



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Экология және инженериядағы
менеджмент кафедрасы

**БИОЛОГИЯЛЫҚ, ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ РАДИАЦИЯЛЫҚ
ҚАУІПСІЗДІК**

6В11201 – Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау оқу бағдарламасының студенттеріне практикалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық

Алматы 2025г

Құрастырушы: Т.И.Бейсекова, М.Ж.Шанбаев. Биологиялық, химиялық және радиациялық қауіпсіздік. 6В11201 – Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау оқу бағдарламасының барлық студенттері үшін практикалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар. – Алматы: АЭЖБУ, 2025. – 45 б.

Бұл әдістемелік нұсқау «Биологиялық, химиялық және радиациялық қауіпсіздік» және «Тіршілік қауіпсіздігі» курстары бойынша практикалық сабақтарға арналған. Есептеулер теориялық материалды қамтиды, есептеу әдістері егжей-тегжейлі сипатталған, бұл студентке ұсынылған тақырыпты, есептеудің ерекшеліктерін өз бетінше түсінуге және қажетті формулаларды таңдауға көмектеседі. Есептеулерді жеңілдету үшін анықтамалық кестелер, номограммалар және ұсынылатын әдебиеттер берілген.

Әдістемелік нұсқаулар 6В11201 – Өмір қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау ОБ бойынша оқитын барлық студенттеріне арналған. безендірулер саны 4, кестелер саны 26, әдебиеттер тізімі 7, қосымша саны 4.

Пікір беруші:

С.Қ.Абильдинова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2025 жылға арналған баспа жоспарына сәйкес жарияланды.

МАЗМҰНЫ

1	№1 Практикалық жұмыс. Аймақтағы радиациялық жағдайды есептеу және бағалау.....	4
2	№2 Практикалық жұмыс. Рентгендік қорғаныс қалқанының есебі.....	24
3	№3 Практикалық жұмыс. Иондаушы сәулелердің зат арқылы өтуі және олардан қорғану.....	27
4	№4 Практикалық жұмыс. Дозиметриялық шамалар және олардың өлшем бірліктері.....	35
5	Әдебиеттер тізімі.....	42

№ 1 Практикалық жұмыс

Аймақтағы радиациялық жағдайды есептеу және бағалау

Жұмыстың мақсаты: Радиациялық қауіпсіздік бойынша теориялық білімдерін пайдалана отырып, ластанған аумақтағы радиациялық жағдайды есептеу және бағалау әдістемесімен танысу.

Негізгі теориялық принциптер. Радиоактивтілік деп кейбір атом ядроларының әртүрлі радиоактивті сәулеленудің және элементар бөлшектердің сәулеленуінен өздігінен басқа ядроларға айналу қабілеті түсініледі.

Иондаушы сәулелену атмосферада табиғи жағдайда топырақта радиоактивті заттар болған кезде болады, сондай-ақ ядролық жарылыстар немесе радиоизотопты аспаптар мен аппараттарды (рентген аппараттары, гамма-дефектоскоптар) пайдалану кезінде пайда болады.

Иондаушы сәулеленудің мынадай түрлерге бөлінеді: электромагниттік сәулелену (рентген сәулелері, гамма сәулелері) және корпускулярлық сәулелену (альфа бөлшектері, бета бөлшектері, протондық және нейтрондық ағындар). Радиоактивті сәулелену адам ағзасына әсер еткенде жасушаішілік заттардың молекулалары мен атомдарының иондануын, судың сутегі мен гидроксил тобына ыдырауын тудырады. Ағзаның жасушаларында химиялық құрылым мен молекулалық байланыстардың бұзылуы жасушалардың қызметінде өзгерістер тудырады. Табиғи радиоактивті фоннан асатын сәулеленудің елеулі дозасының жүйелі сәулеленуі кезінде сәуле ауруы және өлім болуы мүмкін (1 Сурет).

Адам ағзасына ең күшті физиологиялық әсер нейтрондық, альфа және бета сәулеленуімен жүзеге асады. Гамма-сәулелердің ең үлкен ену қабілеті бар. Радиоактивті сәулеленудің организмге әсері тәуелді болатын негізгі факторлар: сәулелену түрі, сәулелену энергиясы, сәулелену ұзақтығы. Сәулеленудің әсері дененің қай бөлігінің сәулеленуіне байланысты.

Терминдер мен радиоактивтіліктің өлшем бірліктерінің сипаттамалары 1, 2 - кестелерде келтірілген

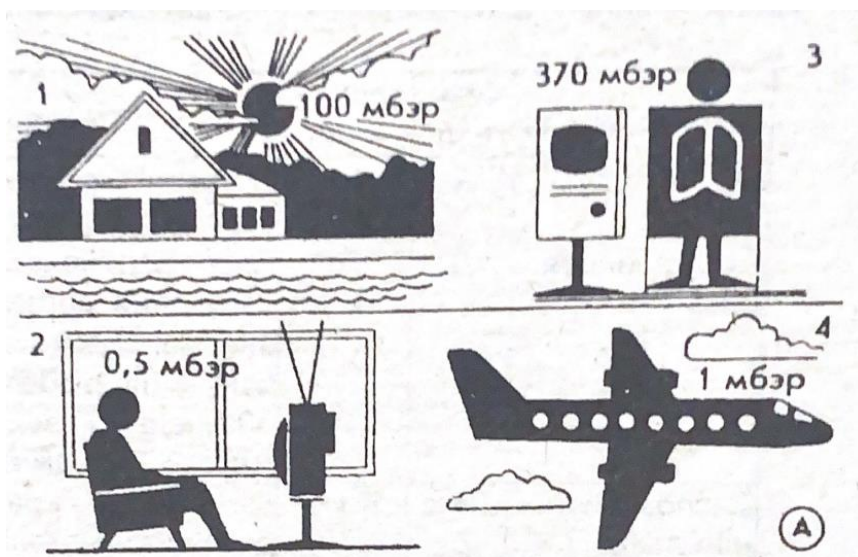
Радиоактивті сәулеленудің рұқсат етілген дозалары НРБ-76/87 радиациялық қауіпсіздік стандарттарымен реттеледі. Бұл құжат зардап шеккен адамдардың санаттарын және ауыр органдардың топтарын белгілейді:

