հիվանդությունների նկատմամբ) և հետևել, որ հորթերը խիժը ժամանակին ստանան:

Շրջակա միջավայրի զանգվածային աղտոտվածության ժամանակ գյուղատնտեսական բոլոր օբյեկտների (հանդակներ, կեր, կենդանիներ և անասնաբուժական արտադրանք) ռադիոակտիվ աղտոտվածությամբ է պայմանավորված ճառագայթային վտանգի աստիճանը, միջոցառումների ծավալները և հետևանքների վերացման ծախսերը: Բնակչությունը, օգտագործելով աղտոտված տարածքներում արտադրված սննդամթերքը, ստանում է ճառագայթային մեծ դոզաներ: Սակայն սննդի ճիշտ օգտագործումը իջեցնում է անասնաբուժական արտադրանքի աղտոտվածությունը, ինչը նպաստում է մարդու և կենդանիների օրգանիզմ

մուտք գործող ռադիոակտիվ նյութերի քանակության նվազեցմանը:

Ճառագայթային վթարների ժամանակ տարածքն աղտոտվում է միջուկային տրոհումներից առաջացած թարմ նյութերով, որոնցից առավել վտանգավոր են յոդի իզոտոպները՝ հատկապես ¹³¹I-ը, որն աղտոտում է կերը և անասնաբուժական մթերքները:

Գյուղատնտեսական արտադրանքի աղտոտումը հիմնականում տեղի է ունենում բույսերի արմատային համակարգի միջոցով:

Հատուկ ուշադրության են արժանի եգիպտացորենի ցանքերը, որոնք ապահովում են կանաչ զանգվածի բարձր բերք: Աղտոտված շրջաններում հատիկացու եգիպտացորենի ցանքերի ընդլայնումը հնարավորություն է տալիս համալրել կերային բալանսը, քանի որ եգիպտացորենի հատիկը քիչ քանակությամբ ռադիոնուկլիդներ է կուտակում:

Աղտոտված տարածքներում ցանելու համար մշակաբույսերի ընտրության գլխավոր պայմաններն են՝ հողի պիտանիությունը, խոնավացման ռեժիմը, մշակվածության աստիճանը, ռադիոակտիվ աղտոտվածության խտությունը: Ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում մշակել գյուղատնտեսական մշակաբույսերի ցանքաշրջանառության դաշտերի սխեմաներ՝ օգտագործելով հողերի ռադիոլոգիական և ագրոքիմիական հետազոտությունների վերջին տվյալները և ռադիոնուկլիդների՝ հողից բույսին, այնուհետև անասնաբուժական արտադրանքին անցման ճշգրտված գործակիցները:

Ատոմային արդյունաբերության զարգացման և ժողովրդական տնտեսության մեջ ատոմային էներգիայի լայն կիրառման արդյունքում առաջացել են շրջակա միջավայրը ռադիոնուկլիդներով աղտոտող արհեստական աղբյուրներ, հատկապես ատոմային ձեռնարկությունների կողմից ռադիոակտիվ արտանետումների, ինչպես նաև ատոմակայանների վթարային իրավիճակների հաշվին:

Միայն 1971-1984 թթ. աշխարհի 14 երկրների ատոմակայաններում տեղի է ունեցել 151 վթար: Եթե դրան գումարվեն նաև միջուկային զենքերի փորձարկումները, ապա առաջանում է ամբողջ մոլորակի բուսական և կենդանական աշխարհի, այդ թվում նաև մարդու վրա ճառագայթային ներգործության անկառավարելի գործոն:

Այսպես՝ չեմոնոբիլյան աղետի հետևանքով միայն Բելոռուսիայում լուծարվել է 20 տնտեսություն, Գոմելի մարզից էվակուացվել է 50900 գլուխ խոշոր եղջերավոր կենդանի: Բելոռուսիայում հետվթարային շրջանում արտադրվել է մեծ քանակությամբ ռադիոնուկլիդներով

վարակված միս, և միայն 1991 թ. այդ մսից ոչնչացվել է 8300 տ:

Միջուկային վթարից հետո առաջին երկու ամիսներին գյուղատնտեսական արտադրանքի հիմնական աղտոտիչը եղել է ^{131}I -ը: Պարզվել է, որ առաջին 10 օրերին կովերի մոտ վահանաձև գեղձի վրա ազդող դոզան 30 կմ գոտում կազմել է 24-135 Գր, իսկ 30-80 կմ գոտում՝ 2-11 Գր: Ուստի բնակչությունը և կենդանիները էվակուացվել են 30 կմ շառավղով գոտուց: Վթարից հետո առաջին շաբաթում կովի կաթում ^{131}I -ի պարունակությունը մինչև 100 անգամ գերազանցել է թույլատրելի մակարդակը: Արևմտյան Եվրոպայի երկրներում 1986 թ. ստացվել է ռադիոակտիվ յոդի՝ թույլատրելի մակարդակից բարձր պարունակությամբ 1313700 տ կովի կաթ, որը վերամշակվել է և օգտագործվել տևական պահպանման ենթակա մթերքի՝ պանրի և յուղի արտադրության համար: Երկու ամիս պահպանելուց հետո դրանք մաքրվում են ռադիոակտիվ յոդից և պիտանի են սննդում օգտագործելու համար:

Երկարակյաց ռադիոնուկլիդներով աղտոտված արտադրանքում հնարավոր չէ ինքնամաքրման միջոցով նվազեցնել ռադիոնուկլիդների պարունակությունը, ուստի կիրառվում են վերամշակման հատուկ տեխնոլոգիական եղանակներ:

Երբեմն կարող է ստեղծվել այնպիսի իրավիճակ, երբ մարդը կամ մի խումբ մարդիկ ստիպված կլինեն ռիսկի դիմել և որոշում կայացնել վնասված տարածքներից բերված սնունդն առանց սանիտարական փորձաքննության օգտագործելու վերաբերյալ: Սակայն, որպես կանոն, ռադիոակտիվ և թունավոր նյութերով վարակված սնունդը (մթերք) արգելվում է օգտագործել առանց հատուկ սանիտարահամաճարակաբանական ստուգման:

ՍՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ռադիոնուկլիդներով աղտոտված տարածքներից ստացված անասնաբուժական մթերքի մեջ ռադիոնուկլիդների կուտակման կանխատեսումը:
2. Աղտոտված հանդակներից ստացված կերում ռադիոնուկլիդների կուտակումը նվազեցնելու պայմանները:
3. Անասնապահության կազմակերպումն աղտոտված տարածքներում:
4. Կենդանիների կերակրման և պահվածքի ռեժիմը միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության պայմաններում:
5. Միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության պայմաններում անասնաբուժական միջոցառումների անցկացման առանձնահատկությունները:

ԳԼՈՒԽ 9

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ԺԱՌԱՆԳԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԳԵՆԵՏԻԿԱՅԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ

Ճառագայթային գենետիկան ուսումնասիրում է իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ օրգանիզմում առաջացած ժառանգական փոփոխությունները (մուտացիա):

Առաջին անգամ սեռական գեղձերի վրա ռենտգենյան ճառագայթների վնասակար ազդեցությունը բացահայտել է Ալբերտուս-Շոնբերգը (1903 թ.) ճագարների և ծովախոզուկների մոտ հայտնաբերելով ազոսպերմիա և սերմնաբջիջների դեգեներատիվ փոփոխություններ (կազմափոխություններ):

Այնուհետև Բրոուլը և Օսգոուլը (1903 թ.) ազոսպերմիա հայտնաբերեցին երիտասարդ բանվորների մոտ, ովքեր 3 տարի և ավելի աշխատել էին ռենտգենյան խողովակներ արտադրող գործարանում: Դրանից հետո տարբեր պետություններում սկսեցին իոնացնող ճառագայթների ազդեցության փորձարարական ուսումնասիրություններ կատարվել բույսերի, մանրէների, սնկերի, միջատների և լաբորատոր կենդանիների ժառանգական նյութի վրա:

Բերդինը (1907 թ.) ռենտգենյան ճառագայթներով ճառագայթահարեց դոդոշի սերմնաբջիջները և այդ սերմերով բեղմնավորեց չճառագայթահարված ձվերը. առաջացած զիգոտները զարգանում էին ոչ նորմալ՝ անկանոն ընթացքով: Այդ խանգարումները նա բացատրեց արական բջիջների ժառանգական նյութի փոփոխություններով:

Ռեզոնը և Դյուբրեյլը (1908 թ.), ճառագայթահարված արու ճագարների հետ բեղմնավորված (հղի) ճագարների մոտ հայտնաբերեցին սաղմի թերի զարգացում և աճ, պտղի անոմալիաներ (անկանոնություններ):

Գեջերը (1908 թ.) ճառագայթային մուտացիաներ հայտնաբերեց ռադիումով ճառագայթահարված բույսերի մոտ, իսկ 1911 թ. Մորգանը, Լեբը և Բանկրոֆտը միմյանցից անկախ ստացան նույնանման մուտացիաներ դրոզոֆիլների (պտղաճանճ) մոտ՝ ռադիումի ճառագայթումից:

Կաթնասունների ճառագայթային մուտացիաներ ստացան Լիթլը և Բեզը (1914 թ.)՝ ճառագայթահարելով արու և էգ մկներին: Դրանցից ստացված սերունդն ուներ չորս տեսակի ժառանգական անոմալիաներ (խախտումներ): Պետք է նշել, որ դրոզոֆիլները և մկները մինչև օրս էլ կիրառվում են ժառանգականության օրենքների և իոնացնող ճառագայթների գենետիկական ազդեցության փորձարարական ուսումնասիրությունների ժամանակ:

Ռուս գիտնականներ Գ. Ֆիլիպովը և Գ. Նադսոնը (1925 թ.) բջիջների ժառանգական փոփոխություններ հայտնաբերեցին ճառագայթված բորբոսաանկերի և խմորիչների վրա:

1927 թ. Մելլերն առաջարկեց դրոզոֆիլների ժառանգական փոփոխությունների հաճախականության գնահատման քանակական մեթոդ, որը հնարավորություն տվեց ապացուցել իոնացնող ճառագայթների մուտացիոն ազդեցությունը տարբեր օրգանիզմների ժառանգական հատկանիշների վրա: Գեջերը, Բլեկսլինը (1927 թ.) և Ստադլերը (1928 թ.) ապացուցեցին ռենտգենյան ճառագայթների և ռադիումի ժառանգական ազդեցությունը մի շարք բույսերի՝ եգիպտացորենի, գարու, ծխախոտի, թմբախոտի ժառանգական գործոնների վրա:

Այս բոլոր հայտնագործություններն ապացուցեցին, որ իոնացնող ճառագայթները ժառանգական փոփոխություններ են առաջացնում ամբողջ բուսական ու կենդանական աշխարհում, ինչը և հիմք հանդիսացավ ճառագայթային գենետիկայի զարգացման համար:

Գենը ժառանգականության տարրական միավորն է՝ իր յուրահատուկ կառուցվածքով և ֆունկցիայով: Օրգանիզմի բոլոր բջիջների գեները կազմում են անհատի ընդհանուր գենոտիպը և ապահովում օրգանիզմի կենսագործունեությունը:

Գեները գետեղված են բջջի քրոմոսոմների կազմության մեջ: Յուրաքանչյուր քրոմոսոմ կրում է տասնյակ և հարյուրավոր գեներ:

20-րդ դարի 50 - 60 - ական թվականներին փորձնական ճանապարհով բացահայտվեց և հաստատվեց դեզօքսիռիբոնուկլեինաթթվի (ԴՆԹ) մոլեկուլային կառուցվածքը, պարզվեցին գենետիկ ինֆորմացիայի ծածկագրման (կոդավորման) սկզբունքները: Գենը քրոմոսոմի կառուցվածքի մեջ մտնող ԴՆԹ-ի մոլեկուլի մի հատվածն է, որն ընդունակ է ինքնավերարտադրման, ունի առանձնահատուկ կազմություն, որտեղ ծածկագրված է օրգանիզմի մեկ կամ մի քանի հատկանիշների զարգացման ծրագիրը: Կենդանիների յուրաքանչյուր տեսակի բջիջներում քրոմոսոմների թիվը հաստատուն է. ձիեր՝ 66, կովեր՝ 60, ոչխար-

ներ՝ 54, խոզեր՝ 40, շներ՝ 78: Մարդու քրոմոսոմների թիվը 46 է:

Քրոմոսոմները գտնվում են երկու՝ միմյանց նման, բայց ոչ նույնական հավաքակազմում: Օրինակ՝ ծիու մոտ 33 քրոմոսոմ է յուրաքանչյուր հավաքակազմում, որոնցից մեկը ժառանգվում է մորից, մյուսը՝ հորից: Բեղմնավորման ժամանակ սեռական բջիջները միանում են՝ առաջացնելով մեկ բջիջ, որի կորիզում արդեն կա քրոմոսոմների երկու հավաքակազմ: Բջջի կիսվելուց առաջ յուրաքանչյուր քրոմոսոմ առաջացնում է իր ճշգրիտ պատճենը, ուստի դուստր բջիջներն ունեն քրոմոսոմների և գենների ճիշտ նույն քանակ ու կառուցվածք, և դա կարող է կրկնվել հետագա սերունդների մոտ: Սակայն տարբեր արտաքին և ներքին գործոնների ազդեցությամբ (իոնացնող ճառագայթներ, քիմիական նյութեր և այլն) քրոմոսոմի կամ գենի մոլեկուլային կառուցվածքը կարող է փոխվել: Այդ դեպքում կառաջանան գեներ՝ նոր հատկանիշներով, այսինքն՝ տեղի է ունենում մուտացիա:

Մուտացիայի ժամանակ առաջանում են օրգանիզմի ժառանգական հատկանիշների ձևաբանական, ֆիզիոլոգիական, կենսաքիմիական և այլ բնույթի շեղումներ: Գենի կամ քրոմոսոմի մեջ տեղի ունեցող փոփոխությունը կոչվում է **մուտացիա**:

Նոր հատկանիշներով օժտված գեները տարբերվում են նախորդից, ընդ որում՝ մուտացիայի ենթարկված գեները կամ քրոմոսոմները բջջի կիսման ժամանակ վերարտադրում են իրենց պատճենը, այսինքն՝ փոփոխված քրոմոսոմները ժառանգաբար փոխանցվում են հաջորդ սերունդների քրոմոսոմներին: Այս մեխանիզմով է ժառանգվում մուտացիայի ենթարկված գենը, և այն ստանում է կայուն բնույթ:

Մուտացիայի ենթարկված օրգանիզմը կոչվում է **մուտանտ**, այն օժտված է նոր ժառանգական հատկանիշներով:

Ճառագայթունն ազդում է սերնդի վրա միայն այն դեպքում, երբ ճառագայթահարվում են սեռական բջիջները: Գիտնականները պարզել են, որ սեռական բջիջներն իրենց զարգացման տարբեր փուլերում միանման չեն հակազդում ճառագայթմանը. քրոմոսոմների մուտացիաների հաճախականությունն ուղիղ համեմատական է ճառագայթման դոզային:

Գենետիկ մուտացիաներ կարող են տեղի ունենալ նաև համեմատաբար փոքր դոզաների ազդեցությամբ: Այդ պատճառով առաջացել է բնակչության վրա ճառագայթման փոքր դոզաների ազդեցության վտանգավորության հիմնախնդիրը, ինչը պահանջում է միջոցներ ձեռնարկել իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունից մարդկանց պաշտ-

պանելու ուղղությամբ:

Գեներտիկ հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մուտացիաները բնորոշ են բոլոր կենդանիներին և կենդանի օբյեկտներին: Բնական ճառագայթային ֆոնը տարբեր օրգանիզմներում մուտացիայի հետևանքով առաջացրել է մեծ քանակությամբ գեներ, սակայն դրանք հիմնականում կրում են ռեցեսիվ բնույթ:

ԺԱՌԱՆԳԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄՆ ԸՍՏ ՃԱԳՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ

Ժառանգական գործոնների փոփոխությունները կոչվում են **մուտացիաներ**. սեռական բջջում առաջացած մուտացիան՝ գամետային մուտացիա, իսկ մարմնային բջջում՝ սոմատիկ կամ մարմնային մուտացիա:

Մոլեկուլային կենսաբանության տվյալներով, ըստ ծագման մեխանիզմների տարբերում են **գենոմային**, **քրոմոսոմային** և **գենային** կամ կետային մուտացիաներ:

Գենոմային մուտացիաները պայմանավորված են քրոմոսոմների թվի փոփոխություններով. դրանք կարիոտիպի մուտացիաներն են:

Քրոմոսոմային մուտացիաներն առաջանում են քրոմոսոմների կառուցվածքային փոփոխությունից, երբ տեղի են ունենում քրոմոսոմների առանձին մասերի վերացում կամ կրկնապատկում, քրոմոսոմների հատվածների տեղաբաշխում, տեղաշարժում, անջատում, գեների հակառակ դասավորում, երբ քրոմոսոմի պոկված հատվածը շրջված ձևով ներառվում է նույն քրոմոսոմի մեջ կամ մեկ այլ տեղում և այլն (դուբլիկացիա, ինվերսիա և այլն):

Քրոմոսոմների կառուցվածքի խախտման հետևանքով առաջացող քրոմոսոմային մուտացիաների բոլոր ձևերը կոչվում են **քրոմոսոմային արեռացիաներ** (խտորոումներ):

Գենային կամ կետային մուտացիաներն առաջանում են միայն մեկ գենի փոփոխման դեպքում:

Մուտացիաներն, ըստ արտահայտման ինտենսիվության, լինում են դոմինանտ, միջանկյալ և ռեցեսիվ: Ըստ ֆենոտիպային էֆեկտի՝ տարբերում են տեսանելի մուտացիաներ և մահացու (լետալ), կենսունակության, պտղաբերության և նյութափոխանակության գործոններ (կենսաքիմիական մուտացիաներ):

Իոնացնող ճառագայթները մուտացիաներ են առաջացնում ողջ

բուսական և կենդանական աշխարհում. ճառագայթային մուտացիաները որակապես համարժեք են բնական մուտացիաներին: Բացի դրանից՝ իոնացնող ճառագայթներից առաջացած մուտացիաներն իրենց բնույթով չեն տարբերվում այլ վնասակար գործոններից (քիմիական նյութեր, ուլտրամանուշակագույն ճառագայթներ) առաջացած մուտացիաներից:

Իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ հիմնականում առաջանում են երկու տեսակի մուտացիաներ՝ գենային և քրոմոսոմային: Որոշ դեպքերում քրոմոսոմային վերակառուցման հետևանքով քրոմոսոմի ամբողջականությունը կարող է վերականգնվել: ճառագայթային մուտացիաների հաճախականությունը կախված է օբյեկտի տեսակային և անհատական ճառագայթազգայունությունից և ճառագայթման տեսակից, հատկապես՝ էներգիայի գծային կորստի մեծությունից:

Գենետիկական տեսակետից վտանգավոր են հատկապես ստրոնցիում-90-ը, ցեզիում-137-ը, ածխածին-14-ը, ինչը պայմանավորված է դրանց բարձր ներմարմնավորման (ինկորպորացիոն) հատկությամբ: Մուտացիաների հաճախականությունն ուղիղ համեմատական է ճառագայթման դոզային:

Մուտացիաների հետևանքով առաջանում են **դոմինանտ** (իշխող) և **ռեցեսիվ** (ճնշված) գեներ: Եթե գենը դոմինանտ է, ապա համապատասխան հատկանիշն արտահայտվում է առաջին սերնդի մոտ՝ անկախ նրանից, թե տվյալ գենը ներկա է ծնողներից մեկի, թե երկուսի սեռական բջիջներում: Եթե գենը ռեցեսիվ է, ապա համապատասխան հատկանիշը, հաղորդվելով սերնդեսերունդ, կարող է առաջին անգամ արտահայտվել միայն ծոռների մոտ՝ այն դեպքում, երբ այն ներկա է և՛ հոր, և՛ մոր սեռական բջիջներում:

Մեկ սեռական բջջում քրոմոսոմային շեղումների առկայության դեպքում բեղմնավորված բջիջը մահանում է հենց առաջին կիսման ժամանակ: Այդ երևույթը կոչվում են դոմինանտային մահացություն (լետալություն): Իսկ այն դեպքում, երբ բջիջը մահանում է ռեցեսիվ մահացու գեների առկայության հետևանքով և արտահայտվում է հաջորդ սերունդների մոտ, կոչվում է ռեցեսիվ լետալություն (նկ. 41, 42, 43, 44):

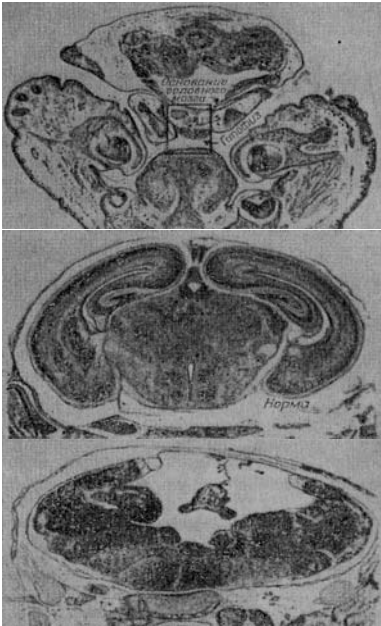
Մարմնային (սոմատիկ) մուտացիաները գոյանում են սոմատիկ բջիջներում. դրանցում առաջանում են ճառագայթման մարմնային էֆեկտներ, որոնք արտահայտվում են բջիջների չարորակ աճի ձևով: Դրանք ժառանգաբար չեն փոխանցվում:

Ճառագայթման ուռուցքածին ազդեցությունը նպաստում է **կանցե-**

ռոգենեզի մուտագեն տեսության ծագմանը:

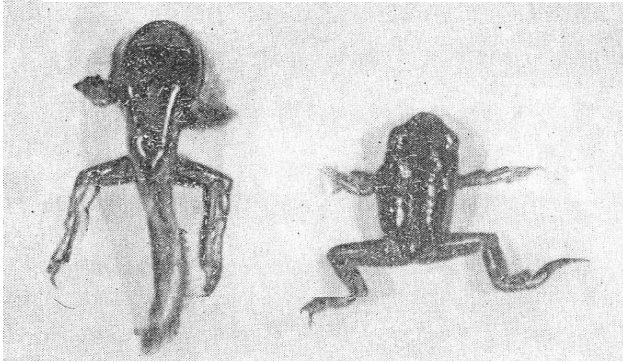
Ապացուցված է, որ ճառագայթունից հետո խախտվում է իմունագենեզը (իմունածնություն), հատկապես՝ լիմֆոիդ հյուսվածքում հայտնաբերվում են քրոմոսոմային շեղումներով, այսինքն՝ մուտանտ բջիջներ, որոնք արտադրում են հակամարմիններ տվյալ օրգանիզմի նորմալ հակածնի նկատմամբ: Այդպիսի նոր մուտանտ բջիջների մեծ քանակության դեպքում օրգանիզմը կարող է մահանալ:

Ճառագայթային մուտագենեզի վրա կարելի է ազդել արտաքին միջավայրի տարբեր գործոններով: Այսպես՝ եթե դրոզոֆիլները ճառագայթահարվեն թթվածնային միջավայրում, ապա մուտացիաների հաճախականությունը կավելանա: Իսկ եթե թթվածինը միջավայրից լրիվ հանվի և ավելացվի մաքուր ազոտ, ապա մուտացիաների հաճախականությունը զգալիորեն կնվազի: Եզրակացությունն այն է, որ թթվածնի ազդեցությամբ քրոմոսոմների ճեղքումն ուժեղանում է ճառագայթակենսաբանական էֆեկտի հետևանքով:

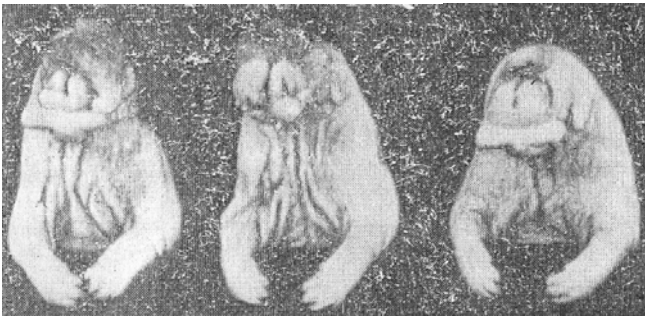


Ճառագայթահարված նորածին առնետի հիդրոցեֆալիա

Նկ. 41. Ճառագայթահարված առնետի (150 Ռ դոզայով) պտղի զարգացման խախտումներ. գլխուղեղի բացակայություն և ծանր այլանդակություններ:



Նկ. 42. Ընդհանուր ճառագայթահարման ազդեցությունը շերեփուկի զարգացման վրա: Աջից՝ նորմալ (ստուգիչ) գորտի զարգացումը (5 օր հետո լրիվ հասունացում), ձախից՝ ճառագայթահարված շերեփուկ նույն ժամանակահատվածում:



Նկ. 43. Առնետների ներարգանդային զարգացման խախտումներ 150 Ռ դոզայով ընդհանուր ճառագայթահարումից 9 օր հետո :

Ճառագայթային մուտացիաների հաճախականությունն ավելանում է քիմիական և ֆիզիկական գործոնների առկայության դեպքում (ֆորմալդեհիդ, կոլիսիցին, ցածր ջերմություն, ինֆրակարմիր ճառագայթներ և այլն):

Այն կախված է մաև դոզայի հզորությունից, բջջի տարիքից ու զարգացման ժամանակահատվածից, ճառագայթների տեսակից և դոզայից:

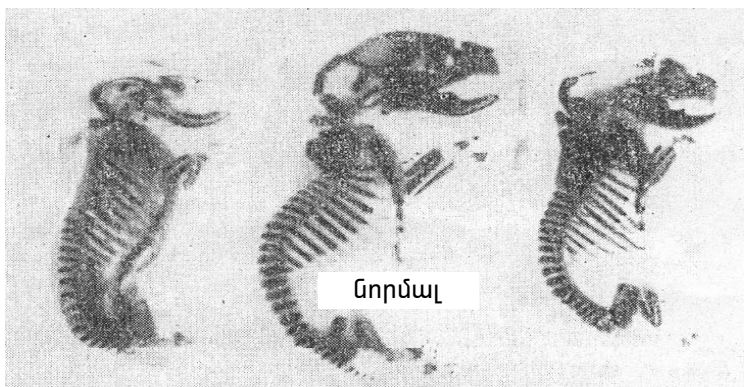
Ճառագայթային մուտագենները բազմափուլ, բազմաստիճան պրոցես է: Առաջին փուլում իոնացնող ճառագայթների էներգիան հաղորդվում է քրոմոսոմին, և մուտացիան զարգանում է ազատ ռադիկալների՝ $H^{\bullet}OH^{\bullet}$ և անմիջական ազդեցությամբ, այնուհետև ազդում են միջանկյալ նյութերը՝ HO_2 , H_2O_2 , փոխվում է նուկլեոտիդների հաջորդականությունը: Այս փուլում կարող են ստեղծվել շարժունակ, վերադարձելի նախամուտացիոն վիճակներ, իսկ երրորդ փուլում մուտացիան ֆիքսվում է և դառնում անշրջելի:

Մինչ այժմ դեռ հաստատված չէ այն սահմանային դոզան, որից ավելի ցածր դոզայի դեպքում ճառագայթումը մուտացիա չի առաջացնում:

Կարևոր նշանակություն ունի *ճառագայթման կրկնապատիկ դոզան*, որի ազդեցությամբ մուտացիաների թիվը, բնական մուտացիայի համեմատ, ավելանում է երկու անգամ: Մարդու համար ճառագայթման կրկնապատիկ դոզան տատանվում է 3 - 150 Ռ կամ 0,03 - 1,5 Գր: Ռուս գիտնական Ն.Պ. Դուբինինի հաշվարկներով 10 Ռ (0,1Գր) գամմա- և ռենտգենյան ճառագայթների դոզան կրկնապատկում է մուտացիաների թիվը: Ըստ այդմ՝ գիտնականները եզրակացնում են, որ բնական ճառագայթային ֆոնին միայն 1 Ռ դոզայի ավելացման դեպքում 200 մլն բնակչության հաշվով ժառանգական փոփոխություններ կառաջանան 800 հազ. մարդկանց սերունդների մոտ: Դա վկայում է առեւելի վտանգի մասին, որը սպառնում է հետագա սերունդներին և հարկադրում բարի կամք ունեցող մարդկանց համառորեն պայքարել միջուկային զենքի փորձարկումների դեմ և դրա ոչնչացման համար:

Կենդանիների վրա իոնացնող ճառագայթների ազդեցությամբ գենետիկ փոփոխություններ կարող են նկատվել ցանկացած ճառագայթային դոզայից: Բացասական ազդեցության դեպքում առաջանում են զանազան ախտաբանական վիճակներ, ուռուցքներ, կյանքի տևողության կրճատում, պտղի զարգացման խախտումներ և այլանդակություններ:

Սակայն կենդանիների մոտ ճառագայթային գենետիկ փոփոխություններ առաջանում են միայն փոքր և ենթամահացու (սուբլետալ) դոզաների դեպքում, որովհետև հնարավոր է հետևել դրանց մուտագեն ազդեցությանը: Իսկ մեծ դոզաներով ճառագայթումն առաջացնում է անպտղություն կամ մահ, հետևապես դրանց մոտ գենետիկ էֆեկտները չեն արտահայտվում:



Նկ. 44. Ռենտգենանկար՝ ստուգիչ, նորմալ (կենտրոնում) և ճառագայթահարված (50-100 Ռ դոզայով) առնետների ներարգանդային զարգացման շրջանում (ծախից՝ 10, աջից՝ 12 օր հետո):

Սեռական բջիջների ճառագայթման 30–80 Ռ դոզան կրկնապատկում է կենդանիների մուտացիաները:

Այլ ազդեցություն են ունենում ճառագայթման փոքր դոզաները, երբ կենդանիների մոտ օրգանիզմի տեսանելի փոփոխություններ չեն առաջանում, ինչպես նաև ճառագայթային հիվանդության բուժումից հետո: Այդպիսի կենդանիների մոտ վերականգնվում է պտղատվությունը, և դրանք սերունդ են տալիս այն սեռական բջիջների հաշվին, որոնք ենթարկվել էին ճառագայթային ներգործության:

Մուտացիայի հետևանքով առաջացած մոր հատկանիշները կարող են ունենալ դրական, սակայն ավելի հաճախ՝ բացասական նշանակություն:

Գյուղատնտեսական կենդանիների վրա ճառագայթների գենետիկ ազդեցության վտանգը կարելի է զգալիորեն նվազեցնել զուգավորվող զույգերի ընտրության միջոցով:

Ճառագայթման մակարդակի բարձրացումը կարող է ազդել վայրի կենդանիների, բույսերի, մանրէների և վիրուսների էվոլյուցիայի տեմպի և ձևի վրա: Տեսակները բարձր ռադիոակտիվության պայմաններում ենթարկվում են լայն ընտրության, որն ընթանում է բարձր փոփոխականության ֆոնի վրա: Այս պայմաններում ընտրությունը, ոչնչացնելով պոպուլյացիայի մի մասը, առաջացնում է այնպիսի հատկանիշներ, որոնք

անհրաժեշտ են տեսակին միջավայրի նոր պայմաններում ապրելու համար:

Իոնացնող ճառագայթների գենետիկ էֆեկտներն այսօր օգտագործվում են գենետիկ հետազոտություններում: Կենդանական և բուսական օրգանիզմների օգտակար նոր առաջացած հատկանիշները կիրառվում են սելեկցիոն աշխատանքներում, հատկապես՝ բարձր դիմացկունությամբ և մթերատվությամբ օժտված գյուղատնտեսական կենդանիների և բույսերի նոր սորտեր ստանալու համար:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ճառագայթային գենետիկայի խնդիրները, զարգացման ուղիները:
2. Ժառանգական փոփոխությունների՝ մուտացիաների դասակարգումն ըստ դրանց ծագման մեխանիզմների:
3. Ճառագայթային մուտագենեզի փուլերը:
4. Ճառագայթման կրկնապատիկ դոզան, դրա ազդեցությունը և նշանակությունը:

**ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԵՎ ՆԻՇԱԿԻՐ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ,
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ
ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ԵՎ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ**

Երկրագնդի բնակչությունը, կենդանիները, բույսերը մշտապես ենթարկվում են բնական ռադիոակտիվ ճառագայթման, որոնց աղբյուրները տիեզերքից, արևից և Երկրի ընդերքից եկող ճառագայթներն են:

Բնության մեջ՝ հողում, ջրում, մթնոլորտում, կենդանի օրգանիզմներում, առկա են քիչ քանակությամբ ռադիոակտիվ տարրեր՝ ուրան, ռադիում, կալիում, թորիում:

Կենդանի օբյեկտների վրա մեծ ազդեցություն են ունենում նաև իոնացնող ճառագայթների արհեստական աղբյուրները (ռադիոակտիվ իզոտոպները, միջուկային արտադրության թափոնները, միջուկային էներգիայի օգտագործման արդյունքները տարբեր ոլորտներում): Ռադիոնուկլիդների և իոնացնող ճառագայթների ռադիոկենսաբանական էֆեկտների (երևույթներ) հիման վրա մշակվել են կիրառական հարցեր, օրինակ՝ ճառագայթակենսաբանական տեխնոլոգիան (ՃԿՏ):

Միջուկային ֆիզիկայի ժամանակակից նվաճումների կիրառումը անասնաբուժությունում, անասնաբուծությունում, ինչպես նաև գյուղատնտեսության այլ ճյուղերում զարգանում է հետևյալ ուղղություններով.

1. Ռադիոնուկլիդները կիրառվում են որպես ինդիկատորներ (նիշակիր ատոմներ) կենդանիների և բույսերի ֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական պրոցեսների հետազոտման, ինչպես նաև հիվանդ կենդանիների ախտորոշման և բուժման մեթոդների մշակման նպատակով:

2. Իոնացնող ճառագայթները և ռադիոնուկլիդները կիրառվում են որպես ճառագայթակենսաբանական տեխնոլոգիական (ՃԿՏ) պրոցես, այդ թվում՝

ա) ռադիոնուկլիդների և իոնացնող ճառագայթների մուտագեն ազդեցությունն օգտագործվում է անասնաբուծության, մանրէաբանության, վիրուսաբանության, բուսաբուծության բնագավառներում կատարվող սելեկցիոն - գենետիկական (ընտրության) հետազոտություններում,

բ) իոնացնող ճառագայթների մանրէասպան հատկություններն օգտագործվում են՝

- սննդամյութերի, կերի, մորթեղենի, կենսաբանական և դեղաբանա-

կան պատրաստուկների (պատվաստանյութեր, շիճուկներ, սննդարար միջավայրեր, վիտամիններ և այլն), վիրաբուժական գործիքների, վիրակապերի և այլ սարքերի մանրէազերծման, պահածոյացման համար, երբ դրանք ենթակա չեն ջերմային և քիմիական մշակման,

- վնասակար միջատների դեմ պայքարի և միջավայրի առողջացման նպատակներով,
- անասնապահական ֆերմաներում գոմաղբատար առուների, գոմաղբի մանրէազերծման նպատակով և այլն,

զ) իոնացնող ճառագայթների խթանիչ ազդեցությունն օգտագործվում է բույսերի աճի և արագ զարգացման, բերքատվության բարձրացման, գյուղատնտեսական թռչունների ու կենդանիների աճի, զարգացման, կենսականության, տնտեսական որակի բարձրացման նպատակով,

դ) իոնացնող ճառագայթներն օգտագործվում են գյուղատնտեսական կենդանիների կերի և կերային հավելումների արտադրության ուղորտում:

ՈԱՂԻՈՒԿՏԻՎ ԻՋՈՏՈՂՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ԻՆԴԻԿԱՏՈՐՆԵՐ

Ռադիոակտիվ իզոտոպները լայնորեն կիրառվում են կենսաբանության, ֆիզիոլոգիայի և կենսաքիմիայի բնագավառներում մոլեկուլային մակարդակով հետազոտություններ կատարելու նպատակով՝ առանց խախտելու օրգանիզմի բնականոն գործունեությունը: Հետազոտությունները կատարվում են մի քանի եղանակով.

Ռադիոիզոպկացիոն մեթոդը (նիշակիր ատոմների մեթոդ) հիմնված է քիմիական միացությունների օգտագործման վրա, որոնց բաղադրության մեջ որպես նիշ ներմուծվում են ռադիոակտիվ տարրեր: Սովորաբար կենսաբանական հետազոտություններում օգտագործվում են այնպիսի տարրերի ռադիոիզոտոպներ, որոնք մտնում են օրգանիզմի բաղադրության մեջ և մասնակցում նյութափոխանակության պրոցեսներին: Դրանցից են ^3H , ^{14}C , ^{24}Na , ^{32}P , ^{35}S , ^{42}K , ^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{125}I , ^{131}I իզոտոպները և այլն:

Օրգանիզմ ներմուծված ռադիոիզոտոպները, նիշակիր օրգանա-

կան և անօրգանական միացությունները բաշխվում են ոչ հավասարա-
չափ, և տարբեր տարրեր կուտակվում են տարբեր օրգաններում:

Ռադիոնուկլիդները կենսաբանական համակարգում իրենց պա-
հում են այնպես, ինչպես իրենց կայուն իզոտոպները: Այս հանգամանքը
թույլ է տալիս հետևել ոչ միայն ռադիոակտիվ իզոտոպի ընթացքին,
այլև տարբեր միջակիր օրգանական և անօրգանական միացություննե-
րին և հսկել դրանց փոխարկումները փոխանակության պրոցեսներում:

Այս մեթոդի կարևոր առավելությունը դրա բարձր զգայունությունն
է, ինչը թույլ է տալիս ուսումնասիրություններում օգտագործել միջակիր
միացությունների չնչին քանակություն (զանգվածի իմաստով), որոնք
չեն կարող ազդել և փոխել կենսական պրոցեսների նորմալ ընթացքը:
Այսպես՝ եթե սովորական անալիտիկ եղանակով հնարավոր է հայտնա-
բերել 10^{-6} գ զանգված ունեցող իզոտոպը, ապա ժամանակակից ճառա-
գայթաչափական (ռադիոմետրիկ) սարքերը թույլ են տալիս հայտնաբե-
րել 10^{-18} - 10^{-20} գ զանգված ունեցող ռադիոակտիվ իզոտոպները:

Ռադիոնուկլիդների բաշխումը և պահեստավորումը տարբեր օր-
գաններում կարելի է վերահսկել փորձնական կենդանիների արտաքին
ճառագայթաչափամբ (օրինակ՝ γ -ճառագայթները կուտակվում են վա-
հանագեղձում) կամ պատրաստված կենսապատրաստուկների միջոցով
(արյուն, մեզ, կղանք, օրգանների հյուսվածքներ և այլն): Այդ նպատա-
կով հաճախ օգտագործվում է ինքնաճառագայթագրառման մեթոդը:

Ինքնաճառագայթագրառման (ռադիոինքնագրառման) մեթոդը
հնարավորություն է տալիս ֆոտոժապավենի վրա ստանալ հետազոտ-
վող նյութում ներմուծված ռադիոնուկլիդների ճառագայթման պատկե-
րը:

Այդ մեթոդն 1904 թ. առաջին անգամ կենդանիների վրա կիրառել է
Ե.Ս. Լոնդոնը, իսկ այսօր ինքնաճառագայթագրառման մեթոդը կատա-
րելագործվել է և լայնորեն կիրառվում է կենդանիների ու բույսերի բջիջ-
ներում և հյուսվածքներում ռադիոնուկլիդների տեղաբաշխումը որոշե-
լու նպատակով: Ինքնաճառագայթագրերը ֆոտոէմուլսիայի վերա-
կանգնված արծաթի սև հատիկների կուտակումներն են, որոնք ցույց են
տալիս հետազոտվող նյութում ռադիոակտիվ նյութի տեղաբաշխումը:
Այս մեթոդը ներառում է հետևյալ պրոցեսները.

- ա) ռադիոնուկլիդի ներմուծում կենդանի օրգանիզմ,
- բ) ինքնաճառագայթագրառման համար մմուշների ընտրում և
պատրաստուկների ստացում,
- գ) պատրաստուկի մեջ գտնվող ռադիոնուկլիդի և ֆոտոէմուլսիայի

միջև որոշակի ժամանակահատվածում սերտ շփման ստեղծում,

դ) ֆոտոնյութի հայտածում և սևեռակում:

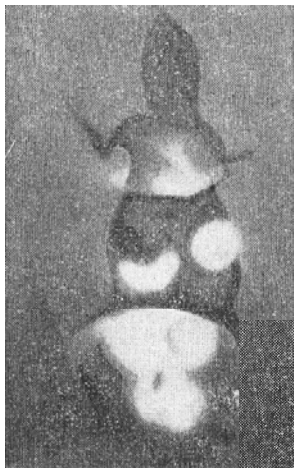
Ինքնաճառագայթագրառումը բաժանում են մակրո- և միկրոինքնաճառագայթագրառման: Մակրոինքնաճառագայթագրառումը պատկերում է ռադիոնուկլիդի քանակը և բաշխումը կենսաբանական օբյեկտների մակրոկառուցվածքներում, դրա մասնակցությունը որոշակի օրգանների նյութափոխանակության մեջ: Այդ նպատակով օգտագործում են բարձրզգայունությամբ ռենտգենյան և լուսանկարչական ժապավեններ, որոնց վրա հայտնաբերվում են ֆոտոէմուլսիայի վերականգնված արծաթի սև հատիկների կուտակումները: Մակրոինքնաճառագայթագրառումների վերլուծությունը կատարվում է ակնադիտական եղանակով, իսկ քանակական գնահատականը՝ դենսիտոմետրիայի միջոցով՝ համեմատելով ֆոտոէմուլսիայի սևացման խտությունը փորձնական ստուգանմուշների պատկերի հետ:

Միկրոինքնաճառագայթագրառումը (հյուսվածաինքնաճառագայթագրառում) հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրել ռադիոնուկլիդի ներքջային տեղայնացումը, բջջում ընթացող բարդ կենսաքիմիական պրոցեսները և բջջի կառուցվածքը: Այդ նպատակով օգտագործում են հատուկ ջրիկ և հանուկի միջուկային P, MP և այլ տիպի էմուլսիաներ, որոնցով պատում են հետազոտվող պատրաստուկները: Ինքնագրառման համար օգտագործում են β - մասնիկներ ճառագայթող ռադիոնուկլիդներ՝ ^3H , ^{35}S , ^{14}C , 20 - 40 ՄԲք/գ ակտիվությամբ: Այդ նուկլիդներն առաջացնում են իոնացում և ցայտում կետային հետք:

Հյուսվածաինքնագրառումներն ուսումնասիրում են մանրադիտակի օգնությամբ՝ հյուսվածային պատրաստուկի հետ միաժամանակ, հաշվելով վերականգնված արծաթի հատիկները կամ α - և β - մասնիկների վազբուղին՝ էմուլսիայում օկուլյար - միկրոմետրի ցանցի միջոցով:

Ինքնաճառագայթագրառման մեթոդը կենսաբանական հետազոտություններում մի շարք առավելություններ ունի այլ մեթոդների համեմատ, որովհետև ֆոտոէմուլսիան մի քանի ամիս պահպանում է ներմուծված ռադիոնուկլիդի կայուն հատկությունները ընթացքում, զրանցում է դրա աստիճանաբար քայքայումը և որոշում գումարային տրոհման թիվը էքսպոզիցիայի ընթացքում: Այսպիսով՝ այս մեթոդը հնարավորություն է տալիս որոշել նյութի գումարային քայքայման քանակը՝ չխախտելով բնական կենսաքիմիական պրոցեսները: Բացի դրանից՝ ինքնաճառագայթագրառումները, ինչպես և ռենտգենանկարները, հե-

տազոտման համոզիչ օբյեկտիվ փաստաթուղթ-վավերագրեր են (նկ. 45):



Ա



Բ



Գ

*Նկ. 45. Սկների օրգանիզմում
ռադիոիզոտոպների բաշխման
ինքնաճառագայթագրեր.
Ա. Իտրիում – 90 - ի ներդրովայնային
ներարկումից 5 օր հետո
(ցայտում է ենթաստամոքսային
գեղձը),
Բ. Ստրոնցիում – 90 - ի բաշխումը,
Գ. Իտրիում – 90 - ի բաշխումը:*

Օրգանների կտրվածքների հետազոտությունը հյուսվածահինքնաճառագայթագրառման մեթոդով

Անհրաժեշտ նյութեր և սարքավորումներ. ³H-թիմիդին, փորձնական կենդանիներ (ճագար, առնետ, մուկ), մկրատներ, բամբակ, ունելիներ, նշտար, ներարկիչ՝ 1 մլ, քամիչ թուղթ, կյուվետ, առարկայական ապակիներ, քիմիական բաժակներ՝ 1000 մլ, ուլտրաթերմոստատ, սառնարան, կանաչ լուսաֆիլտր, ուղղահայաց կացոցներ՝ առարկայական ապակիների համար, 96 %-անոց սպիրտ, քլորոֆորմ, պարաֆին, գլիցերին, քսիլոլ, ֆոտոէմուլսիա M և P, հայտածիչ՝ լուսաթաղանթների համար, ֆիքսաժ, Ռոմանովսկու - Գիմզայի ներկ, եթեր, թորած ջուր, ծածկապակիներ, կանադական բալզամ:

Աշխատանքի ընթացքը. փորձնական կենդանու որովայնախոռոչ ներարկել ³H-թիմիդին՝ 20 ՄԲք 1 գ կենդանի զանգվածի հաշվով և 1 ժամ հետո մորթել (գլխատել): Բացել կենդանու որովայնը, կտրել լյարդի, փայծաղի և այլ օրգանների կտորներ՝ 2×2×2 մմ մեծության և արագ տեղավորել Կառնուայի ֆիքսաժի մեջ (6 մաս սպիրտ, 3 մաս քլորոֆորմ, 1 մաս սառցային քացախաթու): Վերցված օրգանների կտորները ենթարկել հյուսվածաբանական մշակման՝ հետևյալ հերթականությամբ. Կառնուայի ֆիքսաժ՝ 40 րոպե, 1-ին սպիրտ՝ 96 %-անոց՝ 30 րոպե, 2-րդ սպիրտ՝ 96 %-անոց՝ 30 րոպե, 1-ին սպիրտ՝ 100 %-անոց՝ 15 րոպե, 2-րդ սպիրտ՝ 100 %-անոց՝ 15 րոպե, 1-ին քլորոֆորմ՝ 5 րոպե, 2-րդ քլորոֆորմ՝ 5 րոպե, 1 մաս քլորոֆորմի և 1 մաս պարաֆինի խառնուրդ՝ 20 րոպե, 1-ին պարաֆին՝ 60 րոպե, 2-րդ պարաֆին՝ 6 րոպե (քլորոֆորմը կարելի է փոխարինել քսիլոլով):

Այնուհետև այդ կտորների վրա լցնել պարաֆին, պատրաստել կտրվածքներ՝ 2-3 մկմ հաստությամբ, և տեղադրել սպիտակուցով և գլիցերինով պատված առարկայական ապակիների վրա:

Ապա կատարել կտրվածքների պարաֆինագերծում՝ հետևյալ հերթականությամբ. 1-ին քսիլոլ՝ 3 րոպե, 2-րդ քսիլոլ՝ 3 րոպե, 3-րդ քսիլոլ՝ 3 րոպե, 1-ին սպիրտ՝ 96 %-անոց՝ 3 րոպե, 2-րդ սպիրտ՝ 96 %-անոց՝ 3 րոպե, 3-րդ սպիրտ՝ 70 %-անոց՝ 3 րոպե, 1-ին թորած ջուր՝ 3 րոպե, 2-րդ թորած ջուր՝ 3 րոպե:

Կտրվածքների լուսանկարչական մշակումը կատարել հետևյալ հերթականությամբ. էմուլսիան հանել սառնարանից, անհրաժեշտ քանակությամբ լցնել քիմիական բաժակի մեջ և տաքացնել ուլտրաթեր-

մոստատի մեջ՝ 40-42 °C: Էմուլսիան մոսրացնել թորած ջրի (99 մաս) և գլիցերինի (1 մաս) խառնուրդով՝ 1 : 6 հարաբերությամբ, և 1 ժամ տաքացնել 40-42°C՝ խառնելով ապակյա ձողիկով: Առարկայական ապակին տեղավորել էմուլսիայի մեջ, հետո հանել, չորացնել թանգիֆով և էմուլսիայի շերտը դիտել կանաչ լույսի տակ: Պատրաստուկը պատրաստ է, եթե էմուլսիան հավասար է տարածված, և չկան խիտ կուտակումներ: Պատրաստի ապակիները դնել բաժակի մեջ, վրան լցնել էմուլսիան: Պատրաստուկները չորացնել թանգիֆով և ուղղահայաց դիրքով տեղադրել կացոցի մեջ՝ գիշերվա ընթացքում չորացնելու համար:

Բոլոր ապակիները հավաքել տուփի մեջ՝ այնպես, որ դրանք չշփվեն միմյանց հետ, տուփը փակել, տեղադրել սառնարանի մեջ (2-4°) էքսպոզիցիայի նպատակով, M մակնիշի ֆոտոէմուլսիայի համար՝ 14 օր, իսկ P մակնիշի համար՝ 10 օր: Լուսակայումից հետո ապակիները հայտածել 3,5 րոպե՝ սենյակային ջերմության պայմաններում, հետևյալ խառնուրդի մեջ. 1 գ մեթոլ, 75 գ Na₂SO₄, 4 գ հիդրոքսինոն, 55 գ Na₂SO₃, 2,5 գ KBr, 1 լ թորած ջուր: Ապակիները զգուշությամբ լվանալ թորած ջրով և 10 րոպե պահել ֆիքսաժի մեջ (250 գ հիպոսուլֆիտ, 1 լ թորած ջուր): Ապակիները լվանալ հոսող սառը ջրի տակ՝ 30 րոպեից մինչև 12 ժամ: Պատրաստուկները ներկել Ռոմանովսկու - Գիմզայի (հեմատոկսիլին-եոզին) ներկով, ծածկել կանադական բալզամով և հաշվել ինքնաճառագայթագրերը, այսինքն՝ վերականգնված արծաթի հատիկների խտությունը ակնադիտական, մանրադիտակային կամ լուսաչափական եղանակներով: Տվյալները ենթարկել վիճակագրական մշակման:

Արյան քսուքների և ոսկրածուծի հետազոտությունը հյուսվածահիմքնաճառագայթագրառման մեթոդով

Անհրաժեշտ նյութեր և սարքավորումներ. նույնը, ինչ առաջին աշխատանքի համար:

Աշխատանքի ընթացքը. փորձնական կենդանու որովայնախոռոչ ներարկել ³H - թիմիդին՝ 20 ՄԲք 1գ զանգվածի հաշվով: Մեկ ժամ հետո ապակու վրա վերցնել արյան և ոսկրածուծի մմուշներ, պատրաստել քսուքներ, չորացնել օդի պայմաններում և ֆիքսել մեթանոլով՝ 5 րոպե: Ֆոտոէմուլսիայով շերտածածկումը, էքսպոզիցիան և լուսանկարչական

մշակումը կատարել նախորդ աշխատանքում ներկայացված եղանակով:

Քսուքները ներկել Ռոմանովսկու-Գիմզայի ներկով. 1 մլ թորած ջրի մեջ լցնել 2-3 կաթիլ ներկ և ներկել սովորական եղանակով՝ 20 - 40 րոպե, հետո քսուքները լվանալ, չորացնել օդի պայմաններում և դիտել մանրադիտակով՝ իմերսիոն յուղի օգտագործմամբ:

ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻՂՆԵՐԻ ՆԵՐՄՈՒԾՈՒՄԸ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՕՐԳԱՆԻԶՄ

Ռադիոնուկլիդների ներմուծման ձևերը կախված են փորձի նպատակից և խնդրից: Ճագարներին և սպիտակ առնետներին ռադիոնուկլիդի լուծույթը ներարկում են ենթամաշկային, ներորովայնային և ներերակային (ճագարներին՝ ականջի, առնետներին՝ պոչի երակի մեջ), իսկ սպիտակ մկներին՝ ենթամաշկային և ներորովայնային:

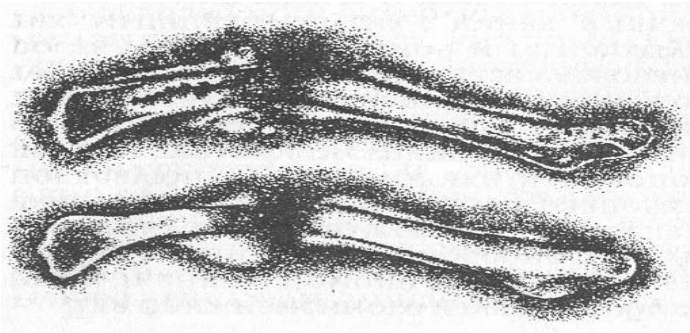
Լաբորատոր կենդանիներին ներարկում են 0,2-1 մլ ռադիոնուկլիդի լուծույթ (1 մլ լուծույթի ակտիվությունը հավասար է 37 ՄԲք), նախապես ստուգելով լուծույթի pH-ը ինդիկատորային թղթով: Բարձր թթվության դեպքում լուծույթը չեզոքացնում են՝ մինչև pH= 5-6, ավելացնելով 1-2 կաթիլ NaOH-ի 20 %-անոց լուծույթ:

Ա.Դ. Բելովը մշակել է կրկնակի ճառագայթագրառման մեթոդը, որի միջոցով կարելի է ստանալ միևնույն հետազոտվող օրգանում գտնվող երկու տարբեր իզոտոպներից երկու առանձին ճառագայթաինքնագրեր:

Այս դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել օգտագործվող իզոտոպների ճառագայթման էներգիան և դրանց կյանքի տևողությունը: Այսպես՝ ոսկրերում ֆոսֆոր - կալցիում փոխանակությունն ուսումնասիրվում է ^{32}P -ի և ^{45}Ca -ի օգնությամբ. փորձնական կենդանուն միաժամանակ ^{32}P և ^{45}Ca ներարկելու դեպքում կարելի է ստանալ երկու իզոտոպների առանձին ճառագայթագրեր: Հաշվի առնելով ^{32}P -ի ճառագայթման համեմատաբար բարձր էներգիան և կիսատրոհման կարճ պարբերությունը՝ նախ ստանում են դրա ինքնաճառագայթագրերը: Այդ նպատակով հետազոտվող օբյեկտի և ֆոտոէմուլսիայի միջև տեղադրում են ֆիլտր (քամիչ), որը կլանում է ^{45}Ca -ի β -ճառագայթները: ^{45}Ca -ի ինքնաճառագայթագիրն ստանում են ^{32}P -ի քայքայումից հետո (նկ. 46):

ա

բ



Նկ. 46. Շան վնասված ազդրոսկրի ինքնաճառագայթագիրը կոտրվածքի 15-րդ օրը. ա, բ. ^{32}P -ի և ^{45}Ca -ի տեղաբաշխումը (ըստ Ա.Դ.Բելովի):

Կրկնակի ճառագայթագրառման մեթոդը հնարավորություն է տալիս խնայողաբար օգտագործել փորձնական կենդանիներին, ինչպես նաև ստանալ առավել ճշգրիտ տվյալներ: Այս մեթոդի միջոցով տարբեր տեսակի կենդանիների մոտ (շներ, ոչխարներ, խոզեր, հորթեր) ուսումնասիրվել է ոսկրային հյուսվածքում սպիտակուցների և հանքային աղերի փոխանակությունը տարբեր պայմաններում (առողջ, կոտրվածքների լավացման, ոսկրասինթեզի և ոսկրազոյացման ժամանակ) համադրելով ռենտգենաձևաբանական պատկերի և հյուսվածաքիմիական հիմնային և թթու ֆոսֆատազաների ակտիվության հետ: Պարզվել է, որ ինչպես առողջ ոսկրերում, այնպես էլ կոտրվածքների ժամանակ սպիտակուցային և ֆոսֆորակալցիոնական փոխանակությունները փոխկապակցված են միմյանց, ինչպես նաև հիմնային ու թթու ֆոսֆատազների ակտիվության հետ: Սպիտակուցային և հանքային աղերի փոխանակությունն առավել ինտենսիվ է ընթանում ոսկրերի այն մասում (պերիօստ, էնդոստ, ոսկրածուծ, էպիֆիզների սպունգանման հատված և այլն), որտեղ բարձր է ֆոսֆատազների ֆերմենտատիվ ակտիվությունը, ոսկրերի աճը, զարգացումը և ոսկրահյուսվածքի վերակառուցումը:

Կենդանի օրգանիզմի տարբեր օրգաններում և հյուսվածքներում նյութափոխանակության և ջերմային ռեակցիաների միաժամանակյա ուսումնասիրություն կատարելու նպատակով փորձնական կենդանու օրգանիզմում նախօրոք աճեցվում են փոքրաչափ ճառագայթաչափական ՍԲԻ - 9 տիպի β -ճառագայթող իզոտոպներով (թույլ թափանցող) և

ջերմագրանցող հաղորդիչներ: Ռադիոջերմաչափական հետազոտության միջոցով կարելի է պարզել նյութափոխանակության և ջերմության ռեակցիայի արագությունը լյարդում, ոսկրերում, մկաններում և այլ օրգաններում (քրոմիկ փորձերի պայմաններում), ինչպես նաև հայտնաբերել հարաբերակցական փոփոխություններ առողջ և ոսկրային ախտահարումների ժամանակ տարբեր տեսակի կենդանիների մոտ:

Սպիտակուցները, նուկլեապրոտեիդները, քրոմապրոտեիդները, ճարպերը, ածխաջրերն ու հանքային միացություններն անընդհատ տրոհվում են և սինթեզվում: Ժամանակակից կենսաքիմիան ռադիոակտիվ նյութերի միջոցով բացահայտել է կենդանի օրգանիզմում կատարվող նյութափոխանակության պրոցեսները, տարբեր նյութերի փոխվերածումները, դինամիկ տրոհման և վերասինթեզման, քիմիական միացությունների անընդհատ թարմացման երևույթները կենդանի բջիջներում:

Ռադիոիզոտոպային ինդիկատորների օգնությամբ հաջողվել է որոշել տարբեր բաղադրիչ մասերի և օրգանների վերականգնման արագությունը: Ապացուցվել է, որ մկանների սպիտակուցների փոխարինելիությունը դանդաղ է ընթանում, իսկ լյարդի, արյան պլազմայի և հատկապես՝ աղիքների լորձաթաղանթի սպիտակուցները շատ արագ են վերականգնվում: Մկանների, պլազմայի, լյարդի և այլ օրգանների սպիտակուցների միջև տեղի է ունենում փոխանակություն:

Ինքնաճառագայթազրառման օգնությամբ մանրակրկիտ ուսումնասիրվել է սպիտակուցների փոխանակությունը՝ կենսասինթեզի և քայքայման արագությունն ու դրանց ֆունկցիոնալ ընդունակությունը: Սպիտակուցների սինթեզը որոշելու համար օգտագործվում են միշակիր ամինաթթուներ (^{35}S - մեթիոնին, ^{14}C - գլիցին և այլն), իսկ ֆունկցիոնալ ունակությունների համար՝ ^{32}P , ^{45}Ca և այլն: Այս մեթոդը հնարավորություն տվեց պարզել կենդանիների արյան շիճուկի սպիտակուցային բանաձևում սպիտակուցների քանակական նրբագույն փոփոխությունների մեխանիզմը նորմալ պայմաններում և ոսկրային ախտահարումների ժամանակ:

Ռադիոակտիվ իզոտոպներով միշակիր քիմիական միացությունների օգնությամբ (միշակիր ամինա-, ճարպա- և նուկլեիմաթթուներ, գլուկոզ, ֆոսֆատներ, հանքային աղեր) պարզվել են նաև կերաբաժնի կազմության նշանակությունը կենդանիների մթերատվության համար, միջանկյալ փոխանակությունը, դրա հարմարեցումը օրգանիզմի ներքին և արտաքին գործոններին, միացությունների համափոխարկելիութ-

յունը, կենդանի օրգանիզմներում քիմիական նյութերի քայքայումը, սինթեզը և այլն: Ապացուցվել են պալմիտինաթթվի և ստեարինաթթվի փոխադարձ վերածումները, պարզվել է օրնիթինի վերածումը արգինինի՝ ֆենիլալանինից, լյարդի ֆոսֆոլիպիդների առաջացումը արյան պլազմայի ֆոսֆատներից և այլն:

Ռադիոինդիկացիոն եղանակը թույլ է տվել պարզել որոճող կենդանիների կտրիչում և ստամոքսաաղիքային ուղու նյութաբաժիններում բնակվող մանրէների դերը նյութափոխանակության և սինթեզման պրոցեսներում: Ապացուցվել է, որ որոճող կենդանիների նախաստամոքսներում տեղի է ունենում ամինաթթուների սինթեզ ամոնիակից, կետո - և օքսիթթուներից, ինչպես նաև այդ նյութերով օրգանիզմի մատակարարում, մասնավորապես՝ կաթնագեղձին՝ կաթի գոյացման համար: Հաջողվել է ուսումնասիրել նյութափոխանակությանը վերաբերող հետաքրքիր հարցերից ևս մեկը՝ մարսողական ուղու և մարսողական գեղձերի դերը նյութափոխանակության շրջապտույտում՝ արյուն-մարսողական ուղու պատ, մարսողական գեղձեր-մարսողական ուղու պարունակություն համակարգերում:

Ռադիոակտիվ իզոտոպները թույլ են տվել ուսումնասիրել մակրո- և միկրոտարրերի փոխանակությունը՝ առանց խախտելու դրանց բնական քանակությունն օրգանիզմում: Արդյունքում հաջողվել է պարզել հանքային աղերի կուտակման արագությունը տարբեր օրգաններում և հյուսվածքներում, դրանց արտազատումն օրգանիզմից, ինչպես նաև ուսումնասիրել այն քիմիական միացությունները, որոնցում ֆիքսվում է տարրը՝ դրա փոխադրման կամ տեղայնացման պրոցեսի ընթացքում: Ներկայումս շատ տվյալներ կան կալցիումի, ֆոսֆորի, կոբալտի, պղնձի, ցինկի, մանգանի, բարիումի, ստրոնցիումի, յոդի և այլ ռադիոակտիվ իզոտոպների փոխանակության և տեղայնացման վերաբերյալ: Կատարված բոլոր հետազոտությունները հաստատում են, որ հանքային նյութերի ներթափանցումն առանձին հյուսվածքների մեջ (օրինակ՝ միկրոտարրերի) ղեկավարվում է ոչ միայն դիֆուզիայի օրինաչափություններով, այլև բջջային փոխանակությամբ, ինչը պայմանավորված է բջջում կատարվող ֆերմենտատիվ պրոցեսներով:

Ռադիոինդիկացիոն մեթոդի միջոցով հաջողվել է թափանցել միջանկյալ փոխանակության պրոցեսների մեջ, որոնք կատարվում են հանքային նյութերի մասնակցությամբ՝ ^{131}I , ^{60}Co և այլն:

Կենդանի օրգանիզմ ներմուծված զամմա - ճառագայթիչ ^{24}Na , ^{131}I , ^{42}K , ^{45}Ca ռադիոիզոտոպների օգնությամբ արտաքին ճառագայթաչափ-

ման եղանակով ստացվել են նոր տվյալներ արյան հոսքի արագության, արյան զանգվածի չափումների, հարվահամաձև գեղձի ուսումնասիրության և այլ օրգան-համակարգերի ֆունկցիոնալ վիճակի վերաբերյալ:

Պարբերաբար կատարվող փորձերում ռադիոինդիկացիոն մեթոդի օգտագործումը լայն հնարավորություններ է ընձեռում նյութափոխանակության և ջերմային ռեակցիաների ուղղությանը հետևելու և որոշելու նպատակով (կենդանու կենդանության օրոք): Այս մեթոդի շնորհիվ հնարավոր դարձավ որոշել բջիջների և հյուսվածքների բաղադրիչ մասերի վերականգնման արագությունը: Ապացուցվել է, որ ուռուցքային բջիջների աճը պայմանավորված է ոչ թե դրանց սպիտակուցային սինթեզի ուժեղացմամբ, այլ դրա քայքայման կասեցմամբ:

Այս մեթոդները մեծ դեր են խաղացել նաև մոլեկուլային կենսաբանության զարգացման գործում: Դրանց օգնությամբ բացատրվել են էներգիայի կուտակման և յուրացման մեխանիզմները, սպիտակուցների կենսասինթեզը, ֆոտոսինթեզը, նյարդերի և մկանների դրդման և կծկման, բազմացման և ժառանգականության մեխանիզմները:

Նիշակիր ռադիոակտիվ իզոտոպների օգնությամբ պարզաբանվել են տարբեր կերաբաժինների ազդեցությունը կենդանիների մթերատվության վրա, կտրիչային մարսողությունը և նյութափոխանակության առանձնահատկությունները, ներծծման մեխանիզմները, մակրո - և միկրոտարրերի փոխանակությունը՝ առանց օրգանիզմում լրացուցիչ տարրերի ներմուծման և դրանց բնականոն քանակը խախտելու:

Նիշակիր ռադիոակտիվ իզոտոպներն օգտագործվում են նաև մանրէաբանության, վիրուսաբանության, մակաբուծաբանության մեջ: Դրանց ներմուծումը մանրէների, վիրուսների, միջատների օրգանիզմ հնարավորություն է տալիս հետևել իզոտոպների բաշխմանը և տարածմանը փորձնական կենդանիների օրգանիզմում, իսկ միջատաբանությունում՝ ուսումնասիրել նշված իզոտոպների բաշխման ուղիներն ու արագությունը, միջատասպան նյութի անցումը միջատների օրգանիզմ: Ռադիոակտիվ ինդիկատորների ընտրությունը կախված է հետազոտության առջև դրված խնդիրներից:

Նեյտրոնային-ակտիվացնող անալիզ

Նեյտրոնային-ակտիվացնող անալիզի ժամանակ հետազոտվող նյութը միջուկային ռեակտորի պայմաններում ենթարկվում է նեյտրոնային հոսքի ազդեցությանը, ինչի արդյունքում առաջացած ռադիոակ-

տիվ նյութերը (ակտիվության նյութեր) ենթարկվում են ռադիոքիմիական անալիզի և ճառագայթաչափման: Այս մեթոդը կիրառվում է գյուղ- և անասնամթերքներում պեստիցիդների քանակության որոշման համար, քանի որ դրանց թույլատրելի դոզան շատ ցածր է ($0,1$ -ից մինչև $25 \cdot 10^{-4} \%$), իսկ այլ եղանակների կիրառումը պիտանի չէ:

Նեյտրոնային - ակտիվացնող անալիզը գերզգայուն մեթոդ է: Դրա միջոցով որոշում են կայուն իզոտոպների ուլտրամիկրոքանակությունը տարբեր կենսաբանական նյութերում՝ արյուն, ավիշ, տարբեր օրգանների հյուսվածքներ և այլն:

Ռադիոիզոտոպային հետազոտության *in vitro* (փորձանոթային) մեթոդները վերջին տարիներին լայնորեն կիրառվում են բժշկական և անասնաբուժական լաբորատոր-կլինիկական հետազոտություններում ախտորոշման նպատակով՝ հատկապես ներզատաբանության, իմունաբանության, մանրէաբանության, դեղաբանության բնագավառներում: Փորձանոթային մեթոդները բացառում են ռադիոնուկլիդների ներմուծումը հիվանդ մարդկանց և կենդանիների օրգանիզմ՝ դրանք չծանրաբեռնելու, ինչպես նաև արտաքին միջավայրը չաղտոտելու նպատակով, ինչը թույլ է տալիս ռադիոինդիկացիոն մեթոդներն օգագործել բժշկության, անասնաբուժության և կենսաբանության տարբեր ոլորտներում:

Ռադիոինոնուկլոգիական անալիզի մեթոդը (ՌԻԱ) հնարավորություն է տալիս արագ և հուսալիորեն որոշել հորմոնների, ֆերմենտների, ընկալունակ սպիտակուցների պարունակությունը կենսաբանական հեղուկներում և հյուսվածքային մզվածքներում, ինչպես նաև տարբեր օրգանական նյութերի ու դեղանյութերի մեջ, ինչն այլ մեթոդներով հնարավոր չէ որոշել կամ դրանք շատ ավելի աշխատատար են և ոչ զգայուն:

Ռադիոինոնուկլոգիական անալիզի մեթոդով կարելի է որոշել ցանկացած նյութի ամենաչնչին քանակությունը: Այստեղ զուգակցվում են ուրոյնությունը, որը բնորոշ է հակածին-հակամարմին ռեակցիաներին, զգայունությունն ու պարզությունը, որոնք պայմանավորված են ռադիոակտիվ միջերի օգտագործմամբ:

ՌԻԱ-ի անցկացման համար անհրաժեշտ է ունենալ ռադիոակտիվ իզոտոպ պարունակող համապատասխան հակաշիժուկ և հակածիններ: Կապակցող ազդակի առկայությունը հայտնաբերելու համար որպես միջ օգտագործում են հիմնականում ^{125}I կամ ^3H իզոտոպները:

ՌԻԱ-ի մեթոդը կիրառում են ոչ միայն իմունային համակարգերի,

այլ նաև մի շարք սպիտակուցային համակարգերի հայտնաբերման նպատակով՝ որպես ուրույն հակամարմին օգտագործելով հատուկ ռեագենտ կամ կապակցող նյութ (օրինակ՝ իմսուլին, թիրեոգլոբուլին, ֆերմենտ և այլն):

Հորմոնների, ֆերմենտների և այլ կենսաբանական միացությունների ռադիոիմունոլոգիական անալիզ կատարելու համար օգտագործում են պատրաստի ստանդարտ ռեագենտների հավաքածու, որն արտադրվում է արտասահմանյան տարբեր ֆիրմաների կողմից:

ՌԻԱ-ի մեթոդով որոշվել է գյուղատնտեսական կենդանիների հորմոնային վիճակը օրգանիզմի տարբեր ֆիզիոլոգիական պայմաններում, հատկապես սեռական օրգանների գործունեության, ուռուցքային հիվանդությունների (լեյկոզներ, հեմոբլաստոզներ), կատաղության, ճառագայթային հիվանդության, ներզատական գեղձերի հիվանդությունների դեպքում: Ինչպես նաև ենթատեսաթումբ - մակուղեղ-մակերիկամային համակարգի ֆունկցիոնալ վիճակը այդ հիվանդությունների ժամանակ:

Այսպիսով, ՌԻԱ-ն հնարավորություն է տալիս արագ հայտնաբերել հիվանդ կենդանիներին, ժամանակին կազմակերպել կանխարգելիչ միջոցառումներ և բուժում: ՌԻԱ-ի միջոցով կարելի է դիտել հիվանդության զարգացման մեխանիզմները, նշել հիվանդության փուլերը, ընթացքը և ելքը:

ՌԻԱ-ի մեթոդները զարգացման հեռանկարներ ունեն հատկապես կենդանիների սելեկցիայի բնագավառում՝ գենոֆոնդի և գենոտիպի կառուցվածքի բնութագրման, ինչպես նաև ցեղերի կատարելագործման ընթացքում դրանց փոփոխությունները հայտնաբերելու գործում:

ՌԻԱ-ի մեթոդով ուսումնասիրվել է խոշոր եղջերավոր կենդանիների հորմոնների մակարդակի կախվածությունը տարբեր ներքին և արտաքին գործոններից, օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակից և մթերատվությունից, տարվա եղանակից, արյան համակարգի ախտահարումներից և այլն: Պարզվել է, որ հիպոֆիզի հոնադոտրոպ հորմոնների (լուտեինատրոպ և ֆոլիկուլախթանիչ) քանակն արյան մեջ ազդում է կովերի ֆիզիոլոգիական վիճակի և մթերատվության վրա: Բարձր մթերատվություն ունեցող կովերի արյան մեջ դրանց խտությունն ավելի բարձր է, քան միջին մթերատվություն ունեցող կենդանիների մոտ (Ա.Դ. Բելով, Յ.Ա. Նեժդկովա, 1986 թ.):

ՌԻԱ-ի միջոցով պարզվել է, որ արյան կամ կաթի մեջ պրոգեստերոնի որոշմամբ կարելի է վերահսկել կենդանիների բեղմնավորվածություն-

ընդ վաղ շրջանում (պրոգնեստերոնի քանակը բարձրանում է), մինչդեռ ռեկտալ եղանակով հղիությունը կարելի է որոշել միայն 2-3-րդ ամսում:

Ստերջ կովերի մոտ հայտնաբերվել են հորմոնների փոխկապակցության լուրջ խախտումներ: ՌԻԱ - ի մեթոդով պարզվել է, որ կիստավոր ձվարանում ֆոլիկուլներից ձվազատում չի կատարվում, ալիմենտար անպտղության դեպքում ձվազատման ժամանակ ոչ լիարժեք ֆոլիկուլից ձևավորվում է թույլ ակտիվ դեղին մարմին, որն արտադրում է ոչ բավարար քանակությամբ պրոգնեստերոն:

Այսպիսով՝ արյան հորմոնների պարբերաբար հետազոտումը ՌԻԱ - ի մեթոդով հնարավորություն է տալիս վերահսկել սեռական ցիկլի նորմալ ընթացքը, ժամանակին հայտնաբերել վերարտադրության ընդունականության խախտումները, սեռական ֆունկցիաների խանգարման դեպքում հիմնավորված օգտագործել հորմոնալ պատրաստուկները, ինչպես նաև որոշել կենդանիների արհեստական բեղմնավորման օպտիմալ ժամկետը և հղիության փուլերը:

Ա.Դ. Բելովը և Լ.Բ. Ռոգոժինան (1986) ՌԻԱ-ի միջոցով ուսումնասիրել են խոշոր եղջերավոր կենդանիների մոտ իմսուլինի և թիրոքսինի դիմամիկան ուռուցքային պրոցեսների զարգացման ընթացքում, հատկապես՝ հեմոբլաստոզների, որոնք տնտեսական մեծ վնաս են պատճառում տավարաբուծությանը: Ռեսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ օրգանիզմի ներզատական համակարգի խանգարումները պայմանավորված են հեմոբլաստոզների տեսակով և զարգացման փուլով: Այսպես՝ կովերի մոտ սուր լիմֆոլեյկոզի ժամանակ արյան մեջ նվազում է թիրոքսինի և իմսուլինի պարունակությունը, ինչը բնորոշ է վահանագեղձի և ենթաստամոքսային գեղձի թերֆունկցիոնալ վիճակին: Հիվանդության քրոնիկ ընթացքի դեպքում թիրոքսինի արտադրությունը նվազում է, սակայն հորմոնների փոխանակությունը հյուսվածքներում չի խախտվում, ինչը և վկայում է օրգանիզմի կոմպենսատոր հնարավորությունների մասին: Լեյկոզի զարգացման երկրորդ փուլում ախտաբանական պրոցեսի դեպքում տեղի է ունենում վահանագեղձի ֆունկցիայի ուժեղացում և ենթաստամոքսային գեղձի թերֆունկցիա: Որոշ դեպքերում ներզատիչ գեղձերի ֆունկցիոնալ փոփոխություններն ավելի վաղ են արտահայտվում, քան արյունաստեղծ համակարգի և արյան ախտահարումները:

Ուղիորինոնուրոգիական անալիզի հիման վրա առաջարկվել են կենդանիների էյկոզների ախտորոշման տարբեր մեթոդներ, որոնք կատարվում են ստուգիչ վիրուսի, ինչպես նաև կառուցվածքային պոլի-

պեպտիդների օգտագործման հիման վրա:

ՌԻԱ-ի մեթոդը արժեքավոր է ճառագայթային հիվանդության սուր և քրոնիկ պրոցեսների ընթացքը պարզաբանելու նպատակով: Հատկապես իոնացնող ճառագայթման կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմի ուսումնասիրության կարևոր օղակներից մեկը կենդանի օրգանիզմի հորմոնալ համակարգի հետազոտումն է ճառագայթման տարբեր դոզաների պայմաններում: Ա.Դ. Բելովի և Ն.Պ. Լիսենկոյի (1984, 1985 թ.) ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ կորտիկոտրոպինի և կորտիզոլի պարունակության որոշումը կենդանիների արյան մեջ թույլ է տալիս գնահատել գլխավոր ադապտացիոն օղակի՝ ենթատեսաթումբ մակուղեղ մակերիկամային համակարգի վիճակը ճառագայթային հիվանդությունների տարբեր փուլերում:

Այսպես՝ ճառագայթային հիվանդության ոչ բարենպաստ ընթացքի պայմաններում տեղի է ունենում ադրենակորտիկոտրոպ հորմոնի և կորտիզոնի դանդաղ ավելացում, ընդհուպ մինչև կենդանու անկումը:

Ա.Դ. Բելովը և Մ.Ի. Դոստոլևան (1985) ռադիոիմունոլոգիական անալիզի միջոցով կապ սահմանեցին արյան մեջ գտնվող գաստրինի և ճառագայթային հիվանդության ծանրության աստիճանի միջև: Թույլ աստիճանի ճառագայթային հիվանդության սկզբնական շրջանում գաստրինի քանակությունն արյան մեջ ավելանում է, իսկ հիվանդության զարգացման բուռն շրջանում՝ ճառագայթումից 7-10 օր անց, նվազում (նորմայից 1,25 անգամ):

ՌԻԱ-ի օգնությամբ կարելի է արագ և ճիշտ կատարել կենդանիների զանգվածային հետազոտում և ախտորոշել ճառագայթահարման ծանրությունը՝ մինչև օրգանիզմում կլինիկական արյունաբանական փոփոխությունների ի հայտ գալը և ժամանակին միջոցներ ձեռնարկել կենդանիների բուժման համար:

Փյունդատնտեսական կենդանիների հորմոնների ռադիոիմունոլոգիական անալիզը

Ռադիոիմունոլոգիական անալիզ (ՌԻԱ) կատարելու համար անհրաժեշտ է բարձր աստիճանի մաքրության **լիզանդ՝ միշակիր հակածին**: Որպես կանոն, նախ անհրաժեշտ է ստուգել բոլոր տեսակի հորմոնների (սինթետիկ և կենսաբանական ծագման) կենսաբանական ակտիվությունը՝ համեմատելով միջազգային ստանդարտների հետ:

Ստանդարտ հորմոնները պահում են սառեցված վիճակում (-20°C), ընդ որում՝ սպիտակուցի քանակությունը պետք է լինի 1 մգ/մլ-ից շատ: ՌԻԱ-ի համար հորմոնները նշում են ^{125}I կամ ^{131}I իզոտոպներով, որոնց միջոցով կարելի է ստանալ բարձր ակտիվությամբ լիգանդներ՝ 2000-4000 Կի/մմոլ: Յոդի իզոտոպների հաշվարկման համար օգտվում են գամմա-հաշվիչներին:

ՌԻԱ-ի յուրահատկությունը կախված է հակաշիճուկի՝ կապակցող նյութի որակից: Մեթոդի զգայունությունն ուղիղ համեմատական է հակաշիճուկի և հակածնի նմանությանը: Հակաշիճուկները պահում են -20°C պայմաններում: Դրանց զգայունությունը կազմում է 10^{-9} - 10^{-12} մոլ/լ:

Տարբեր հորմոնների համար հակամարմիններ ստանալը բավականին բարդ խնդիր է և կապված է ինքնահակամարմինների ստացման հետ:

Իմունացման են ենթարկում մի քանի ճագարների, որոնցից հետագայում ընտրում են առավել ակտիվ իմունացվածին: Հակաշիճուկն ընտրում են որոշակի տիտրով՝ հաշվի առնելով նմանության և յուրահատկության չափանիշները, իսկ եթե դրանցից մեկը չի համապատասխանում այդ չափանիշներին, ապա այն չի կարող օգտագործվել ՌԻԱ - ի համար:

ՌԻԱ-ի համար լաբորատորիայում անհրաժեշտ է ունենալ ճառագայթաչափական սարքեր, կենցաղային և ցածրաստիճան սառնարաններ, խառնիչ, ավտոմատ միկրոպիպետներ (100, 500, 1000 մկլ), մեկանգամյա օգտագործման փորձանոթներ (պլաստիկատից), կենտրոնախույս, քրոմատոգրաֆիայի սյունակ և սեֆադեկսներ՝ G-10, G-25, G-50, G-75: Յոդի ռադիոիզոտոպների հետ աշխատելիս անհրաժեշտ է բոլոր գործողությունները կատարել օդաքառի տակ, որովհետև հետազոտվող նյութերը պարունակում են ազատ յոդ, որը կարող է թափանցել և կուտակվել հետազոտություն կատարողի վահանաձև գեղձում:

ՌԻԱ-ի մեթոդներով որոշում են ֆոլիկուլախթանիչ, պրոլակտին, թիրեոտրոպ հորմոնները, վազոպրեսին, ինսուլին և սեռական հորմոնները արյան շիճուկում կամ պլազմայում: Հորմոնների պարունակությունը հաշվում են տրամաչափման միջոցով (աղ. 14):

Հորմոնների պարունակությունը առողջ մարդկանց արյան պլազմայում, կենսաքանական և ռադիոիմունոլոգիական մեթոդների զգայունությունը

Հորմոնների անվանումը	Խտությունը պլազմայում, գ/մլ	Կենսաքանական մեթոդ	Ռադիոիմունոլոգիական մեթոդ
Ինսուլին	$6 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-10}$	$3-5 \cdot 10^{-11}$
Տիրեոտրոպին	$1 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$0,5-1,5 \cdot 10^{-9}$
Սոմատոտրոպին	$1-2 \cdot 10^{-9}$	$1-2 \cdot 10^{-9}$	$0,5-1 \cdot 10^{-9}$
Պարատիրոն	$2 \cdot 10^{-9}$	-	$3 \cdot 10^{-11}$
ԱԿՀՀ	$5-50 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$20 \cdot 10^{-12}$

Բոլոր հորմոնների ռադիոիմունոլոգիական անալիզի կատարման ընթացքը մանրամասն նկարագրված է համապատասխան գրականության մեջ (Ա.Դ. Բելով և ուրիշ., 1988 և այլն):

Կենդանիների կատաղության ախտորոշումը ռադիոիմունոլոգիական անալիզի միջոցով

Կենդանու գլխուղեղի տարբեր բաժիններից (մեծ կիսագնդի կեղև, ուղեղիկ, երկարավուն ուղեղ) պատրաստել քուլքներ՝ 20×20 մմ, ամեն բաժնից 4 հատ: Քուլք-պատրաստուկները չորացնել օդի պայմաններում, 4 ժամ ֆիքսել ագետոնի մեջ՝ 4°C : Ֆիքսված պատրաստուկները մշակել հատուկ հականաբմինով՝ օգտագործելով հակակատաղության գամմա-գլոբուլին՝ նշված ^{125}I -ով: Ապա պատրաստուկը տեղավորել խոնավ խցիկի մեջ (Պետրիի թասիկ՝ հատակին քիչ ջուր), պահել $20-30$ րոպե՝ 37°C պայմաններում: Այնուհետև պատրաստուկները լվանալ $0,01\text{ M}$ ֆոսֆատային բուֆերային լուծույթով՝ $18-24$ ժամվա ընթացքում կամ հոսող ջրի տակ, և չորացնել օդի պայմաններում: Հետազոտվող և ստուգիչ պատրաստուկները մշակել առանձին-առանձին և կատարել

ճառագայթաչափում:

Կատաղության ախտորոշումը դրական է, եթե հետազոտվող պատրաստուկների ռադիոակտիվությունը երկու և ավելի անգամ բարձր է ստուգիչ պատրաստուկների ռադիոակտիվությունից:

Կատաղության ախտորոշման ռադիոիմունոլոգիական անալիզի մեթոդն ավանդական ախտաբանաանատոմիական մեթոդների համեմատ առավել զգայուն է, յուրահատուկ և արագ: Այն տալիս է նաև քանակական տվյալներ նույնիսկ քայքայված, ոչ թարմ ախտաբանական հյուսվածքներում:

***ՈԱԴԻՈԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ԵՎ ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅՈՆՆԵՐԻ
ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱՆՏՈՐՈՇՄԱՆ ԵՎ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԲՈՒԺՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ***

Անասնաբուժական բժշկագիտության պրակտիկայում ռադիոիզոտոպների և իոնացնող ճառագայթների օգտագործումը զարգացման լայն հեռանկարներ ունի:

Ռադիոիզոտոպները լայնորեն օգտագործվում են տարբեր կենսական պրոցեսների ուսումնասիրման, հետազոտման և հիվանդությունների ախտորոշման նպատակով:

Այդ նպատակով օգտագործվող ռադիոիզոտոպները պետք է ունենան կարճ կիսատրոհման պարբերականություն և ցածր ռադիոտոքսիկություն, յուրահատուկ կենսաբանական հատկություններ, ճառագայթների գրանցման մատչելիություն: Օրինակ՝ տարբեր ախտաբանական վիճակներում ոսկրերի հանքային նյութափոխանակությունը որոշելու նպատակով օգտագործում են գալիում-67, որն անմիջականորեն մասնակցում է այդ պրոցեսներին, վահանաձև գեղձի ախտորոշման նպատակով՝ նատրիում-յոդիտ-132, երիկամների և լյարդի հիվանդությունների ախտորոշման նպատակով, համապատասխանաբար, յոդիդիում-131, ինդիում-113:

Ռադիոիզոտոպներն օգտագործում են կենդանու արյան հոսքի արագությունը, արյան պլազմայի և էրիթրոցիտների ընդհանուր քանակությունը որոշելու համար. այդ նպատակով երակի մեջ ներարկում են որոշակի քանակությամբ նիշակիր էրիթրոցիտներ, ¹³¹I-ալբումին և այլն:

Ռադիոիզոտոպային մեթոդով ապացուցվել է արյան հոսքի արագության և արյան ընդհանուր քանակության կախվածությունը կաթնար-

տադրանքից. որքան բարձր է կաթնատվությունը, այնքան արագ է արյան հոսքը և մեծ է ծավալը: Իսկ սրտանոթային համակարգի գործունեության խախտումները կովերի մոտ նպաստում են արյան ծավալի ավելացմանը և արյան հոսքի դանդաղեցմանը, ինչն առաջացնում է կանգային երևույթներ:

Ռադիոիզոտոպային մեթոդները հնարավորություն են տալիս որոշել սրտի թոպեական ծավալը, թոքերի, հյուսվածքների ու սրտի անոթների հոսքը և ծավալը:

Ռադիոկարդիոգրառման մեթոդով որոշում են կենտրոնական և ծայրամասային արյան շրջանառությունը. այդ նպատակով օրգանիզմ են ներարկում ճիշակիր զամմա-ռադիոակտիվ ^{131}I -ալբումին, ապա գրառում դրա տեղափոխումը սրտի և մարմնի տարբեր հատվածների անոթներով, իսկ արյան քանակությունը որոշում են ռադիոչափիչ սարքերի օգնությամբ:

Թոքերի ախտորոշման նպատակով օգտագործում են ռադիոակտիվ գազեր, հատկապես՝ քսենոն-133 ռադիոիզոտոպը, որն աչքի է ընկնում նվազագույն ռադիոտոքսիկությամբ:

Ջրի փոխանակությունը որոշելու համար օգտագործում են ռադիոիզոտոպ տրիտիումը (H_1^3). այն արյան միջոցով արագ տարածվում է ամբողջ օրգանիզմով, անցնում ներքջային տարածություն և բջջի մեջ, կատարում է փոխանակություն ջրի և կենսաքիմիական մոլեկուլների հետ: Այդ ռեակցիաների արագությամբ որոշում են փոխանակության դինամիկան նորմալ և ախտահարված օրգաններում:

Երկաթ-59, քրոմ-51 ռադիոիզոտոպները լայնորեն կիրառվում են արյունաստեղծ օրգանների՝ ոսկրածուծի, փայծաղի ախտորոշման նպատակով՝ արյան հիվանդությունների ժամանակ (հեմոլիտիկ սակավարյունություն, ոսկրածուծի և այլ օրգանների ուռուցքներ, մետաստազներ):

Ներկայումս լայն կիրառություն է ստացել օրգանների *սկեննոազումը*: Այս մեթոդը հնարավորություն է տալիս ստանալ հետազոտվող օրգանում տարածվող ռադիոիզոտոպի քարտեզը և ճիշտ գնահատել օրգանի ֆունկցիոնալ վիճակը: Լյարդի, երիկամների, փայծաղի, ենթաստամոքսային գեղձի և այլ օրգանների քարտեզի միջոցով կարելի է ճշգրիտ պատկերացնել դրանց ձևը, չափսերը, տեղադրվածությունը, նաև կառուցվածքը: Առողջ օրգանում ռադիոիզոտոպը համաչափ է տարածվում, իսկ եթե այն որոշ հատվածներում կուտակվում է մեծ, մյուսներում փոքր քանակությամբ կամ բացակայում է, ապա դա վկայում է

ախտաբանական փոփոխությունների մասին:

Ստեղծվել են գամմա-խցիկներ, որոնք, ի տարբերություն սկենեռների, արագ ցույց են տալիս հետազոտվող օրգանի բոլոր մասերը միաժամանակ: Գամմա - խցիկում օգտագործում են անշարժ դետեկտոր:

Բուժման նպատակով ռադիոիզոտոպների օգտագործումը հիմնվում է դրանց կենսաբանական ազդեցության վրա: Ճառագայթաբուժումը արդյունավետ է հատկապես ուռուցքների բուժման համար, քանի որ ճառագայթներն ավելի արագ են ախտահարում արագ բազմացող երիտասարդ բջիջները: Կախված ուռուցքի տեղադրվածությունից՝ արտաքին գամմա-ճառագայթումը կատարում են գամմա - թերապևտիկ սարքերով: Ռադիոիզոտոպների միջոցով կատարում են շփում, մաշկի ապլիկացիա, ռադիոիզոտոպային պատրաստուկների կոլոիդ լուծույթները հատուկ սրսկիչով ներարկում են ուռուցքի մեջ, իսկ կարճակյաց ռադիոնուկլիդները՝ երակի մեջ, և դրանք ընտրողաբար կուտակվում են ուռուցքային հյուսվածքներում կամ կրիտիկական օրգաններում: Ներկայումս մշակվել են ճառագայթաբուժման (ռադիոթերապիայի) մի շարք եղանակներ: Օրինակ՝ այն արդյունավետ է կուլերի ակտինոմոնիկոզի, շների դենդրիկոզի, ձիերի բորբոքային հողացավերի, մաշկի և աչքերի ուռուցքների բուժման ժամանակ: Կենդանիների բուժման համար Ա.Դ. Բելովը (1968 թ.) ստեղծել է աչքի ապլիկատոր, որը լիցքավորվում է ֆոսֆոր-32, ստրոնցիում-89 ռադիոիզոտոպներով և բուժում աչքի կոնյունկտիվիտներ, կեռատիտներ, խոցեր, եղջերաթաղանթի վասկուլարիզացիա: Դրական, արագ ռեզներացիա է նկատվել ոսկրային կոտրվածքների բուժման ժամանակ կոտրված հատվածում ռադիոակտիվ ֆոսֆորի լուծույթի փոքր քանակության ներմուծման դեպքում:

Ճառագայթաբուժման նպատակով առավել արդյունավետ են նեյտրոնները, որոնք դրական ազդեցություն են գործում ինչպես հիպօքսիկ, այնպես և հիպերօքսիկ ուռուցքային բջիջների վրա, ինչպես նաև դրանց ազդեցության դեպքում բջիջների զարգացման տարբեր փուլերում ճառագայթազգայունության տարբերությունը չի առաջանում: Հատկապես բարձր է նեյտրոնների կենսաքիմիական արդյունավետությունը հիպօքսիկ բջիջների նկատմամբ, որոնք ճառագայթման ժամանակ լրիվ քայքայվում են:

Նեյտրոնների միջոցով ուռուցքների բուժումը զարգացման մեծ հեռանկարներ ունի: Այս մեթոդը հնարավորություն է տալիս ուռուցքը ներսից ռմբակոծել α - մասնիկներով՝ օրգանիզմ ներմուծելով բոր - 10 կամ լիթիում - 6 կայուն իզոտոպները, որոնք, խլելով նեյտրոնները, արձա-

կում են α - մասնիկներ: Վերջիններս ուռուցքի սահմաններից դուրս չեն գալիս և չեն վնասում շրջապատող առողջ հյուսվածքները: Այդ մեթոդի առավելությունն այն է, որ α - ճառագայթումը կարելի է դոզավորել և ավարտել նեյտրոնային ճառագայթումն ավարտելու հետ միաժամանակ:

Ռադիոինդիկացիոն մեթոդը հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրել դեղանյութերի, հատկապես ուժեղ ազդեցության պատրաստուկների ֆարմակոդինամիկան, ինչպես նաև հետազոտել դրանց ազդեցության մեխանիզմները, տարածումը, արտազատումն օրգանիզմից նորմալ և տարբեր ախտաբանական վիճակներում: Օրինակ՝ ապացուցված է, որ միջատասպան նյութերը՝ ԴԴՏ և հեքսաքլորան, մշակված նիշակիր ածխածին-14-ով և նիշակիր քլոր-36-ով, կովերի չվնասված մաշկով շատ արագ թափանցում են օրգանիզմ, արյան միջոցով տարածվում օրգաններում և կուտակվում այնտեղ, ընկերքի միջոցով հեշտությամբ անցնում են պտղի մեջ և դանդաղ (4-5 ամսում) դուրս բերվում օրգանիզմից, հատկապես՝ կաթի միջոցով, որը դառնում է թունավոր:

Նիշակիր ռադիոիզոտոպների օգնությամբ պարզվել է, որ դիկրեզիլ, քլորոֆոս, կարբոնատ խմբի միջատասպան պատրաստուկները, կովերի մաշկով անցնելով օրգանիզմ, արտազատվում են մեկ շաբաթվա ընթացքում, իսկ կաթի միջից՝ 2-4 օրում: Այդ եղանակով հայտնաբերվել են մի շարք միջատասպան պատրաստուկների թունավոր ազդեցության մեխանիզմները:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ

Գյուղատնտեսության բնագավառում իոնացնող ճառագայթներն օգտագործվում են ճառագայթակենսաբանական տեխնոլոգիաներում, ինչպես նաև գիտական հետազոտություններում: Այդ նպատակով ստեղծվել են մի շարք շարժական և անշարժ (ստացիոնար) տեխնիկական միջոցներ: Օրինակ՝ «Գամմա-դաշտ» անշարժ սարքն օգտագործվում է գյուղատնտեսական բույսերի կարճատև և երկարատև ճառագայթման համար, իսկ «Գամմա-պանորամա» սարքը՝ ինչպես գյուղատնտեսական բույսերի, այնպես էլ կենդանիների ճառագայթման, դրանց աճի ու զարգացման խթանման և սելեկցիայի նպատակներով:

Շարժական «Ստերիլիզատոր», «Կոլոս», «Ստեբել» տիպի գամմա-սարքավորումները տեղադրված են ավտոմեքենաների վրա, որոնք

շրջում են դաշտերում, տնտեսություններում և նախապես ճառագայթահարում ինչպես հացահատիկային, այնպես նաև տեխնիկական մշակաբույսերի սերմերը՝ դրանց բերքատվությունը բարձրացնելու նպատակով:

«Ստերիլիզատոր» գամմա-սարքն օգտագործվում է արդյունաբերական ձեռնարկություններում վիրաբուժական գործիքների, վիրակապային նյութերի, պլաստմասսայից պատրաստված սրսկիչների, փողածողերի (կաթետեր), արյան փոխներարկման համակարգերի, ինչպես նաև դեղանյութերի՝ հակաբիոտիկների, վիտամինների, շիճուկների ու պատվաստանյութերի մանրէազերծման համար և այլն: Ռադիացիոն տեխնիկան կիրառվում է նաև մանրէաբանական և ռադիոքիմիական հետազոտություններում:

Նշված սարքերում որպես ճառագայթման աղբյուր օգտագործվում են կոբալտ-60 և ցեզիում-137 իզոտոպները, որոնք աչքի են ընկնում երկարատև պարբերականությամբ, գամմա-ճառագայթային ներթափանցման հատկությամբ, ինչպես նաև երկարատև օգտագործման հնարավորությամբ:

Ճառագայթակենսաբանական սարքերը կարելի է տեղադրել միջուկային ռեակտորներից ցանկացած հեռավորության վրա և դրանցից ստանալ ճառագայթներ, կամ օգտագործել էլեկտրոնային արագացուցիչ:

Ճառագայթային մուտագենեզի շնորհիվ գյուղատնտեսության տարբեր բնագավառներում ստացվել են բարձր բերքատվությամբ բույսերի նոր տեսակներ, միկրոօրգանիզմների նոր շտամներ, որոնք կայուն են արտաքին անբարենպաստ պայմանների և ախտածին գործոնների նկատմամբ:

Այդ նպատակով օգտագործվում է գամմա-ճառագայթների մուտագեն էֆեկտը: Աշխարհի տարբեր երկրներում ստացվել են բույսերի 412 տեսակի մուտանտներ, այդ թվում՝ 28 տեսակի բարձր որակի ցորեն, որոնք ցրտակայուն են, վաղահաս, կայուն են ալրացողի, գորշ և ցողունային ժանգի նկատմամբ, ունեն բարձր հացագործական որակ: Գյուղատնտեսական մշակաբույսերը կազմում են 50 %, դրանց 93 %-ը ստացվել է ճառագայթային, իսկ 7 %-ը՝ քիմիական մուտագենեզի միջոցով: Մայրցամաքի տարբեր երկրներում ճառագայթամուտացիոն սելեկցիայի միջոցով ստացվել են տնտեսապես բարձրարժեք եգիպտացորենի, բակլագիների, ոլոռի, հնդկացորենի, սոյայի, բամբակենու, բրնձի, վաղահաս կարտոֆիլի, պոմիդորի, խնձորի, բալի բարձրարժեք մու-

տանտներ, ինչպես նաև շերամի որդի նոր տարատեսակ, որը տալիս է մետաքսաթելի բարձր արտադրանք:

Միջուկային ճառագայթները որոշակի դրզաների սահմաններում, խթանիչ ազդեցություն ունեն բոլոր կենսաբանական օբյեկտների վրա՝ սկսած միաբջիջներից, մինչև բարձրակարգ օրգանիզմները:

Դրանք խթանիչ ազդեցություն են գործում առաջին հերթին կենսամենթրանների բնական ֆունկցիաների բարձրացման և բջջի գենոմի վրա (թե բուսական, թե կենդանական ծագման): ճառագայթման բարձր դրզաների ազդեցությամբ տեղի է ունենում գենոմի քայքայում, ինչի հետևանքով առաջանում են քրոմոսոմային շեղումներ, մուտացիաներ, բջիջների մահ: Ուստի քրոմոսոմային մուտացիաներն օգտագործվում են մանրէազերծման նպատակով:

Խթանման էֆեկտը լայնորեն կիրառվում է բույսերի և դրանց սերմերի վեգետացիան բարձրացնելու, դրանց զարգացումն արագացնելու նպատակով:

«Ստերիլիզատոր» գամմա-սառքի օգնությամբ խաղողագործությունում ներդրվեց նոր ռադիացիոն տեխնոլոգիա, որը հնարավորություն տվեց ձեռքի դժվարին աշխատանքները փոխարինել ժամանակակից մեքենայացված պրոցեսներով և բարելավել արտադրանքի որակն ու քանակը:

Իոնացնող ճառագայթների խթանիչ ազդեցությունն օգտագործվում է դեղաբույսերի բազմացման, դրանց աճի և ելույթի վրա: ճառագայթման և քիմիական նյութերի համակցված ազդեցությամբ ստեղծվել են սնկերի, շաքարասնկերի, բորբոսասնկերի նոր տեսակի՝ բարձր ակտիվությամբ շտամներ (պենիցիլին, ստրեպտոմիցին, էրիթրոմիցին, ալբունիցին), ինչպես նաև բարձրակտիվ վիտամիններ, ֆերմենտներ, օրգանական թթուներ, կազմակերպվել է դրանց արդյունաբերական արտադրությունը:

ճառագայթման միջոցով կարելի է փոխել միկրոօրգանիզմների վիճակները, ախտահարելու հատկությունը, տոքսիկությունը: Այդպիսի մուտանտներն օգտագործվում են պատվաստանյութերի պատրաստման համար:

ճառագայթների խթանիչ ազդեցությունն օգտագործվում են բույսերի աճի խթանման և զանգվածի ավելացման նպատակով՝ դեղաբույսերի մշակության, խաղողաբուծության, հատիկաբուծության բնագավառում, ինչպես նաև կենդանիների բուծման ու ձվատվության բարձրացման նպատակով և այլն:

Ըստ Վ.Ա. Կիրչինի և այլ տվյալների՝ 1 օրական խոճկորների գամմա-ճառագայթումը 10-25 Ռ (0,1- 0,25 Գր) դոզայով խթանում է դրանց քաշաճը, 3 ամսականների մոտ ստուգիչ կենդանիների համեմատ զանգվածն ավելանում է 10-15 %-ով, 6 ամսականների մոտ՝ 6-8 %-ով: ճառագայթային խթանումը բացասական ազդեցություն չի ունեցել մսի համի և կենսաքիմիական ցուցանիշների վրա:

Չվի ճառագայթումը 1,4 Ռ դոզայով բարձրացնում է ճտահանության տոկոսը և նվազեցնում մահացած էմբրիոնների քանակը: ճառագայթահարված ճտերն ավելի կենսունակ են ստուգիչների համեմատ, դրանց ձվատվությունը 10 օր շուտ է սկսվում: Տարբեր կենդանիների վերաբերյալ նման շատ օրինակներ կարելի է բերել: ճառագայթային խթանումը շարունակվում է լայնորեն կիրառվել թռչնաբուծությունում, տավարաբուծությունում, խոզաբուծությունում և գազանաբուծությունում՝ բարելավելով կենդանիների դիմացկունությունը, ավելացնելով զանգվածը, աճը, զարգացումը և կենսաբանական մյուս ցուցանիշները:

ճառագայթային մանրէազերծման հիմքում ընկած է իոնացնող ճառագայթների բակտերիասպան ազդեցությունը, որի արդյունքը պայմանավորված է մանրէների ճառագայթադիմացկունությամբ և ճառագայթման դոզայով: ճառագայթային մանրէազերծումը կարևոր նշանակություն ունի բժշկական և անասնաբուժական միանվագ օգտագործվող պոլիմերային նյութերի մանրէազերծման նպատակով: ճառագայթային (սառը) մանրէազերծման են ենթարկվում այն պատրաստուկներն ու վիրաբուժական նյութերը, որոնք չեն ենթարկվում կամ կորցնում են իրենց հատկությունները ջերմային և քիմիական մշակման դեպքում: Որոշ ձեռնարկություններում բժշկական և անասնաբուժական նյութերի մանրէազերծման նպատակով օգտագործվում են արդյունաբերական իզոտոպային սարքեր: Հաստատված է, որ դեղանյութերից սուլֆանիլամիդներն օժտված են բարձր ռադիոռեզիստականությամբ: 2,5 -25 Մռադ դոզաները փոփոխություններ չեն առաջացնում դրանցում, իսկ ավելի բարձր դոզաների դեպքում առաջանում են ֆիզիկաքիմիական փոփոխություններ:

ճառագայթային մանրէազերծման ենթարկված հակաբիոտիկներն իրենց արդյունավետությամբ և կենսաբանական հատկություններով համապատասխանում են չճառագայթված պատրաստուկների հատկություններին:

Ապացուցված է, որ հորմոններն օժտված են ավելի բարձր ռադիո-

ռեզիստականությամբ (դիմացկունությամբ), քան վիտամինները, որոնք ունեն բարձր ռադիոզգայունություն: Բարձր ռեզիստականություն ունեն մաս միկրոօրգանիզմները, որոնց ճառագայթման միջոցով կարելի է ստանալ նոր պատրաստուկներ՝ ճառագայթային պատվաստանյութեր և հակածիններ, ինչպես մաս դրանք կարելի է ենթարկել ճառագայթային մանրէազերծման: Օրինակ՝ 1 Մռադ ճառագայթումը բավական է գրիպի և պարատիտի ճառագայթային պատվաստանյութ պատրաստելու համար՝ պահպանելով վերջինիս հակածնային հատկությունները:

Աշխատանքներ են տարվում գյուղատնտեսական կենդանիների տարբեր վարակիչ և ոչ վարակիչ, մակաբուծային (պարազիտային) հիվանդությունների դեմ ճառագայթային պատվաստանյութեր պատրաստելու ուղղությամբ:

Իոնացնող ճառագայթներն օգտագործվում են մանրէների, վիրուսների և հելմինթների ինակտիվացման համար:

Առողջապահության համազգային կազմակերպությունը (ԲՕՅ) և ՄԱԿ-ի հանձնաժողովը հավանություն են տվել իոնացնող ճառագայթների օգտագործմանը սննդամթերքի ախտահարման և պահածոյացման, ինչպես մաս մսեղիքի մանրէազերծմանը և տարբեր մակաբույծներից (տրիխինելոզ) վնասազերծման նպատակով: Սննդամթերքի ճառագայթահարման արդյունքում տեղի են ունենում կենսաքիմիական և օրգանալեպտիկ հատկությունների փոփոխություններ, սակայն ներկայումս իոնացնող ճառագայթները լայնորեն կիրառվում են մսի, ձկան, կիսաֆաբրիկատների, խոհարարական արտադրության մթերքի, շոտ փչացող բանջարեղենի, մրգերի, հատապտուղների պահածոյացման և մանրէազերծման նպատակով:

Առավել արդյունավետ է իոնացնող ճառառագայթների և ֆիզիկական (ջերմություն, ճնշում) կամ քիմիական գործոնների համակցված ազդեցությունը, և այս դեպքում հնարավոր է թուլացնել վարակազերծման դոզան մանրէների և հելմինթների ձվերի համար:

Գամմա-ճառագայթներն օգտագործվում են գոմաղբի, գոմաղբատար առուների, գոմերի և ֆերմաների վնասազերծման համար: Այդ նպատակով առավել արդյունավետ է ճառագայթային, ջերմային և քիմիական գործոնների համակցումը: Իոնացնող ճառագայթների օգտագործման հիման վրա մշակվել է հոսող գոմաղբի վարակազերծման տեխնոլոգիան:

Գյուղատնտեսական բույսերի և հավաքված բերքի վնասատու միջատների դեմ պայքարի նպատակով առաջարկվում է կատարել իոնաց-

նող ճառագայթում, հատկապես՝ արու միջատների ճառագայթային ստերջացում, գյուղատնտեսական մթերքների վնասատու միջատների ճառագայթային ոչնչացում և այլ արդյունավետ միջոցառումներ: Այդ նպատակով ստեղծվել է շարժական սարք՝ «Դեզինսեկտոր», իսկ էլևատորներում գործում են արդյունաբերական անշարժ սարքեր:

Ճառագայթային մանրէազերծումը հատկապես հեռանկարային է արհեստական սերմնավորման գործիքների մանրէազերծման համար, քանի որ կատարվում է կովերի, ոչխարների, խոզերի մեծ զխաքանակի սերմնավորում, հետևաբար և միլիոնավոր գործիքների օգտագործում:

Ներկայումս ուսումնասիրվում է արյան, արյունից և սպիտակուցներից ստացված պատրաստուկների ճառագայթային մանրէազերծման իրականացումը:

Ճառագայթային մանրէազերծման են ենթարկում 25 կԳր դոզայով ներերակային ներմուծվող լուծույթները՝ գլուկոզի, ասպիրինի, ադային և ֆիզիոլոգիական լուծույթները և այլն:

Ջարգացման լայն հեռանկարներ ունի կենդանի ռադիոպատվաստանյութերի օգտագործումը հելմինթոզների դեմ: Այսպես՝ կատարվում է հորթերի և գառների իմունացում նենատոդների դեմ՝ դրանց վարակելով ռենտգենյան կամ գամմա-ճառագայթներով թուլացրած թրթուրներով:

Մշակվել են օպտիմալ կլանման դոզաներ սիբիրախտով (23-25 կԳր), լիստերիոզով (5,5 կԳր), գիշատիչների ժանտախտով (22,5 կԳր), դաբաղով (21 կԳր) վարակված հումքի արդյունավետ ճառագայթային վարակազերծման համար: Որոշվել են գամմա - սարքերի ռեժիմային պարամետրերը բրդի, կաշվի և մորթեղենի հումքի, փետուրի ճառագայթային վարակազերծման համար:

Այսպիսով՝ սրանք էին այն հիմնական գյուղատնտեսական ոլորտները, որտեղ կիրառվում են ճառագայթային-կենսաբանական տեխնոլոգիաները (ԾԿՏ):

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ի՞նչ ազդեցություն ունի ճառագայթների օգտագործումը ճառագայթային կենսաբանական տեխնոլոգիայում (ԵԿՏ)։
2. «Նիշակիր ատոմների» մեթոդը։
3. Ինքնաճառագայթագրառման, ռադիոինդիկացիոն և ռադիոիմունոլոգիական անալիզի մեթոդները, դրանց կիրառումը։
4. Ռադիոնուկլիդների և ինչպե՞ս են օգտագործվում ճառագայթների օգտագործումը կենդանիների հիվանդությունների ախտորոշման և բուժման նպատակով։
5. Ի՞նչ ազդեցություն ունի ճառագայթների օգտագործման ոլորտները։
6. Ի՞նչ ազդեցություն ունի ճառագայթների խթանիչ ազդեցությունը ժառանգական հատկությունների վրա։

**ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ՀՍԿՈՂՈՒԹՅԱՆ
ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՈԱԴԻՈՉԱՓԱԿԱՆ ԵՎ ՈԱԴԻՈՔԻՄԻԱԿԱՆ
ՓՈՐՉԱՔՆՆՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Արտաքին միջավայրի ռադիոակտիվ աղտոտումը ատոմային դարի անխուսափելի գործոններից է: Քանի որ կենսոլորտի տարողությունը կայուն մեծություն է, անգամ եթե ռադիոակտիվ թափոնները չգերազանցեն թույլատրելի սահմանը, միևնույն է, կենսոլորտը կաղտոտվի, հատկապես՝ երկարակյաց ռադիոնուկլիդների հաշվին:

Ատոմային արդյունաբերության զարգացման և ժողովրդական տնտեսության տարբեր ոլորտներում ատոմային էներգիայի լայն կիրառման հետևանքով առաջացել են արհեստական ռադիոնուկլիդներով շրջակա միջավայրի աղտոտման պոտենցիալ աղբյուրներ, հատկապես՝ վերամշակող ատոմային ձեռնարկությունների ատոմային էլեկտրակայանների (աէլ) թափոնների, ինչպես նաև վթարների տեսքով: Միայն 1971-1986 թթ. աշխարհի 14 երկրների ատոմային էլեկտրակայաններում տեղի է ունեցել 152 վթար, դրան ավելացրած նաև միջուկային զենքի փորձարկումները: Այդ ամենը ամբողջ մոլորակի կենդանական և բուսական աշխարհի, այդ թվում՝ նաև մարդու վրա ճառագայթային ներգործության չկարգավորվող գործոններ են:

Ռադիոակտիվության բնական ֆոնային մեծությունների վերահսկողության նպատակով հետևողականորեն կատարվում է շրջապատող միջավայրի ճառագայթային մակարդակի ռադիոչափական և ռադիոքիմիական հսկողություն:

Անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների (կեր, ջուր, ձուկ, միս, կաթ, ձու և այլն) հսկողությունն իրականացնում է անասնաբուժական ռադիոլոգիական ծառայությունը: Այդ նպատակով հանրապետական, մարզային անասնաբուժական լաբորատորիաներում ստեղծվել են ռադիոլոգիական բաժիններ, իսկ շուկաների անասնաբուժասանիտարական փորձաքննական լաբորատորիաներում և անասնաբուժական մթերքի վերամշակման ձեռնարկություններում՝ ռադիոլոգիական խմբեր:

Ռադիոլոգիական ծառայության գործունեությունն իրականացվում է ըստ «Ռադիոլոգիական նյութերով և այլ ճառագայթման աղբյուրներով աշխատելու հիմնական սանիտարական կանոնների»:

Ռադիոլոգիական ծառայության խնդիրները

Ռադիոլոգիական ծառայության հիմնական խնդիրն է վերահսկել գյուղատնտեսական և անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների, սննդամթերքի ճառագայթային աղտոտվածությունը: Այդ նպատակով անհրաժեշտ է կատարել ռադիոչափական, ռադիոքիմիական, սպեկտրամետրիկ հետազոտություններ:

Ռադիոչափական և ռադիոքիմիական փորձաքննության խնդիրներն են.

1. Բնական և արհեստական ռադիոնուկլիդներով աղտոտված արտաքին միջավայրի ճառագայթային իրավիճակի հսկողությունը:

2. Տարածքի տարբեր շրջանների ճառագայթային ֆոնի մակարդակի որոշումը և կենսաբանական օբյեկտների ու բիոցենոզի վրա դրանց ազդեցության պարզաբանումը:

3. Ռադիոնուկլիդների անթույլատրելի քանակություն պարունակող անասնամթերքի սննդային և տեխնիկական նպատակներով օգտագործման կանխումը:

Անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների ռադիոակտիվության որոշման նպատակով կատարվում է մուռների ընտրություն և նախապատրաստում ռադիոչափական և ռադիոքիմիական անալիզի համար: Ինչպես սովորական, այնպես էլ վթարային իրադրության պայմաններում, մուռների ընտրության համար սահմանում են տվյալ շրջանի համար տիպային հսկման կետեր (տնտեսություն, ֆերմա, դաշտ և այլն):

Ռադիոլոգիական հսկողության մեթոդները

Ճառագայթման հսկողությունն իրականացվում է ճառագայթաչափական, ռադիոքիմիական և սպեկտրամետրիկ (լուսաչափական) մեթոդներով:

Ռադիոչափական մեթոդները են դաշտային ճառագայթաչափումը և դոզաչափումը, արտաքին միջավայրի և ագրարային օբյեկտների ռադիոակտիվության էքսպրես-որոշումները, մոխրամնացորդի և պատրաստուկների ճառագայթաչափումը:

1. Դոզաչափումը և ճառագայթաչափումը արտաքին միջավայրի և գյուղատնտեսական արտադրանքի ճառագայթային հսկողության սկզբնական միջոցառումներից են: Այս մեթոդները հնարավորություն են տալիս ժամանակին հայտնաբերել ճառագայթման բարձր մակարդակը և շտապ ահազանգել գործադիր մարմիններին՝ անհրաժեշտ պաշտպա-

նական միջոցներ ձեռնարկելու համար: Ճառագայթման մակարդակը որոշելու համար օգտագործվում են անասնաբուժական ռադիոլոգիական ծառայության դաշտային սարքեր՝ Ä İ-5B, ՌՃ İ-68-01, ÄÄÄ-01H, İ ÊÑ-01 և այլն: Անհրաժեշտության դեպքում կատարվում են օդային գամմա-նկարահանումներ, օգտվում շարժական ռադիոլոգիական լաբորատորիաներից և համապատասխան հրահանգներից:

Ճառագայթային հսկողության էքսպրես-մեթոդները կիրառվում են շրջակա միջավայրի և գյուղատնտեսական արտադրանքի ճառագայթային աղտոտվածությունը արագ որոշելու և օպերատիվ ինֆորմացիա ստանալու համար:

ՌՃ İ-68-01 սարքի կամ ÊĐÊ-1, ĐÓÁ-01П, «Բետա» և այլ ճառագայթաչափերի օգնությամբ որոշում են գամմա- և բետա-ճառագայթող ռադիոնուկլիդների տեսակարար և ծավալային ակտիվությունը ջրում, սննդամթերքում, անասնակերում, ĐÑÓ-01 «Սիզնալ» սպեկտրաչափով, ճառագայթաչափական ՌՃ İ-68-01 սարքերով իրականացնում են ցեզիում-137-ի էքսպրես-տեսակարար ակտիվության և շուկայում մթերքի ճառագայթային հսկողությունը:

Կենդանիների ճառագայթային հսկողությունը իրականացվում է այն տարածքներում, որտեղ նկատվել է ճառագայթային աղտոտվածություն: Մսի արտադրամաս ուղարկվող կենդանիները կամ միսը ենթարկում են ճառագայթաչափման, որոշում են ճառագայթման դոզայի մեծությունը և համապատասխան հաշվարկներով կատարում կենդանիների ու մսի տեսակավորում:

Ճառագայթային փորձաքննության էքսպրես-մեթոդները հնարավորություն են տալիս ստանալ օպերատիվ տվյալներ ճառագայթային աղտոտվածության վերաբերյալ, հայտնաբերել ճառագայթման աղբյուրները, անհապաղ ձեռնարկել վնասագերծման և պաշտպանական միջոցներ:

Ճառագայթային վթարների դեպքում անհրաժեշտ է ռադիոքիմիական հետազոտության մեթոդի օգնությամբ պարզել ռադիոնուկլիդների բաղադրությունը:

2. Ռադիոքիմիական մեթոդը բաղկացած է հետևյալ փուլերից. հետազոտվող օբյեկտի նմուշների ընտրում և նախապատրաստում, ռադիոնուկլիդների կրողների ներմուծում և նմուշների հանքայնացում, նմուշներից ռադիոնուկլիդների առանձնացում, դրանց մաքրում կողմնակի նուկլիդներից և մակրոտարրերից, նույնականացում և ռադիոքիմիական մաքրության ստուգում, արտազատված ռադիոնուկլիդների

ճառագայթաչափում, ռադիոակտիվության հաշվարկում և եզրակացության կազմում:

Եթե վթարային իրադրության պայմաններում գյուղատնտեսական հանդակներն աղտոտվում են միջուկային տրոհման «թարմ» նյութերով, ապա ամառային շրջանում հսկման կետերից ամիսը 2-3 անգամ վերցնում են կաթի, օգտագործվող կերատեսակների նմուշներ: Կանաչ խոտի նմուշները վերցնում են ֆերմայից (մսուրային պահվածքի դեպքում) կամ արոտավայրերից, իսկ մսի, ոսկորի, կենդանիների տարբեր օրգանների նմուշները՝ անմիջապես տնտեսություններից կամ մսի արտադրամասերից, եթե սպանդի են ենթարկվում հսկման կետերից բերված կենդանիները (աղ. 15):

Աղյուսակ 15
Նմուշների ընտրման ժամկետները և նորմերը ռադիոակտիվության փորձաքննության համար

Օբյեկտի անվանումը	Նմուշի ընտրության ժամկետը	Նմուշի զանգվածը
Կանաչ խոտ	Գարուն, ամառ, աշուն	4-5 կգ
Կոպիտ կերատեսակներ	Աշուն	2-3 կգ
Արմատապտուղներ և բանջարեղեն	Աշուն	3-6 կգ
Սիլոս, սենած	Կենդանիներին կերակրելու շրջան	4-5 կգ
Խտացրած կեր	Աշուն	2-3 կգ
Կաթ	Եռամսյակը մեկ	5-6 լ
Միս	Գարուն, աշուն	2-3 կգ
Ոսկոր	Գարուն, աշուն	0,5 կգ
Թարմ ձուկ	Ստացման պահին	3,0 կգ
Թռչուն	—//—	1 գլուխ
Չու	—//—	10 հատ
Մեղր	—//—	0,2-1,0 կգ
Բուրդ	—//—	0,2-0,5 կգ
Ջուր	Գարուն, աշուն	510 լ

Թռչնաբուծական ֆաբրիկաներում հետազոտության են ենթարկվում թռչունների ձվերը և կերաբաժնի բաղադրամասերը (հատկապես՝ կանաչ կերատեսակները):

Հետազոտության համար վերցնում են մնուլների՝ յուրաքանչյուր օբյեկտի՝ դաշտի, դեզի տարբեր մասերից, մի քանի (երեքից ոչ պակաս) կրկնողությամբ, որոնց միացումից ստանում են միջին մնուլ: Նախքան մնուլ վերցնելը СРП-68-01 մակնիշի սարքի օգնությամբ չափում են կերի, մսեղիքի, հողի, ջրի, դեզի և այլնի գամմա-ֆոնը, գրանցում մնուլների ուղեկցագրում:

Խոտի, ծղոտի, սիլոսի, արմատապալարապտուղների և խտացրած կերատեսակների միջին մնուլները վերցնում են դրանց մթերման ժամանակ՝ ցելոֆանե կամ թղթե տոպրակներում:

Ջրի մնուլը վերցնում են գետերի, լճակների և լճերի այն մասերից, որտեղից ամասունները ջուր են խմում, տեղավորում ապակե ամանների մեջ: Ապակու կողմից ռադիոիզոտոպների կլանումը կանխելու նպատակով ջուրը թթվեցնում են ազոտական թթվով:

Մսի մնուլը վերցնում են մսեղիքի անյուղ մասից, իսկ որպես ոսկրի մնուլ՝ վերցնում են վերջին կողը: Ջուկը վերցնում են ամբողջությամբ կամ մի մասը (գլուխը և ողնաշարի հատվածը): Մսի և ձկան մնուլների փչացումից խուսափելու նպատակով այն փաթաթում են մաքուր թանգիֆի միջև, թրջում ֆորմալինի 5-10 %-անոց լուծույթով: Կաթի մնուլը կարելի է վերցնել թե՛ անքաշ, թե՛ զտած կաթից:

Այնուհետև մնուլները համարակալում են, ցուցակագրում և կազմում արձանագրություն (ակտ), որտեղ նշում են մնուլը վերցնողի ազգանունը, պաշտոնը, հիմնարկը, վայրը, ամսաթիվը, մթերքի անվանումը և ուսումնասիրության նպատակը: Նմուլների ցուցակը և ակտը կցում են մնուլների ուղեկցագրին, ապա մնուլների հետ միասին ուղարկում լաբորատորիա, որտեղ բերված մնուլների ընդունումը, մշակումը և նախապատրաստումը անալիզի համար կատարվում է ըստ հրահանգի:

Նախ մնուլները ենթարկվում են *ռադիոչափական ստուգման*, որոշում են գումարային բետա-ակտիվությունը, որն արտահայտում է դրանց տեսակարար ռադիոակտիվությունը (Կի/կգ, Կի/լ): Կերի և հետազոտվող այլ օբյեկտների մեջ ռադիոնուկլիդների իզոտոպային կազմը որոշելու նպատակով կատարվում է *ռադիոքիմիական անալիզ*՝ հետևյալ փուլերով.

1. Ռադիոիզոտոպի անջատում,
2. Ռադիոիզոտոպի մաքրում,

3. Ռադիոքիմիական մաքրության չափում,

4. Ռադիոակտիվության որոշում:

Ռադիոնուկլիդների ռադիոակտիվությունը շատ տարբեր է, և արտաքին միջավայրի օբյեկտներում դրանց հաստատված սահմանային թույլատրելի խտությունը միմյանց նկատմամբ տարբերվում է 100-1000 և ավելի անգամ:

Անասնաբուժական-ռադիոլոգիական պրակտիկայում առաջին հերթին ռադիոքիմիական անալիզի են ենթարկվում ռադիոակտիվ տրոհման գլխավոր նյութերը՝ ստրոնցիում-90, ցեզիում-137, կապար-210, հատուկ դեպքերում՝ յոդ-131, ստրոնցիում-89, իտրիում-91, բարիում-140, ցերիում -141-144:

Անասնակերի ռադիոակտիվ աղտոտվածության աստիճանի և անասնաբուժական մթերքում ռադիոնուկլիդների խտության գնահատումը կատարվում է ըստ մարդու օրաբաժնում ռադիոնուկլիդների սահմանային թույլատրելի պարունակության: Այդ նպատակով մշակվել են մի շարք ռադիոակտիվ իզոտոպների փոխանցման գործակիցներ՝ հողից բույսերին, բույսերից կենդանուն և կենդանուց մարդուն, որոնց օգնությամբ հնարավոր է բավականին ճշգրիտ կանխագուշակել ռադիոնուկլիդի թափանցումը մարդու օրգանիզմ:

Անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների անասնաբուժասանիտարական և ռադիոլոգիական վերահսկողությունը կարևոր է հատկապես այն դեպքում, երբ արտակարգ իրավիճակների պայմաններում անհրաժեշտություն է առաջանում կատարել արտաքին միջավայրի օբյեկտների՝ կերի, ջրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության մակարդակի որոշում և դրանց հետագա օգտագործման հնարավորության գնահատում: Եթե կերի, ջրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության մակարդակը չի գերազանցում թույլատրելի նորմերը, ապա դրանց օգտագործումը թույլատրվում է: Հակառակ դեպքում կերն ապակտիվացնում են կամ թողնում երկար ժամանակով, որի ընթացքում ռադիոակտիվ տրոհման հետևանքով տեղի է ունենում ինքնաապակտիվացում:

Ապակտիվացում կատարելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել կերի տեսակը (հատիկ, խոտ, համակցված կեր), պահելու ձևը, փաթեթավորումը և ռադիոակտիվ աղտոտվածության բնույթն ու աստիճանը: Այն կատարվում է տարբեր եղանակներով՝ հատիկավորված կերի աղտոտված արտաքին շերտի հեռացում, աղտոտված տարաների փոխարինում մաքուրներով և այլն:

Մշակվել են ստրոնցիում-90-ի՝ հողից բույսերի մեջ թափանցումը

սահմանափակող քիմիական և ագրոտեխնիկական մեթոդներ: Քիմիական մեթոդը հիմնված է կալցիումի և ստրոնցիում-90-ի մրցակցային հարաբերությունների վրա: Այսպես՝ թթու և կալցիումով աղքատ հողերն այդ տարրով հարստացնելու դեպքում (5-10 տ/հա) ստրոնցիումի ներթափանցումը բույսերի մեջ նվազում է 20-60 %-ով, իսկ զոնադքի հետ զուգորդումն ավելի է բարձրացնում դրա արդյունավետությունը: Այս եղանակի կիրառումն անարդյունավետ է կալցիումով հարուստ հողերում:

Ռադիոնուկլիդներով աղտոտված գոտում գտնվող կենդանիները ենթարկվում են ճառագայթային ախտահարման: Վերջինիս ծանրությունը և կենդանիների տնտեսական օգտագործման պիտանելիությունը որոշելու համար կատարվում է անասնաբուժասանիտարական ուսումնասիրություն: Ախտահարված կենդանիների ստուգումն սկսում են դրանց գտնվելու վայրի ճառագայթային իրադրության՝ ճառագայթման մակարդակի, կերի և ջրի ռադիոակտիվ աղտոտվածության աստիճանի զննմամբ: Հաշվարկում են կենդանիների կողմից ստացած ճառագայթման մոտավոր դոզան, ինչպես նաև կերաբաժնում պարունակվող ռադիոակտիվ նյութերի քանակը՝ ըստ հրահանգներում և հանձնարարականներում ներկայացված մեթոդների:

Այնուհետև որոշում են կենդանիների ընդհանուր կլինիկական վիճակը՝ ընկճվածությունը, գրգռվածությունը, շարժումների կոորդինացիայի խախտումը, ռեֆլեքսների արտահայտվածության աստիճանը, լորձաթաղանթների և շաղկապենու վիճակը, անոթազարկը, շնչառությունը, մարմնի ջերմությունը, արտաթորումը: Ընտրված 5-10 կենդանիների մոտ ուսումնասիրում են արյան ցուցանիշները (լեյկոցիտների, թրոմբոցիտների, մեյոտոֆիլների, լիմֆոցիտների քանակը, լեյկոցիտային բանաձևը): Հաշվարկում են լիմֆոցիտների բացարձակ քանակը, կորիզի տեղաշարժման ինդեքսը, ուշադրություն են դարձնում կորիզի կազմափոփոխություններին, որոշում արյան մակարդման ժամանակը և մակարդուկի ռետրակցիայի ինդեքսը:

Ճառագայթային հիվանդության ելքի նախինչացության համար որոշում են լիմֆոցիտներում սուլցինատդեհիդրոգենազի ակտիվությունը:

Մարմնի մակերեսին և օրգանիզմում ռադիոակտիվ նյութերի առկայությունը որոշելու նպատակով հատուկ սարքավորումների միջոցով կատարում են ռադիոչափական ուսումնասիրություններ:

Ա՝ 1-5 սարքի միջոցով, կենդանիների ընդհանուր ռադիոակտիվ աղտոտվածությունից բացի, որոշում են նաև ռադիոակտիվ նյութերի տե-

ղադրվածությունը (մաշկի մակերեսին են, թե օրգանիզմի ներսում): Այդ նպատակով կատարում են կենդանու մակերեսի ճառագայթման մակարդակի երկու չափում՝ տվիչի (âàð÷èê) պատուհանը փակ և բաց վիճակում: Եթե բաց պատուհանով չափման արդյունքում ստացված ցուցանիշներն էապես բարձր են, քան փակ պատուհանով, ապա ռադիոակտիվ նյութերը գտնվում են մաշկի մակերեսի վրա, իսկ եթե այդ ցուցանիշները հավասար են, ապա ռադիոակտիվ նյութերը գտնվում են օրգանիզմի ներսում:

Ախտորոշման նպատակով, անհրաժեշտության դեպքում, ստուգված կենդանիներին ենթարկում են սպանդի և հետազոտում ներքին օրգանների լորձաթաղանթի և շճաթաղանթների փոփոխությունները, կոկորդի, շնչափողի, երիկամների, լյարդի այտուցվածությունը, վահանագեղձը, փայծաղը, ավշային հանգույցները, ոսկրածուծը: Մսի և ներքին օրգանների մուշները ենթարկվում են ճառագայթաչափական և ռադիոքիմիական հետազոտման:

Համալիր հետազոտությունների հիման վրա կենդանիներին տեսակավորում են ըստ ճառագայթային ախտահարվածության ծանրության աստիճանի՝ թեթև, միջին, ծանր և չափազանց ծանր: Գառագայթային հիվանդության ծանր, չափազանց ծանր և քրոնիկ ծանր աստիճանի հիվանդներին ենթարկում են սպանդի՝ միս ստանալու նպատակով:

Միջին աստիճանի հիվանդ կենդանիներից կազմում են խումբ և կազմակերպում դրանց բուժումը: Ընդ որում՝ ծեր, հյուծված, ցածր մթերատու կամ այլ հիվանդություններով ախտահարված կենդանիներին նույնպես ենթարկում են սպանդի՝ միս ստանալու համար, իսկ վարակիչ հիվանդություններով տառապողներին ոչնչացնում են: Ապաքինված կենդանիներին ենթարկում են բտման կամ թողնում են վերարտադրման համար:

Սպանդից առաջ կենդանիներին լողացնում են լվացող միջոցներով կամ ջրով՝ այնպես, որ արտաքին զամնա-ճառագայթման մակարդակն իջնի 50 մկ Ռ/ժամից ցածր: Եթե լվացման միջոցով չի հաջողվում ռադիոակտիվության մակարդակը հասցնել թույլատրելի նորմային, ապա այդ կենդանիներին մեկուսացնում են և պահում այնքան ժամանակ, մինչև ռադիոակտիվությունը նվազի:

Ախտահարված կենդանիների հետ աշխատող անձնակազմին ապահովում են անհատական դոզաչափով և հատուկ արտահագուստով: Աշխատանքից հետո դրանք ենթարկվում են սանիտարական մշակման և դոզաչափական հսկողության:

Կենդանիների վերամշակման ժամանակ պարտադիր պայման է սպանդից առաջ դրանց լողացնելը, իսկ արյունագրկումից առաջ անհրաժեշտ է կերակրափողի և ուղիղ աղիքի վրա կապ դնել, վահանագեղձը հեռացնել և թաղել:

Մաշկի հեռացման ժամանակ անհրաժեշտ է միջոցներ ձեռնարկել, որպեսզի մսեղիքը չաղտոտվի և չշփվի մաշկի մազածածկույթի հետ: Ստամոքսը և աղիքները հեռացնում են միաժամանակ: Մսեղիքը բաժանում են երկու մասի և մակերեսը լվանում ջրով, ապա կատարում են ճառագայթաչափում: Եթե ռադիոակտիվ աղտոտվածության մակարդակը չի գերազանցում թույլատրելի սահմանները, այդ մսեղիքը ուղարկում են սառնարանային պահեստ և օգտագործում ընդհանուր հիմունքներով: Մսեղիքի ռադիոակտիվ աղտոտվածության մակարդակի բարձր լինելու դեպքում այն պահում են սառնարանի առանձին խցում՝ այնքան ժամանակ, մինչև դրա մակարդակը հասնի թույլատրելի սահմաններին: Քանի որ մկանների ռադիոակտիվության մակարդակը սովորաբար ավելի ցածր է, քան ոսկրերում, նպատակահարմար է մսեղիքն անջատել ոսկրերից, ինչի արդյունքում մսի ռադիոակտիվության մակարդակը զգալիորեն նվազում է: Մսի ռադիոակտիվ աղտոտվածության մակարդակը կարելի է իջեցնել աղադրման միջոցով: Այս պայմաններում ռադիոակտիվ նյութերի մի մասը ենթարկվում է բնական քայքայման, մնացածն անցնում է աղաջրի մեջ:

Արտաքին ճառագայթահարման ենթարկված կենդանիները, որոնք սպանդի են ենթարկվել մինչև ճառագայթային հիվանդության նշանների ի հայտ գալը կամ կլինիկապես ապաքինումից հետո և համապատասխանում են այլ սանիտարափոփոխական պահանջների, բաց են թողնվում առանց սահմանափակման:

Եթե սպանդը կատարվում է դաշտային սպանդանոցում, ապա պետք է ապահովել ջրի անհրաժեշտ քանակությամբ համապատասխան հորերով՝ լվացող ջրերի հեռացման, ստամոքսաաղիքային օրգանների և դրանց պարունակության օգտահանման համար, կաշվի հավաքման և պահածոյացման տեղով: Այն տարածքը, որտեղ կենդանիները ենթարկվել են սպանդի պետք է ապաակտիվացնել կամ պարսպապատել:

Ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված կենդանիներից ստացված կաշվի, ճարպի և այլ ենթամթերքի վերամշակումը կատարվում է համաձայն գործող տեխնոլոգիական հրահանգի:

Աղտոտված տարածքներում արոտային պահվածքի կովերի կաթն

օգտագործվում է չմշակված ձևով կամ թթվակաթնամշակման է ենթարկվում միայն սանհիտարական վերահսկողության օրգանների կողմից թույլատրության դեպքում:

3. Սպեկտրաչափական մեթոդը կիրառվում է բարդ խառնուրդների անալիզի համար՝ առանց ռադիոնուկլիդների նախնական անջատման: Առավել տարածված են զամմա-սպեկտրամետրիկ եղանակները, որտեղ կիրառվում են կիսահաղորդիչ և լուսարձակիչ դետեկտորներ: Սպեկտրաչափումներ կատարվում են ռադիոնուկլիդների «թարմ» տեղումների ժամանակ, երբ հայտնի չէ ռադիոիզոտոպների բաղադրությունը: Ստացած փորձաքննության տվյալները մշակում են էլեկտրոնային հաշվիչներով, անցկացնում համակարգիչ և օդաօդաքննություն տալիս են մեկ տարվա վկայական:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ռադիոլոգիական ծառայության նպատակներն ու խնդիրները:
2. Անասնաբուժական հսկողության օբյեկտների ճառագայթափորձաքննության մեթոդները:
3. Նմուշների ընտրությունը և նախապատրաստումը ճառագայթման փորձաքննության ու ռադիոքիմիական հետազոտության համար:
4. Ռադիոքիմիական անալիզի փուլերը:
5. Ճառագայթային արտակարգ իրադրությունների պայմաններում ագրարային օբյեկտների, գյուղկենդանիների և դրանցից ստացված մթերքի ռադիոլոգիական և անասնաբուժասանհիտարական հսկողության իրականացումը:
6. Սպեկտրաչափական մեթոդի էությունը:

**ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ ԵՎ
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՅԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՀԵՏ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ
ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ**

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

Կենսաբանական համակարգերն օժտված են տևական ներգործության պայմաններին հարմարվելու հատկությամբ: Ի սկզբանե կյանքն իր բոլոր դրսևորումներով զարգացել է բնական ճառագայթման՝ գոյություն ունեցող մշտական ֆոնի պայմաններում: Ուստի բոլոր նախադրյալները կան ենթադրելու, որ կենդանի օրգանիզմները կարող են հեշտությամբ հարմարվել դրա ներգործությանը, եթե վերջինիս մակարդակը չափազանց բարձր չլինի:

Շրջակա միջավայրն աղտոտող նյութերը և դրանց արտադրության ծավալը զգալիորեն գերազանցում են նախորդ տարիներին գրանցված տվյալները:

Մարդկության գործունեության արդյունքում օրեցօր բարձրանում է ճառագայթային ֆոնի մակարդակը: Անհանգստության տեղիք է տալիս բժշկության, արդյունաբերության և էներգետիկայի բնագավառներում իոնացնող ճառագայթների օգտագործման աճը, ինչը վիթխարի օգուտների հետ միասին ավելացնում է բնակչության ճառագայթահարման մակարդակը: Ուստի անհրաժեշտ է գտնել, թե որտեղ են հավասարակշռվում ճառագայթների օգտագործման հետ կապված շահը և ռիսկը: Շրջակա միջավայրի և բնակչության ճառագայթային անվտանգության պահպանման և ապահովման հարցերով զբաղվում են միջազգային ճառագայթային պաշտպանության հանձնաժողովները՝ ՄԱԳԱՏԵ, ՄԱԿ, ՀԱԿ, ՅՈՒՆԵՍԿՈ և այլն:

Ճառագայթային անվտանգության հիմնական խնդիրն է կանխել գենետիկական ազդեցությունը:

Ռադիոակտիվ նյութերով աշխատանքի անվտանգությունը կանոնակարգվում է ճառագայթային պաշտպանության միջազգային հանձնաժողովի (ՃԴՄՀ) և հաստատվում Միջազգային ռադիոլոգիական վեհաժողովի կողմից: Վերջինիս կողմից ընդունված հանձնարարականների հիման վրա տարբեր պետություններում հրատարակվում են համապատասխան կանոններ և օրենքներ, որոնք ըստ աշխարհագրական և

բնապահպանական իրավիճակի, սահմանում են ռադիոակտիվ նյութերով և իոնացնող ճառագայթներով անվտանգ աշխատելու նորմերը:

Իոնացնող ճառագայթման աղբյուրներով աշխատելիս անհրաժեշտ է առաջնորդվել օրենսդրական բնույթի հետևյալ փաստաթղթերով.

1. «ճառագայթման անվտանգության նորմերը (ՃԱՆ-99)» (ԻԾԱ-99):

2. «ճառագայթման նյութերով և իոնացնող ճառագայթման այլ աղբյուրներով աշխատելու հիմնական սանիտարական կանոնները (ՅՍԿ-99)» (ԻՆԻ-99):

Այդ փաստաթղթերում բնակչության երեք խմբերի համար բերված են արտաքին ճառագայթահարման սահմանային թույլատրելի դոզաները (ՍԹԴ) և ներքին ճառագայթահարման ռադիոնուկլիդների սահմանային թույլատրելի մուտքը օրգանիզմ (ՍԹՄ):

Ա կատեգորիա. մասնագետներ՝ ռենտգենոլոգներ, ռադիոլոգներ, արատանշողներ, արատացույցներով աշխատողներ կամ մարդիկ, ովքեր մշտապես կամ ժամանակավոր աշխատում են անմիջապես ճառագայթման աղբյուրների հետ:

Բ կատեգորիա. բնակչության այն մասը, ովքեր բնակվում են ռադիոակտիվ տեխնածին տարածքում:

Գ կատեգորիա. մարզի, հանրապետության, երկրի ողջ բնակչությունը:

Շրջակա միջավայրի, բնակչության և աշխատող անձնակազմի ճառագայթային անվտանգության ապահովման նպատակով անհրաժեշտ է ղեկավարվել ՃԱՆ-99 (ԻԾԱ-99) և ՅՍԿ-99 (ԻՆԻ-99) ճառագայթային անվտանգության երեք հիմնական սկզբունքներով:

1. Հիմնավորման սկզբունքը. արգելել իոնացնող ճառագայթների աղբյուրների օգտագործման բոլոր տեսակի գործողությունները, ինչի արդյունքում մարդու և հասարակության շահը չի գերազանցում լրացուցիչ բնական ճառագայթային ֆոնի ճառագայթման վտանգի ռիսկը:

2. Օպտիմալացման սկզբունքը. հաշվի առնելով տնտեսական և սոցիալական գործոնները՝ իոնացնող ճառագայթման ցանկացած աղբյուրի օգտագործման դեպքում ճառագայթահարման անհատական դոզաները և ճառագայթահարվող անձանց թիվը պահել հնարավորին ցածր ու հասանելի մակարդակի վրա:

3. Նորմավորման սկզբունքը. չգերազանցել «Բնակչության ճառագայթահարման անվտանգության օրենքով», ՃԱՆ-99 և այլ նորմատի-

վային փաստաթղթերով հաստատված անձի անհատական ճառագայթահարման սահմանային դոզան՝ բոլոր տեսակի իոնացնող ճառագայթման աղբյուրներից:

ՃԱՆ-99-ում ներկայացված են սահմանային թույլատրելի դոզա և դոզայի սահման հասկացությունները: Ա կատեգորիայի անձանց հիմնական դոզայի սահմաններն են սահմանային թույլատրելի դոզան (ՍԹԴ) և տարեկան սահմանային մուտքը (ՏՄՄ), Բ կատեգորիայի անձանց համար՝ արտաքին և ներքին ճառագայթահարման դոզայի սահմանը (ԴՍ): Բացի այդ՝ Ա և Բ կատեգորիաների անձանց համար ընդունում են ստուգիչ (աշխատանքային) ռադիոակտիվ ճառագայթահարման մակարդակներ՝ միջոցառումների պլանավորման նպատակով և սահմանում են ռադիոնուկլիդների քանակությունն օրգանիզմում, օդում, ջրում, մակերեսների աղտոտվածությունը և այլն: Մեկ աշխատանքային օրվա ընթացքում Ա կատեգորիայի ճառագայթահարման ստուգիչ մակարդակը որոշում է ձեռնարկության ղեկավարությունը՝ համաձայնեցնելով պետսանհսկողության օրգանների հետ: Ստուգիչ մակարդակները պետք է լինեն դոզայի սահմաններից (ԴՍ) ցածր. այդ դոզաների գերազանցումը համարվում է սանիտարական կանոնների խախտում: Միայն առանձին դեպքերում՝ վթարների վերացման, մոնտաժային աշխատանքների ժամանակ, ստուգիչ մակարդակները կարող են գերազանցել ԴՍ: Բ կատեգորիայի անձանց համար ստուգիչ մակարդակները որոշում են պետսանհսկողության օրգանները՝ մեկ ամսվա կտրվածքով՝ որպես միջին:

Դոզայի սահմանը (ԴՍ) տարեկան թույլատրելի ճառագայթահարման մակարդակն է, որն ստանում է անհատը ռադիոակտիվ արտանետումներից և միջավայրի ռադիոակտիվ աղբյուրներից (մշվ/տ):

Սահմանային թույլատրելի դոզան (ՍԹԴ) անձնակազմի ճառագայթահարման տարեկան մակարդակն է, որի երկարատև (50 տարուց ավելի) և հավասարաչափ կուտակումը օրգանիզմում չի առաջացնում առողջության անբարենպաստ փոփոխություններ (սոմատիկ և գենետիկ) ճառագայթահարված անձի և նրա սերունդների մոտ (աղ. 16):

Սահմանային թույլատրելի դոզան (ՍԹԴ) աշխատող անձնակազմի տարեկան ճառագայթահարման մակարդակն է, որը չպետք է գերազանցի 5 բեռ:

Անձնակազմի (Ա կատեգորիա) ճառագայթահարման դոզան որոշում են հետևյալ բանաձևով.

$$D \leq 5 \cdot (N - 18),$$

որտեղ D -ն դոզան է, բեռ, N -ը՝ տարիքը, 18-ը՝ պրոֆեսիոնալ աշխատողների սկզբնական տարիքը: 30 տարվա ընթացքում D -ն պետք է չգերազանցի 60 բեռ (այսինքն՝ 12 ՍԹԴ):

Աղյուսակ 16

Անձնակազմի ճառագայթահարման սահմանային թույլատրելի դոզան (ՍԹԴ) և բնակչության ճառագայթահարման դոզայի սահմանը մեկ անձի համար

Կրիտիկական օրգանի խումբ	Անձնակազմի ՍԹԴ, բեռ/տարի	Բնակչության ՍԹԴ, բեռ/տարի
1 (I)	5	0,5
2 (II)	15	1,5
3 (III)	30	3,0

Հաշվի առնելով ռադիոնուկլիդների տոքսիկության խումբը, ինչպես նաև օրգանի, հյուսվածքի համար ճառագայթահարման սահմանային թույլատրելի դոզան՝ տարբեր կատեգորիաների մարդկանց համար ՃԱՆ-99-ը հաստատել է ***տարեկան սահմանային թույլատրելի մուտք (ՏՄԹՍ)*** հասկացությունը, երբ ռադիոնուկլիդները մուտք են գործում օրգանիզմ շնչառական և մարսողական ուղիներով, ինչպես նաև ***տարեկան միջին թույլատրելի խտությունը (ՏՄԹԽ) ջրում և օդում***: ՏՄԹԽ-ի չափման միավորը Կի/լ է, որը ռադիոակտիվ նյութերի համար մի քանի հազար անգամ ավելի ցածր է, քան տոքսիկ նյութերի համար:

Հաստատված է, որ օդի հետ ներշնչված ռադիոնուկլիդների ծավալը պրոֆեսիոնալ աշխատողների համար $2,5 \cdot 10^6$ լ/տարի է (աշխատանքի ժամերին), իսկ բնակչության միջին տարիքի մարդկանց համար՝ $7,3 \cdot 10^6$ լ/տարի, հեղուկ ջրի և սննդի հետ՝ 800 լ/տարի:

Եթե աշխատողը ենթարկվում է միանվագ չնախատեսված արտաքին ճառագայթման՝ 25 բեռ-ից բարձր դոզայով, կամ ռադիոնուկլիդի միանվագ, սակայն հինգ անգամ բարձր ՍԹԴ, դա համարվում է վտանգավոր դոզա: Այդ դեպքում աշխատողը պետք է անհապաղ ուղարկվի բժշկական հետազոտման:

Խոշոր ճառագայթային վթարների վերացմանը կամ կանխմանը մասնակցող մարդիկ կարող են ենթարկվել միանվագ ճառագայթման՝ մինչև 10-25 բեռ դոզայով: Հետազայում ՍԹԴ գերազանցումը պետք է փոխհատուցվի այնպես, որ աշխատանքի հետագա 5-10 տարիներին

կուտակված դոզան չգերազանցի բանաձևով հաշվարկված մեծությունը:

Համաձայն կանոնակարգի՝ հղի կանայք, ովքեր աշխատում են իոնացնող ճառագայթների կամ ռադիոակտիվ նյութերի հետ, պետք է ազատվեն աշխատանքից ամբողջ հղիության ընթացքում, ինչպես նաև երեխային կերակրելու շրջանում:

ՃԱՆ-99 կանոնակարգի համաձայն հաստատված է կրիտիկական (առավել վտանգավոր) օրգանների և հյուսվածքների երեք խումբ:

1-ին խումբը ներառում է բարձր զգայունության օրգանները՝ ամբողջ մարմինը, սեռական գեղձերը, կարմիր ոսկրածուծը:

2-րդ խումբը՝ միջին զգայունության օրգանները՝ մկանները, վահանագեղձը, ճարպային հյուսվածքը, երիկամները, փայծաղը, ստամոք-սաաղիքային ուղին, թոքերը, աչքի ոսպնյակը, լյարդը և այլն:

3-րդ խումբը քիչ զգայունության օրգաններն են ոսկրային հյուսվածքը, դաստակը, ոտնաթաթը, մաշկածածկույթը:

Ըստ այդմ՝ երեք կատեգորիաների ճառագայթահարվող անձանց համար հաստատվել են հիմնական դոզաների սահմանները (աղ. 17):

Աղյուսակ 17

Հիմնական դոզաների սահմանները, մՋվ/տարի

Նորմավորված մեծությունը	Անձնակազմը (Ա կատեգորիա)	Բնակչությունը
Արդյունավետ դոզա	Միջինը՝ 20 մՋվ/տ յուրաքանչյուր 5 տարիներին, սակայն 50-ից ոչ ավելի	Միջինը՝ 1մՋվ/տ յուրաքանչյուր հետագա 5 տարիներին, սակայն 5-ից ոչ ավելի
Համարժեքային դոզա		
1. Աչքի ոսպնյակում	150	15
2. Մաշկում	500	50
3. Դաստակում և ոտնաթաթում	500	50

Ծանոթություն: Բ կատեգորիայի անձնակազմի համար ճառագայթահարման բոլոր նշված դոզաները չպետք է գերազանցեն Ա կատեգորիայի անձնակազմի դոզաների 1/4-ը:

ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԸ ԵՎ ՕՐՅԵԿՏՆԵՐԸ

Ատոմային էներգիայի օգտագործման օբյեկտ են համարվում միջուկային նյութերը, ռադիոակտիվ թափոնները, իոնացնող ճառագայթման այլ աղբյուրները, սարքավորումները, տեխնոլոգիաները, ինչպես նաև միջուկային տեղակայանքները, ռադիոակտիվ թափոնների տեղակայանքները, որտեղ աշխատանքներ են տարվում իոնացնող ճառագայթման աղբյուրների, միջուկային, ռադիոակտիվ թափոնների կիրառմամբ:

Ատոմային էներգիայի անվտանգության տեսակետից կարևոր օբյեկտներ են համարվում վերը նշվածներից նրանք, որոնցում պահվող նյութերի գումարային ակտիվությունը գերազանցում է 100 000 տերաբեքերելը, իսկ դրանց գումարային ալֆա-ակտիվությունը՝ 1000 տերաբեքերելը:

Ներկայումս կիրառվող բնական և արհեստական բոլոր ռադիոնուկլիդները, ըստ ռադիոթունավորության աստիճանի, բաժանվում են 5 խմբի.

Ա խումբ՝ հատկապես բարձր ռադիոթունավորությամբ օժտված տարրեր,

Բ խումբ՝ բարձր ռադիոթունավորությամբ օժտված տարրեր,

Գ խումբ՝ միջին ռադիոթունավորությամբ օժտված տարրեր,

Դ խումբ՝ ցածր ռադիոթունավորությամբ օժտված տարրեր,

Ե խումբ՝ նվազագույն ռադիոթունավորությամբ օժտված տարրեր:

Ռադիոակտիվ նյութերով աշխատելիս, անհրաժեշտ է իմանալ՝ ինչ վիճակում են գտնվում օգտագործվող ճառագայթման աղբյուրները՝ փակ, թե բաց:

Փակ կոչվում է ճառագայթման այն աղբյուրը, որի կառուցվածքը բացառում է օգտագործման ժամանակ ռադիոակտիվ նյութերի արտահոսքը շրջակա միջավայր (այն փակված է ապակե կամ մետաղյա թաղանթով, մետաղյա սկավառակով և այլն):

Բաց կոչվում է ճառագայթման այն աղբյուրը, որի օգտագործման ժամանակ հնարավոր է ռադիոակտիվ նյութերի (փոշի, հեղուկ, գազ) արտահոսք շրջակա միջավայր: Դրանք առավել վտանգավոր են:

Բաց ռադիոակտիվ նյութերով կատարվող բոլոր աշխատանքները բաժանվում են 3 դասի՝ ըստ աշխատանքային տեղում ռադիոակտիվ իզոտոպի և դրա քանակության (ակտիվություն) ռադիոթունավորության խմբի (աղ. 18):

Սահմանային թույլատրելի
ռադիոակտիվությունը աշխատավայրում

Ռադիոթունավորության խումբը	Աշխատանքային տեղում սահմանային թույլատրելի ակտիվությունը, որի համար չի պահանջվում սանիտարահամաճարակաբանական ծառայության թույլտվություն, մկԿի	Ակտիվությունն աշխատանքային տեղում, մկԿի		
		աշխատանքի դասը		
		1	2	3
Ա	0,1	10 ⁴ բարձր	10-10 ⁴	0,1-10
Բ	1,0	10 ⁵ բարձր	10 ² -10 ⁵	1,0-10 ²
Գ	10,0	10 ⁶ բարձր	10 ³ -10 ⁶	10-10 ³
Դ	100,0	10 ⁷ բարձր	10 ⁴ -10 ⁷	10 ² -10 ⁴
Ե	1000,0	10 ⁸ բարձր	10 ⁵ -10 ⁸	10 ³ -10 ⁵

Ըստ ընդունված դասի՝ որոշվում են ռադիոակտիվ ճառագայթիչ աղբյուրներ ընդունող հիմնարկության (լաբորատորիայի) տեղը և կահավորման պահանջները:

Այսպիսով՝ ճառագայթային անվտանգության կանոնների պահպանման միջոցով հնարավոր է նախազգուշացնել և կանխել ինչպես կենսոլորտի աղտոտումը, այնպես էլ օրգանիզմի ճառագայթահարումը: Բացի այդ՝ ռադիոակտիվ նյութերով (հատկապես՝ բաց) աշխատելիս պետք է պահպանել անհատական պաշտպանության և հիգիենայի կանոնները, որոնք ապահովում են աշխատանքի անվտանգությունը:

Ռադիոակտիվ նյութերի և այլ աղբյուրների արձակած իոնացնող ճառագայթների ազդեցությունը մարդու և կենդանիների վրա կարող է արտահայտվել արտաքին, ներքին կամ խառը (արտաքին և ներքին) ճառագայթահարմամբ:

Արտաքին ճառագայթահարումը իոնացնող այն ճառագայթների ազդեցությունն է, որոնց աղբյուրը գտնվում է օրգանիզմից դուրս, իսկ ներքին ճառագայթման աղբյուրը գտնվում է օրգանիզմի ներսում:

Ներքին ճառագայթահարումից պաշտպանվելու համար անհրաժեշտ է հետևել հիգիենայի և անվտանգության տեխնիկայի տարրական պահանջներին («Ռադիոակտիվ նյութերով աշխատանքի հիմնական սանիտարական կանոններ» (ՀՍԿ - 99)):

ԱՆԱՍՆԱՔՈՒԺԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԼԱՔՐՈՐԱՏՈՐԻԱ

Ոադիոլոգիական լաբորատորիաների խնդիրները

Անասնաբուժական ոադիոլոգիական ծառայությունը ոադիոլոգիական լաբորատորիաների միջոցով իրականացնում է.

1. Արտաքին միջավայրի ճառագայթային վիճակի հսկողություն: Կենսաբանական օբյեկտների վրա իոնացնող ճառագայթների ազդեցության գնահատում դոզաչափման որակական և քանակական մեթոդներով:

2. Շրջակա տարածքի և լաբորատորիայի ճառագայթային ֆոնի ամենօրյա որոշում: Իոնացնող ճառագայթների հետ աշխատելիս անվտանգության կանոնների պահպանում:

3. Ճառագայթային փորձաքննության եղանակներով անասնապահական և գյուղատնտեսական օբյեկտների, կերի, ջրի, բուսական և կենդանական ծագում ունեցող սննդամթերքի ճառագայթաչափում:

4. Գործադիր մարմինների նախազգուշացում՝ սահմանային թուլ-լատրելի դոզան գերազանցող ոադիոնուկլիդներ պարունակող գյուղատնտեսական մթերքների օգտագործումը կանխելու համար:

5. Կենդանիների դոզաչափում, կանխարգելիչ միջոցների ձեռնարկում: Ճառագայթահարված կենդանիների մեկուսացում, դրանց բուժման, խնամքի և սպանդի կազմակերպում:

6. Ներմուծվող կենդանիների, մթերքի և հումքի ոադիոակտիվության հսկման նպատակով սահմանագոտում ստուգիչ կետերի ստեղծում:

Անասնաբուժական ոադիոլոգիական լաբորատորիայի կառուցվածքը և սարքավորումները

Անասնաբուժական ոադիոլոգիական լաբորատորիան ստեղծվում է կենտրոնական անասնաբուժական լաբորատորիայի տարածքում, սովորաբար առաջին հարկում՝ առանձին մուտքով:

Ոադիոլոգիական լաբորատորիաները, ըստ 1-ին, 2-րդ, 3-րդ կարգի, կառուցում են նաև առանձին շենքում՝ բնակատեղից հեռու, այնպես, որ փչող քամիների և հոսող ջրերի ուղղությունը լինի դեպի լաբորատորիա:

Լաբորատորիան պետք է ունենա հիմնական և օժանդակ սենյակներ՝ պահեստ, ընդունարան, նմուշների ընդունման, վերամշակման, ընտրման և նախապատրաստման սենյակ, ճառագայթաչափման սենյակ, հանդերձարան, ճաշասենյակ, սանիտարական մշակման սենյակ՝

լողարանով: Յուրաքանչյուր աշխատողի համար կանոնադրությամբ նախատեսված է 10 մ² տարածություն: Ռադիոլոգիական լաբորատորիայի ներսում անհրաժեշտ է առանձնացնել 3 գոտի՝ աղտոտված, պայմանական մաքուր և մաքուր:

Աղտոտված գոտում բացում են հետազոտման համար ընդունված ռադիոակտիվ նյութերի մուշները, պատրաստում և մշակում են ռադիոակտիվ պատրաստուկներ: Պայմանական մաքուր գոտում կատարում են պատրաստուկների ճառագայթաչափում, իսկ մաքուր գոտում ամփոփվում և գրանցվում են ստացած տվյալները: Արգելվում է այս սենյակ բերել ռադիոակտիվ նյութեր:

Լաբորատորիայի պատերը պետք է ծածկված լինեն պլաստիկատով կամ հախճապով՝ 2 մ բարձրությամբ, իսկ պատերի մնացած մասերը և առաստաղը՝ ներկված յուղաներկով: Հատակը պետք է լինի ցեմենտոնե՝ կեմտրոնում ունենալով կոյուղային անցք: Պատուհանները և դռները պետք է լինեն հարթ մակերեսով և յուղաներկով ներկված:

Օրվա ընթացքում մի քանի անգամ անհրաժեշտ է կատարել լաբորատորիայի օդափոխություն օդորակիչների և օդաքաշող պահարանի միջոցով: Լաբորատորիայում անհրաժեշտ է մշտապես ունենալ սառը և տաք ջուր: Ջրի ծորակների կառավարումը՝ ոտնակային կամ արմընկային համակարգով: Ցանկալի է, որ բոլոր հաղորդակցության գծերը, ջեռուցման խողովակները լինեն ներկառուցված:

Լաբորատորիայի կահույքը պետք է ունենա հարթ մակերես, սեղանները՝ ծածկված լինեն պլաստիկատով, որպեսզի հեշտությամբ մաքրվի ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտված մակերեսը, աթոռները՝ պտուտակավոր, պահարանները՝ ապակեպատ: Լաբորատորիայում արգելվում է փափուկ կահույքի տեղադրումը և կահույքի տեղաշարժումը մի սենյակից մյուսը: Աշխատանքի վերջում սեղանները մաքրում են խոնավ լաթով, իսկ ամիսը մեկ անգամ լաբորատորիան լվանում են ջրի ու ժել շիթով և լավ օդափոխում:

Լաբորատորիայում անհրաժեշտ է ունենալ պլաստմասսայից՝ դուլեր՝ լվացող նյութերով, դեզակտիվացնող հեղուկներով, ինչպես նաև խոնավածուծ նյութեր՝ թեփ, ավազ, գիպս և այլն:

ԱՐԳԵԼՎՈՒՄ Է՝ իոնացնող ճառագայթման աղբյուրների դուրսբերումը շենքից և դրա սահմաններից դուրս օգտագործումը:

Այն սենյակներում, որտեղ օգտագործվում են ռադիոակտիվ նյութեր, արգելվում է սնվել և սննդամթերք պահել, ինչպես նաև ծխել և

օգտվել կոսմետիկական միջոցներից:

Ռադիոակտիվ նյութերով և իոնացնող ճառագայթման այլ աղբյուրներով աշխատել թույլատրվում է 18 տարեկանից բարձր անձանց, որոնց առողջական վիճակը նորմալ է:

Ռադիոլոգիական լաբորատորիայի աշխատակազմի համար սահմանված է հատուկ պաշտպանիչ արտահագուստ՝ սպիտակ խալաթ, գլխարկ, դիմակ, ռետինե ձեռնոցներ և կոշիկներ, գոգնոց, որոնք պատված են կապարի շերտով, ինչպես նաև թևոցներ և հակազագ: Աշխատանքի ընթացքում կիրառվում են նաև ֆիզիկական և քիմիական պաշտպանիչ միջոցներ՝ պաշտպանություն ժամանակով, տարածությամբ, նոսրացմամբ և ճառագայթման կլանման-էկրանավորման եղանակով:

ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԹԱՓՈՆՆԵՐԻ ՀԱՎԱՔՈՒՄԸ, ՏԵՂԱՓՈԽՈՒՄԸ ԵՎ ՎԱՐԱԿԱԶԵՐԾՈՒՄԸ

Ռադիոակտիվ թափոնները ռադիոակտիվ նյութեր են, որոնք այլ նպատակներով չեն օգտագործվում, և անհրաժեշտ է դրանք մեկուսացնել աշխատատեղից, ինչպես նաև կենսոլորտից:

Ռադիոակտիվ թափոնները լինում են պինդ և հեղուկ:

Ռադիոլոգիական լաբորատորիաներում աշխատանքը ավարտելուց հետո պինդ ռադիոակտիվ նյութերն սեղանների վրայից հավաքում են խոնավ ջնջոցով: Հատուկ կոնտեյների մեջ հավաքված մնացորդային նյութերը կամ թափոնները, կախված ռադիոակտիվ նյութի ակտիվությունից և կյանքի տևողությունից, պահում են պահեստներում (եթե կարճակյաց ռադիոակտիվ նյութ է՝ մինչև 1 ամիս) կամ ուղարկում թաղման կետեր (եթե երկարակյաց են): Թաղման կետերում կան հատուկ գործարաններ, որտեղ վերամշակում են թափոնները, անջատում ռադիոիզոտոպները, իսկ մնացած թափոններն ամուր փաթեթավորում են, ծավալը փոքրացնում և թաղում:

Քիչ քանակությամբ հեղուկ ռադիոակտիվ թափոնները, եթե դրանց ակտիվությունը չի գերազանցում սահմանային թույլատրելի դոզայի տասնապատիկը, նոսրացնում են ջրով և լցնում սովորական կոյուղին: Իսկ եթե դրանց ակտիվությունը գերազանցում է ՍԹԴ տասնապատիկը, իսկ քանակությունը օրվա ընթացքում հասնում է մինչև 200 լ, ապա կոյուղուն կից կառուցում են ջրամբար, որտեղ հավաքվում է այդ ջուրը: Ամիսը մեկ անգամ հատուկ պատուհանիկից չափում են ռադիոակտի-

վության մակարդակը, ապա սովորական ջրով նոսրացնում են դրա ռադիոակտիվությունը՝ 10 անգամ, հետո միայն լցնում կոյուղին: Եթե հեղուկ թափոնները քիչ են, սակայն ակտիվությունը բարձր է, իսկ կյանքի տևողությունը՝ երկար, դրանք հավաքում են կոնտեյների մեջ և տեղավորում պահեստում:

***ՃԱՌԱԳԱՅԹՍԱՆ ԱՐՔՅՈՒՐՆԵՐԻ ՀԵՏ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ
ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՁԱՆԸ***

Իոնացնող ճառագայթների և ռադիոակտիվ նյութերի հետ աշխատելիս կարևոր նշանակություն ունի աշխատանքի ճիշտ կազմակերպումը, որը պետք է ապահովի աշխատող անձնակազմի և բնակչության ճառագայթային անվտանգությունը:

Այդ նպատակով ղեկավարող փաստաթուղթ է հանդիսանում «Ռադիոակտիվ նյութերով և իոնացնող ճառագայթման այլ աղբյուրներով աշխատելու հիմնական սանիտարական կանոնները» (ՀՍԿ-99): Համաձայն նշված կանոնների՝ բոլոր ռադիոլոգիական լաբորատորիաների, շինությունների, շարժական սարքավորումների, տրանսպորտային միջոցների, կոնտեյներների, գործիքների և մյուս նյութերի վրա, որոնք նախատեսված են իոնացնող ճառագայթների հետ աշխատելու համար, անպայման պետք է լինի «ճառագայթային վտանգի նշանը» (նկ. 47):



Նկ. 47. Ճառագայթային վտանգի նշան:

Ռադիոլոգիական հիմնարկությունները, լաբորատորիաները, մինչև շահագործման հանձնելը, պետք է պարտադիր կերպով ընդունվեն հատուկ իրավասու հանձնաժողովի կողմից, որը կազմում է ձեռնարկության ընդունման ակտը: Ակտի հիման վրա սանիտարական հսկողության օրգանները կազմում են տվյալ հիմնարկության սանիտարական անձնագիրը (մինչև 3 տարի ժամկետով), որը իրավունք է տալիս հիմնարկությանը պահել իոնացնող ճառագայթման աղբյուրները և աշխատել դրանց հետ: Յուրաքանչյուր ռադիոլոգիական հիմնարկություն մշակում է աշխատանքի ներքին կանոնակարգ՝ ապահովելով աշխատող անձնակազմի անվտանգությունը, կազմակերպում է ճառագայթային և բժշկական հսկողություն (տարին 1-2 անգամ անձնակազմը ենթարկվում է բժշկական ստուգման):

Պաշտպանություն արտաքին ճառագայթումից

Օրգանիզմի արտաքին ճառագայթման աղբյուրներն են գամմա - ճառագայթող ռադիոնուկլիդները (ստուգանմուշ, բարձր ակտիվությամբ նմուշ և այլն), ռենտգենյան սարքերը, մասնիկների արագացուցիչները և իոնացնող ճառագայթման այլ աղբյուրներ: Գամմա-ճառագայթներն ավելի մեծ վնաս են հասցնում կենսաբանական օբյեկտներին, քան բետա-ճառագայթները:

Իոնացնող ճառագայթման աղբյուրների հետ անվտանգ աշխատանք ապահովելու համար կիրառվում են պաշտպանության հետևյալ եղանակները.

1. Պաշտպանություն տարածությամբ:
2. Պաշտպանություն ժամանակային գործոնի կիրառմամբ:
3. Պաշտպանություն ճառագայթների կլանմամբ:
4. Պաշտպանություն նոսրացման եղանակով:

Նշված եղանակներն օգտագործվում են ինչպես առանձին, այնպես էլ զուգակցված:

1. Պաշտպանություն տարածությամբ: Այս եղանակի հիմքում ընկած է, այսպես կոչված, «հակադարձ քառակուսիների օրենքը». դոզան հակադարձ համեմատական է ճառագայթման աղբյուրից մինչև ճառագայթվող առարկայի միջև ընկած տարածության քառակուսուն: Այսինքն՝ որքան մեծ է այդ տարածությունը, այնքան փոքր դոզա է ստանում ճառագայթվող առարկան:

Այսպես՝ իմանալով ճառագայթման աղբյուրի ակտիվությունն ու հեռավորությունը աշխատանքային տեղից և աղյուսակների միջոցով

գտնելով հետազոտվող ռադիոնուկլիդին համապատասխանող գամմա-մշտականը՝ կարելի է հաշվել այն դոզան, որն ստանում է աշխատողն իր աշխատատեղում՝ մեկ աշխատանքային օրվա ընթացքում:

Այս եղանակով պաշտպանվելու նպատակով օգտագործում են հեռակառավարվող սարքեր և գործիքներ: Ռադիոլոգիական լաբորատորիաներում աշխատելիս օգտվում են ավելի պարզ մանիպուլատորներից՝ երկարաթև ունեւիներ, մկրատներ, ավտոմատ սրսկիչներ, պիպետներ և այլ տիպի հարմարանքներով:

2. Պաշտպանություն ժամանակային գործոնի կիրառմամբ: Այն օգտագործվում է 3 տարբերակով:

Տարբերակ 1. Ճառագայթման աղբյուրի հետ անմիջական աշխատանքի տևողության կրճատում. իմանալով, թե որ ռադիոակտիվ նյութը պետք է օգտագործվի աշխատանքում, կարելի է նախապես որոշել դրա հետ անվտանգ աշխատելու ժամկետը:

Տարբերակ 2. Աշխատանքային օրվա և աշխատանքային շաբաթվա կրճատում, արձակուրդային ժամկետի երկարացում, աշխատակցի ժամանակավոր տեղափոխում իոնացնող ճառագայթման հետ կապ չունեցող այլ աշխատանքի:

Պաշտպանության այս եղանակներ օրենսգրքով նախատեսված են պրոֆեսիոնալ ռադիոլոգների և ռենտգենոլոգների համար:

Տարբերակ 3. Ռադիոնուկլիդի բնական ճեղքման ընթացքում դրա ակտիվությունը նվազում է և ժամանակի ընթացքում հասնում անվտանգ խտության: Այսինքն՝ ժամանակային գործոնը կարելի է կիրառել կարճակյաց ռադիոակտիվ իզոտոպների հետ աշխատելիս, հատկապես՝ կարճ $T_{1/2}$ -ով նուկլիդների թափոնների վնասագերծման համար:

3. Պաշտպանություն ճառագայթների կլանմամբ: Արտաքին ճառագայթումից պաշտպանության այս գործոնն առավել կիրառելի է լաբորատոր պայմաններում: Ճառագայթման կլանումը կախված է՝ ճառագայթի (ճառագայթման տեսակ, էներգիա, տրոհման սխեմա և այլն) և կլանիչի հատկություններից ու որակից (Մենդելեևի աղյուսակում դրա կարգաթիվը, խտությունը):

Որքան մեծ է կլանիչի խտությունը և բարձր կարգաթիվը, այնքան բարձր է դրա կլանողականությունը: Սակայն պետք է հաշվի առնել, որ ճառագայթման չափազանց բարձր էներգիայի դեպքում հնարավոր է պաշտպանիչ նյութի ատոմի թաղանթի էլեկտրոնների դուրս մղում, ինչը կարող է պաշտպանիչ շերտի մոտ առաջացնել լրացուցիչ ճառագայ-

թում երկրորդային էլեկտրոնների հաշվին:

Ալֆա-, բետա-, գամմա - ճառագայթների հետ աշխատելիս օգտագործում են տարբեր կլանիչներ և պաշտպանական էկրաններ:

Ալֆա-ճառագայթներից պաշտպանող կլանիչ կարող է լինել օպերատորի և ճառագայթող աղբյուրի միջև գտնվող օդի փոքր շերտը:

Բետա-ճառագայթումից պաշտպանող էկրանները պատրաստվում են փոքր ատոմային զանգված ունեցող նյութերից, օրինակ՝ օրգանական ապակուց (պլեկսիգլասից):

Գամմա-ճառագայթումից պաշտպանող էկրանները պատրաստվում են միայն բարձր կարգաթիվ և բարձր խտություն ունեցող տարրերից՝ կապարից, վոլֆրամից, երկաթից (պողպատ, չուգուն): Ռենտգենյան առանձնասենյակների դիտապատուհանի համար օգտագործում են կապարային ապակի, իսկ դռները պատում են կապարի թիթեղով (շերտով): Էկրանները լինում են անշարժ (ջրիոր, առաստաղի ծածկ), շարժական (ֆիլտրեր, հատուկ վարագույրներ, միջնորմ, բեռնարկղեր) և հավաքովի՝ ստանդարտ մեծության բլոկ-աղյուսների ձևով:

Բոլոր պաշտպանական միջոցները պարբերաբար ենթարկվում են ստուգման՝ հայտնաբերված թերությունները ժամանակին վերացնելու համար:

Իոնացնող ճառագայթների ուժեղ կլանիչ է նաև բարիումը, ուստի որպես ծավալում շինարարական կոնստրուկցիաներ (պատեր, բլոկեր, պարիսպներ) օգտագործում են բարիտաբետոն:

4. Պաշտպանություն մոսրացման եղանակով: Պաշտպանության այս գործոնը կիրառելիս հաշվի է առնվում ռադիոակտիվ նյութի քանակությունը, ագրեգատային վիճակը (սորուն և փոշի, հեղուկ, գազ) և ֆիզիկաքիմիական հատկությունները (լուծելիությունը ջրում, թթուներում, հիմքերում), այս կամ այն քիմիական միացությունների մեջ մտնելիս կայուն և ոչ կայուն կապերի ստեղծումը:

Այսպես՝ գազային վիճակում գտնվող ռադիոնուկլիդների դեպքում հաշվի է առնվում դրանց մոսրացումը օդի համապատասխան ծավալում: Ըստ այդմ՝ կատարվում է ռադիոլոգիական լաբորատորիաների և գործող արագացուցիչների գազամղիչ խողովակների բարձրության հաշվարկ՝ նկատի ունենալով, որ դրանցով անցնող գազային վիճակում գտնվող ռադիոնուկլիդները օդային ավազանում մոսրանալուց հետո գետնի մակերևույթին հասնեն անվտանգ խտությամբ:

Չեղուկ ռադիոակտիվ թափոնները մոսրացնում են ջրի մեծ քանակությամբ, իսկ պինդ նյութերը նախապես լուծում են թթուներում, հիմքե-

րում կամ այլ լուծիչներում, այնուհետև ջրով նոսրացնում՝ հասցնելով կոյուղի լցնելու համար թույլատրելի խտության:

Անհատական պաշտպանության միջոցները

Ռադիոակտիվ նյութերի հետ աշխատելիս արտաքին ճառագայթումից պաշտպանվելու նպատակով օգտագործում են անհատական պաշտպանության միջոցներ: Շնչառական, մարսողական, տեսողական օրգանները և մաշկը ռադիոակտիվ նյութերից պաշտպանելու նպատակով օգտագործում են հատուկ արտահագուստ, կրկնակոշիկ, շնչադիմակ, հակազագ, հատուկ ռետինե ձեռնոցներ, թևնոցներ, պաշտպանիչ ակնոցներ, որոնք պատրաստված են հատուկ նյութերից, ունեն կլանման ունակություն, հեշտ են մաքրվում, կայուն են թթուների, հիմքերի և լվացող նյութերի նկատմամբ:

Անհատական պաշտպանության միջոցների ընտրությունը պայմանավորված է ճառագայթային իրադրությամբ, աշխատանքի բնույթով, ծավալով և պայմաններով, օդի և տարածքի աղտոտվածությամբ:

Այսպիսով՝ միջուկային և ճառագայթային անվտանգության նորմերը և կանոնները սահմանում են ատոմային էներգիայի անվտանգ օգտագործման այն չափանիշները, պահանջներն ու պայմանները, որոնց կատարումը պարտադիր է միջուկային էներգիայի կիրառման բնագավառում ցանկացած գործունեություն իրականացնելիս:

Ճառագայթային անվտանգությունը ռադիոակտիվ նյութերով և իոնացնող ճառագայթներով անվտանգ աշխատելու, կենսոլորտի աղտոտումը կանխելու և նախազգուշացնելու, ինչպես նաև օրգանիզմների պաշտպանության նպատակով իրականացվող միջոցառումների համալիր է:

ԱՏՈՒԳՈՂԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

1. Ճառագայթային անվտանգության նպատակը:
2. Իոնացնող ճառագայթներով անվտանգ աշխատելու և պաշտպանվելու նորմերն ու ճառագայթների սահմանային թույլատրելի դոզաները սահմանող փաստաթղթերը:
3. Ռադիոակտիվ թափոնների վնասազերծումը և ապաակտիվացումը:
4. Պաշտպանությունը արտաքին ճառագայթումից:
5. Անհատական պաշտպանության միջոցները:

ՖԲԸՄԻՍ ԿԵՆՏՐՈՆՈՆԻ ԳՐԱԳԻՏՈՒՄԻ ՆԱԽԱԳԻՏՈՒՄԻ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐԱԿԱՆ ԲԱԶՄԱ									
Գրքի համար		Գրքի անուն		Գրքի տեսակ		Գրքի թիվ		Գրքի օր	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1
II	2	2	2	2	2	2	2	2	2
III	3	3	3	3	3	3	3	3	3
IV	4	4	4	4	4	4	4	4	4
V	5	5	5	5	5	5	5	5	5
VI	6	6	6	6	6	6	6	6	6
VII	7	7	7	7	7	7	7	7	7
VIII	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IX	9	9	9	9	9	9	9	9	9
X	10	10	10	10	10	10	10	10	10
XI	11	11	11	11	11	11	11	11	11
XII	12	12	12	12	12	12	12	12	12
XIII	13	13	13	13	13	13	13	13	13
XIV	14	14	14	14	14	14	14	14	14
XV	15	15	15	15	15	15	15	15	15
XVI	16	16	16	16	16	16	16	16	16
XVII	17	17	17	17	17	17	17	17	17
XVIII	18	18	18	18	18	18	18	18	18
XIX	19	19	19	19	19	19	19	19	19
XX	20	20	20	20	20	20	20	20	20
XXI	21	21	21	21	21	21	21	21	21
XXII	22	22	22	22	22	22	22	22	22
XXIII	23	23	23	23	23	23	23	23	23
XXIV	24	24	24	24	24	24	24	24	24
XXV	25	25	25	25	25	25	25	25	25
XXVI	26	26	26	26	26	26	26	26	26
XXVII	27	27	27	27	27	27	27	27	27
XXVIII	28	28	28	28	28	28	28	28	28
XXIX	29	29	29	29	29	29	29	29	29
XXX	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XXXI	31	31	31	31	31	31	31	31	31
XXXII	32	32	32	32	32	32	32	32	32
XXXIII	33	33	33	33	33	33	33	33	33
XXXIV	34	34	34	34	34	34	34	34	34
XXXV	35	35	35	35	35	35	35	35	35
XXXVI	36	36	36	36	36	36	36	36	36
XXXVII	37	37	37	37	37	37	37	37	37
XXXVIII	38	38	38	38	38	38	38	38	38
XXXIX	39	39	39	39	39	39	39	39	39
XXXX	40	40	40	40	40	40	40	40	40
XXXXI	41	41	41	41	41	41	41	41	41
XXXXII	42	42	42	42	42	42	42	42	42
XXXXIII	43	43	43	43	43	43	43	43	43
XXXXIV	44	44	44	44	44	44	44	44	44
XXXXV	45	45	45	45	45	45	45	45	45
XXXXVI	46	46	46	46	46	46	46	46	46
XXXXVII	47	47	47	47	47	47	47	47	47
XXXXVIII	48	48	48	48	48	48	48	48	48
XXXXIX	49	49	49	49	49	49	49	49	49
XXXXX	50	50	50	50	50	50	50	50	50
XXXXXI	51	51	51	51	51	51	51	51	51
XXXXXII	52	52	52	52	52	52	52	52	52
XXXXXIII	53	53	53	53	53	53	53	53	53
XXXXXIV	54	54	54	54	54	54	54	54	54
XXXXXV	55	55	55	55	55	55	55	55	55
XXXXXVI	56	56	56	56	56	56	56	56	56
XXXXXVII	57	57	57	57	57	57	57	57	57
XXXXXVIII	58	58	58	58	58	58	58	58	58
XXXXXIX	59	59	59	59	59	59	59	59	59
XXXXXX	60	60	60	60	60	60	60	60	60
XXXXXXI	61	61	61	61	61	61	61	61	61
XXXXXXII	62	62	62	62	62	62	62	62	62
XXXXXXIII	63	63	63	63	63	63	63	63	63
XXXXXXIV	64	64	64	64	64	64	64	64	64
XXXXXXV	65	65	65	65	65	65	65	65	65
XXXXXXVI	66	66	66	66	66	66	66	66	66
XXXXXXVII	67	67	67	67	67	67	67	67	67
XXXXXXVIII	68	68	68	68	68	68	68	68	68
XXXXXXIX	69	69	69	69	69	69	69	69	69
XXXXXXX	70	70	70	70	70	70	70	70	70
XXXXXXXI	71	71	71	71	71	71	71	71	71
XXXXXXXII	72	72	72	72	72	72	72	72	72
XXXXXXXIII	73	73	73	73	73	73	73	73	73
XXXXXXXIV	74	74	74	74	74	74	74	74	74
XXXXXXXV	75	75	75	75	75	75	75	75	75
XXXXXXXVI	76	76	76	76	76	76	76	76	76
XXXXXXXVII	77	77	77	77	77	77	77	77	77
XXXXXXXVIII	78	78	78	78	78	78	78	78	78
XXXXXXXIX	79	79	79	79	79	79	79	79	79
XXXXXX	80	80	80	80	80	80	80	80	80
XXXXXXI	81	81	81	81	81	81	81	81	81
XXXXXXII	82	82	82	82	82	82	82	82	82
XXXXXXIII	83	83	83	83	83	83	83	83	83
XXXXXXIV	84	84	84	84	84	84	84	84	84
XXXXXXV	85	85	85	85	85	85	85	85	85
XXXXXXVI	86	86	86	86	86	86	86	86	86
XXXXXXVII	87	87	87	87	87	87	87	87	87
XXXXXXVIII	88	88	88	88	88	88	88	88	88
XXXXXXIX	89	89	89	89	89	89	89	89	89
XXXXXXX	90	90	90	90	90	90	90	90	90
XXXXXXXI	91	91	91	91	91	91	91	91	91
XXXXXXXII	92	92	92	92	92	92	92	92	92
XXXXXXXIII	93	93	93	93	93	93	93	93	93
XXXXXXXIV	94	94	94	94	94	94	94	94	94
XXXXXXXV	95	95	95	95	95	95	95	95	95
XXXXXXXVI	96	96	96	96	96	96	96	96	96
XXXXXXXVII	97	97	97	97	97	97	97	97	97
XXXXXXXVIII	98	98	98	98	98	98	98	98	98
XXXXXXXIX	99	99	99	99	99	99	99	99	99
XXXXXXX	100	100	100	100	100	100	100	100	100
XXXXXXXI	101	101	101	101	101	101	101	101	101
XXXXXXXII	102	102	102	102	102	102	102	102	102
XXXXXXXIII	103	103	103	103	103	103	103	103	103
XXXXXXXIV	104	104	104	104	104	104	104	104	104
XXXXXXXV	105	105	105	105	105	105	105	105	105
XXXXXXXVI	106	106	106	106	106	106	106	106	106
XXXXXXXVII	107	107	107	107	107	107	107	107	107
XXXXXXXVIII	108	108	108	108	108	108	108	108	108
XXXXXXXIX	109	109	109	109	109	109	109	109	109
XXXXXXX	110	110	110	110	110	110	110	110	110
XXXXXXXI	111	111	111	111	111	111	111	111	111
XXXXXXXII	112	112	112	112	112	112	112	112	112
XXXXXXXIII	113	113	113	113	113	113	113	113	113
XXXXXXXIV	114	114	114	114	114	114	114	114	114
XXXXXXXV	115	115	115	115	115	115	115	115	115
XXXXXXXVI	116	116	116	116	116	116	116	116	116
XXXXXXXVII	117	117	117	117	117	117	117	117	117
XXXXXXXVIII	118	118	118	118	118	118	118	118	118
XXXXXXXIX	119	119	119	119	119	119	119	119	119
XXXXXXX	120	120	120	120	120	120	120	120	120
XXXXXXXI	121	121	121	121	121	121	121	121	121
XXXXXXXII	122	122	122	122	122	122	122	122	122
XXXXXXXIII	123	123	123	123	123	123	123	123	123
XXXXXXXIV	124	124	124	124	124	124	124	124	124
XXXXXXXV	125	125	125	125	125	125	125	125	125
XXXXXXXVI	126	126	126	126	126	126	126	126	126
XXXXXXXVII	127	127	127	127	127	127	127	127	127
XXXXXXXVIII	128	128	128	128	128	128	128	128	128
XXXXXXXIX	129	129	129	129	129	129	129	129	129
XXXXXXX	130	130	130	130	130	130	130	130	130
XXXXXXXI	131	131	131	131	131	131	131	131	131
XXXXXXXII	132	132	132	132	132	132	132	132	132
XXXXXXXIII	133	133	133	133	133	133	133	133	133
XXXXXXXIV	134	134	134	134	134	134	134	134	134
XXXXXXXV	135	135	135	135	135	135	135	135	135
XXXXXXXVI	136	136	136	136	136	136	136	136	136
XXXXXXXVII	137	137	137	137	137	137	137	137	137
XXXXXXXVIII	138	138	138	138	138	138	138	138	138
XXXXXXXIX	139	139	139	139	139	139	139	139	139
XXXXXXX	140	140	140	140	140	140	140	140	140
XXXXXXXI	141	141	141	141	141	141	141	141	141
XXXXXXXII	142	142	142	142	142	142	142	142	142
XXXXXXXIII	143	143	143	143	143	143	143	143	143
XXXXXXXIV	144	144	144	144	144	144	144	144	144
XXXXXXXV	145	145	145	145	145	145	145	145	145
XXXXXXXVI	146	146	146	146	146	146	146	146	146
XXXXXXXVII	147	147	147	147	147	147	147	147	147
XXXXXXXVIII	148	148	148	148	148	148	148	148	148
XXXXXXXIX	149	149	149	149	149	149	149	149	149
XXXXXXX	150	150	150	150	150	150	150	150	150
XXXXXXXI	151	151	151	151	151	151	151	151	151
XXXXXXXII	152	152	152	152	152	152	152	152	152
XXXXXXXIII	153	153	153	153	153	153	153	153	153
XXXXXXXIV	154	154	154	154	154	154	154	154	154
XXXXXXXV	155	155	155	155	155	155	155	155	155
XXXXXXXVI	156	156	156	156	156	156	156	156	156
XXXXXXXVII	157	157	157	157	157	157	157	157	157
XXXXXXXVIII	158	158	158						

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Գրիգորյան Հ.Թ. ճառագայթային բուժման հիմունքները. – Եր., 1970. – 478 էջ:
2. Թադևոսյան Լ.Գ. Մեթոդական ցուցումներ. Ռադիոնուկլիդների և իոնացնող ճառագայթների օգտագործումը անասնաբուժության և անասնաբուժության բնագավառում. – Եր., 1997. – 18 էջ:
3. Թադևոսյան Լ.Գ., Ռշտունի Ն.Դ. Մեթոդական ցուցումներ. իոնացնող ճառագայթների դոզաչափում: Անասնաբուժական ռադիոլոգիական լաբորատորիա. – Եր., 1999. – 18 էջ:
4. Մինասյան Ս.Ս., Սարգսյան Ն.Վ. Ռադիոկենսաբանություն: Ուսումնական ձեռնարկ. – Եր., 2005. – 196 էջ:
5. Մուրադյան Օ.Ս., Գրիգորյան Մ.Ս. Մեթոդական ցուցումներ անասնաբուժական ռադիոլոգիայի գործնական պարապմունքների համար. – Եր., 1989. – 15 էջ:
6. Տերտերյան Ե.Ե. Ռադիոկենսաբանություն: Ուսումնական ձեռնարկ. – Եր., 2000. – 144 էջ:
7. Վարդանյանց Ա.Ս., Գրիգորյան Ա.Գ. Մեթոդական ցուցումներ «Անասնաբուժական ռադիոկենսաբանություն» առարկայից լաբորատոր պարապմունքների համար. – Եր., 1996. – 15 էջ:
8. Վարդանյանց Ա.Ս., Գևորգյան Ս.Վ., Կարապետյան Տ.Գ. Մեթոդական ցուցումներ «Անասնաբուժական ռադիոկենսաբանություն» առարկայից լաբորատոր պարապմունքների համար. – Եր., 1997. – 14 էջ:
9. Белов А.Д., Киршин В.А., Лысенко Н.П. и др. Радиобиология. – М.: Колос, 1999. – 384 с.
10. Белов А.Д., Киршин В.А. Ветеринарная радиобиология: Учебник. – М.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.
11. Белов А.Д., Косенко А.С. и др. Практикум по ветеринарной радиобиологии. – М. ВО.: Агроиздат, 1988. – 240 с.
12. Белов А.Д., Косенко А.С., Пак В.В. Радиационная экспертиза объектов ветеринарного надзора. – М.: Колос, 1995. – 120 с.
13. Григорян М.С., Татевосян Л.Г. Молибден и животный организм. – Ер.: Асогик, 2002. – 242с.
14. Зедгенидзе Г.А., Линденбратен Л.Д. Краткий курс рентгенологии и радиологии: Учебник. – М., 1963. – 304 с.
15. Лаптева – Попова М.С. и др. Клетки крови при лучевой болезни.

- Атлас. – М., 1959. – 81 с.
16. Рентгенологическое исследование лабораторных животных. – Под ред. Г.А. Зедгенидзе. – М.: Медицина, 1970. – 312 с.
 17. Сельскохозяйственная радиоэкология. Агроэкология: Учебник. – М.: Колос, 2000. – С. 300 – 322.
 18. Семинар по радиационной безопасности (с международным участием): Материалы. – Ер., 2003. – Т.1,2. – С.1-10.
 19. Татевосян Л.Г. Геохимическая среда обитания, механизмы адаптации животных и эндемические болезни // Известия АрмСХА. – 2005. – №1.– С. 42-46.
 20. Фриц – Ниггли. Радиобиология, ее основы и достижения. – М., 1961. – 368 с.
 21. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 2004. – 320 с.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԱԽԱԲԱՆ	3
ՀԵՂԻՆԱԿԻ ԿՈՂՄԻՑ	5
ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐ	8
ԳԼՈՒԽ 1. ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ	9
ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԱՌԱՐԿԱՆ, ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ ՋԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԵ- ՈԱՆԿԱՐՆԵՐԸ	9
ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՋԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱՌՈՑ ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆԸ	12
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՂԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ԵՎ ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՒՄԸ.....	21
ԳԼՈՒԽ 2. ՈԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ	24
ՆՅՈՒԹԻ ԿԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆԸ. ԱՏՈՄԻ ԿԱՌՈՒՑԱԾՔԸ	24
ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹ	24
ԻՈՆԱՑՈՒՄ, ԳՐԳՈՒՄ, ՃԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄ	26
ԱՏՈՄԻ ՄԻՋՈՒԿԸ	28
ՀԱՍԿԱՑՈՂՈՒԹՅՈՒՆ ԻՋՈՏՈՊՆԵՐԻ, ԻՋՈՐԱՐՆԵՐԻ, ԻՋՈՏՈՆՆԵՐԻ, ԻՋՈ- ՄԵՐՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ	29
ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՈՒԺԵՐ, ՋԱՆԳԱԾԻ ԴԵՖԵԿՏ	30
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՐԵԿՈՒՅԹԸ	32
ԲՆԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԸՆՏԱՆԻՔՆԵՐ	33
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ	35
ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՓՈԽԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՏԻՊԵՐԸ	37
ԱՐՀԵՍՏԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ	40
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՏՐՈՂՅԱՆ ՕՐԵՆՔԸ	43
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՏԱՐԻՒ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԻԱԿՈՐՆԵՐԸ	45
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅՈՒԹԻ ՀԵՏ	47
ԳԼՈՒԽ 3. ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԴՈՋԱԶԱԾՈՒՄ ԵՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱ- ԶԱԾՈՒՄ	54
ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԴՈՋԱՆ ԵՎ ՀՋՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ	55
ԴՈՋԱՆԵՐԻ ՀԱԾԱՐԿՄԱՆ ՍԿԶԲՈՒՆՔԸ ՆԵՐՔԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԺԱՄԱ- ՆԱԿ	60
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ԵՎ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ՍԱՐ- ՔԵՐՆ ՈՒ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ	62
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԶԱԾՄԱՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐԸ	68
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԶԱԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ	73
ՄՊԵԿՏՐԱԶԱԾԵՐ	74
ԳԼՈՒԽ 4. ՈԱԴԻՈՒԿՈԼՈԳԻԱՅԻ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ	76
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԵՎ ԱՐՏԱՔԻՆ ՄԻՋԱԿԱՅԻՐԻ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԱՐՏՈՏՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԸ	84
ԿԵՆՍՈԼՈՐՏՈՒՄ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՏԵՂԱԾՈՒՄԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ	

Օրինաշարաթուղթները	92
Ուղղիղնոսկիւղներ ՍՈՒՏՔԸ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԿԱԹԻ ԵՎ ԱԾԱՆ ՀԱՎԵՐԻ ՀՎԻ ՄԵՋ	95
ԳԼՈՒԽ 5. Ուղղիղնոսկիւ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԹՈՒՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	99
Ուղղիղնոսկիւղներ ԹՈՒՆԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՈՂ ԳՈՐԾՈՆ- ՆԵՐԸ	100
Ուղղիղնոսկիւղներ ԲԱՇԽՈՒՄՆ ԵՎ ՍՈՒՏՔԸ ԹՈՒՆԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ	103
Ուղղիղնոսկիւղներ ՕՐԳԱՆԻԶՄ ՍՈՒՏՔ ԳՈՐԾԵԼՈՒ ՈՒՂԻՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԲԱՇԽՈՒՄՆ ՏԻՂԵՐԸ	104
Ուղղիղնոսկիւղներ ԲԱՇԽՈՒՄՆ ՕՐԳԱՆԻԶՄՈՒՄ	105
Ուղղիղնոսկիւղներ ԲԱՇԽՈՒՄՆ ՕՐԳԱՆԻԶՄՈՒՄ ԵՎ ՀՅՈՒՄԱՎԱԾՔՆԵ- ՐՈՒՄ, ԴՐԱՆՑ ԱՐՏԱԶԱՏՈՒՄԸ	107
Ուղղիղնոսկիւղներ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԱՍՏԻՃԱՆԸ ՊԱՅ- ՄԱՆԱՎՈՐՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԸ	109
Ուղղիղնոսկիւղներ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ՀՅՈՒՄԱՎԱԾՔՆԵ- ՐՈՒՄ, ԴՐԱՆՑ ԱՐՏԱԶԱՏՈՒՄԸ	110
Ուղղիղնոսկիւղներ ԱՆՅՈՒՄԸ ՍՈՒՏՔ ՊՏՂԻՆ	113
Ուղղիղնոսկիւղներ ՄԵՏԱԲՈՒԼԻԶՄԸ ԵՎ ԹՈՒՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	114
ԳԼՈՒԽ 6. ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒ- ԹՅՈՒՆԸ	126
ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՈՒՂԻՄԻՒՄ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	128
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՆՈՒՂԻՄԻՒՄ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ- ՆԵՐԸ	129
ՃԱՌԱԳԱՅԹՅԱՆ ՄԻՋՆՈՐԴԱՎՈՐՎԱԾ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆ	137
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲԶՋԻ ՎՐԱ	140
ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱԶՈՒՄՆՈՒՄ	142
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՅԱՐԴԱՅԻՆ ՀԱՄԱ- ԿԱՐԳԻ ՎՐԱ	145
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆԵՐՁԱՏԱԿԱՆ ԳԵՂՁԵՐԻ ՎՐԱ	147
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍԱՂՄԻ, ՊՏՂԻ ԵՎ ՀՂԻՈՒԹՅԱՆ ԸՆԹԱՑՔԻ ՎՐԱ	150
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆ ԸՆԹԱՑԱՆ ԵՎ ԱՐՅՈՒՄԱՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ	153
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԵՆՂԱՆԻՆԵՐԻ ԻՍՈՒՆԱ- ԲԱՆԱԿԱՆ ՌԵԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ	163
ՆՅՈՒԹԱԲՈՒՆԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԽԱՆԳԱՐՈՒՄՆԵՐԸ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱԶԱՐՎԱԾ ՕՐԳԱՆԻԶՄՈՒՄ	166
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԱՐՍՈՂԱԿԱՆ ՕՐԳԱՆ- ՆԵՐԻ ՎՐԱ	169
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄՐՏԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱ- ԿԱՐԳԻ ՎՐԱ	170
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԸՆԶԱՌԱԿԱՆ ՕՐ- ԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ	171
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆ ԱՐՏԱԹՈՐՈՒԹՅԱՆ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ	171

ԻՌՆԱՑՆՈՂ ԾԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԳԱՅԱՐԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ	172
ԻՌՆԱՑՆՈՂ ԾԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԱՇԿԻ ԵՎ ՇԱ- ՐԱԿՑԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՎՐԱ.....	173
ԻՌՆԱՑՆՈՂ ԾԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈՍԿՐԵՐԻ, ԱՃԱՌՆԵՐԻ ԵՎ ՄԿԱՆՆԵՐԻ ՎՐԱ	175
ԲՆԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԻՌՆԱՑՆՈՂ ԾԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՓՈՔՐ ԴՈՋԱՆԵՐԻ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐՈՒՄ	176

ԳԼՈՒԽ 7. ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱԽՏԱՀԱՐՈՒՄՆԵՐԸ.....	180
ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ	180
ՍՈՒՐ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ.....	180
ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԱԽՏԱԲԱՆԱԿԱՆԱՏՈՒՄԱԿԱՆ ՊԱՏ- ԿԵՐԸ	192
ՔՐՈՆԻԿ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ.....	193
ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍԱԿԱՅԻՆ ԱՌԱՆՋԱՂԱՅԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	197
ՁԻՐԵՐԻ ԵՎ ԱԿԱՆԱԿՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ.....	197
ԽՈՇՈՐ ԵՂՋԵՐԱԿՈՐ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒ- ԹՅՈՒՆ.....	199
ՈՂԽԱՐՆԵՐԻ ԵՎ ԱՅԾԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ	200
ԽՈՋԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ.....	201
ԸՆՏԱՆԻ ԹՈՂՈՒՆՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆ.....	202
ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԱԽՏՈՐՈՇՈՒՄԸ	203
ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼՈՒՄԸ ԵՎ ԲՈՒԺՈՒՄԸ	204
ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ՄԱՇԿԱԾԱԾԿՈՒՅԹԻ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՅՐԱԾՔՆԵՐ	205
ՀԱՄԱԿՑԱԾ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱԽՏԱՀԱՐՈՒՄՆԵՐ	213
ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՀԱՐԱՄԱՆ ՀԵՌԱԿՈՐ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԸ	216

ԳԼՈՒԽ 8. ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺՈՒԹՅԱՆ ԿԱԶՄԱ- ԿԵՐՊՈՒՄԸ ՄԻՋԱԿԱՅՐԻ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅ- ՄԱՆՆԵՐՈՒՄ	219
ԲՈՒՄԱԲՈՒԾԱԿԱՆ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԾԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՄԵՋ ՈԱԴԻՈ- ՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՍՈՒՏՔԻ ԿԱՆԽԱՏԵՍՈՒՄԸ	220
ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՍՈՒՏՔԸ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ՕՐ- ԳԱՆԻՋՄ ԵՎ ԴՐԱ ՆՈՐՄԱԿՈՐՈՒՄԸ	224
ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԿԵՐԱԿՐՄԱՆ ԵՎ ՊԱՀՎԱԾՔԻ ՈԵԺՈՒՄԸ ՄԻՋԱԿԱՅՐԻ ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ	226
ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ՄԻՋՈՑԱՌՈՒՄՆԵՐԻ ԱՆՑԿԱՑՄԱՆ ԱՌԱՆՋԱՂԱՅԿՈՒ- ԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾ ԳՈՏԻՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԾԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ	229

ԳԼՈՒԽ 9. ԻՌՆԱՑՆՈՂ ԾԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՕՐԳԱՆԻՋՄԻ ԺԱՌԱՆԱԳԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ.....	233
ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԳԵՆԵՏԻԿԱՅԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ	233
ԺԱՌԱՆԱԳԱԿԱՆ ՓՈԹՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄ ԸՍՏ ԾԱԳՄԱՆ ՄԵ-	

ԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ	236
ԳԼՈՒԽ 10. ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ԵՎ ՆԻՇԱԿԻՐ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ, ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ԵՎ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ	243
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՈՐՊԵՄ ԻՆԴԻԿԱՏՈՐՆԵՐ	244
ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ ՆԵՐՄՈՒԾՈՒՄԸ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ՕՐԳԱՆԻԶՄ	250
ՈԱԴԻՈԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ԵՎ ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԽՏՈՐՈՇՄԱՆ ԵՎ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ԲՈՒԺՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ	261
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՄԵԶ	264
ԳԼՈՒԽ 11. ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ՀՍԿՈՂՈՒԹՅԱՆ ՕՐՅԵԿՏՆԵՐԻ ՈԱԴԻՈԶԱԺԱԿԱՆ ԵՎ ՈԱԴԻՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՓՈՐՁԱՔԸՆՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	271
ԳԼՈՒԽ 12. ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ ԵՎ ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՀԵՏ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ	281
ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ	281
ԻՈՆԱՑՆՈՂ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԸ ԵՎ ՕՐՅԵԿՏՆԵՐԸ	286
ԱՆԱՍՆԱԲՈՒԺԱԿԱՆ ՈԱԴԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԼԱԲՈՐԱՏՈՐԻԱ	288
ՈԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ԹԱԺՈՆՆԵՐԻ ՀԱՎԱՔՈՒՄԸ, ՏԵՂԱԺՈՒՆՈՒՄԸ ԵՎ ՎԱՐԱԿԱԶԵՐԾՈՒՄԸ	290
ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՀԵՏ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԶԵՎԵՐԸ	291
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ	297

Թադևոսյան Լաուրա Գավրիլի
ՌԱԴԻՈԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐ

Դասագիրք

Երևան – 2010

Татевосян Лаура Гавриловна
ОСНОВЫ РАДИОБИОЛОГИИ

Учебник

Ереван - 2010

**ՆԿԻՐՎՈՒՄ Է ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԱԳՐԱՐԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ 80-ԱՄՅԱԿԻՆ**

Ստորագրված է տպագրության 28.06.10թ..
Թղթի չափերը 60x84 ¹/₁₆, 19,0 տպ. մամուլ, 15,2 հրատ. մամուլ
Պատվեր 217: Տպաքանակ 250:

ՀՊԱՀ-ի տպարան, Տերյան 74