А санаты – радиоактивті сәулелену көздермен тікелей жұмыс істейтін адамдар (персонал);

В санаты – радиоактивті сәулелену көздерімен жұмыс істейтін үй-жайларға іргелес аумақта және үй-жайларда жұмыс істейтін адамдар (халықтың органикалық бөлігі).

В санаты – ел тұрғындары.

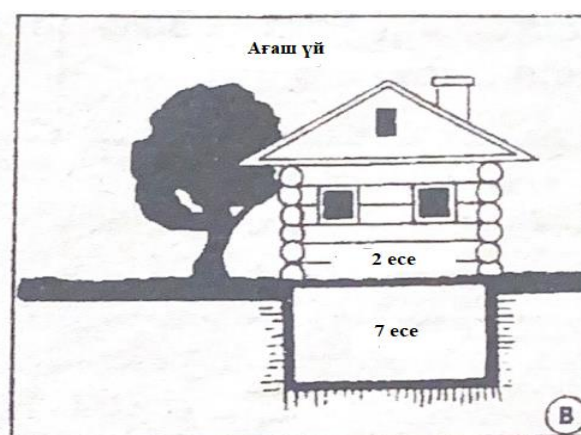
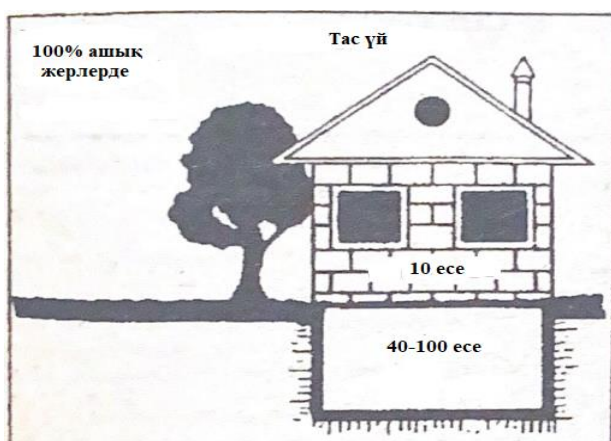
Радиациядан қорғау кезінде 4 факторды ескеру қажет: жарылыс болғаннан кейін өткен уақыт, әсер ету ұзақтығы, сәулелену көзіне дейінгі қашықтық, радиация әсерінен қорғану.



Адамның 1 жылда қабылдау мөлшері, Бк

- 450 бэр – Сәулелік аурудың ауыр дәрежесі (әсер еткендердің 50%-ы өледі)
- 100 бэр – Жеңіл сәулелік аурудың төмен деңгейі
- 75 бэр – Қан құрамындағы қысқа мерзімді шамалы өзгерістер
- 30 бэр – Асқазанның флюорографиясы кезіндегі сәулелену (жергілікті)
- 25 бэр - Адамға рұқсат етілген төтенше әсер етуі (бір реттік)
- 10 бэр – Халықтың рұқсат етілген төтенше жағдайларға ұшырауы (бір реттік)
- 5 бэр – Жылына қалыпты жағдайда адамға рұқсат етілген әсер етуі
- 3 бэр – Тіс рентгенографиясы кезіндегі сәулелену
- 500 мбэр (0,06 мбэр/сағ) – Жылына қалыпты жағдайда халықтың рұқсат етілген экспозициясы
- 100 мбэр (0,011 мбэр /сағ) – Жылына фондық экспозициясы
- 1 мкбэр – Теледидардан бір хоккей ойынын көру кезінде

Б



А – адамның жылына жұтатын сәулелену мөлшері: 1 – табиғи жағдайда. 2 – теледидар экранының алдында. 3 – рентген кабинетінде. 4 – әуе кеңістігінде (ұшақ кабинасында). Б – адамға әсер ету дәрежесінің шкаласы; В – үй түріне байланысты радиация деңгейінің төмендеуі.

Сурет 1 – Радиациялық қауіпсіздік

Кесте 1 - СИ жүйесіндегі терминдердің атауы, белгіленуі және анықтамасы

Атауы	Символы	Белгіленуі	Анықтамасы
Активті	А	Бк	Беккерель – секундына бір ыдырауға тең (ыдыр/с)
Сіңірілген дозасы	Д	Гр	Грей – салмағы 1 кг (Дж/кг) сәулеленген затқа (биологиялық объектіге) тасымалданатын кез келген түрдегі иондаушы сәулеленудің 1 Дж энергиясына сәйкес жұтылатын сәулелену дозасының мәні.
Экспозициялық дозасы	$D_{экс}$	кл/кг	Бір килограмм кулон - салмағы 1 кг құрғақ атмосфералық ауада корпускулярлық сәулелену бір кулонға тең әрбір белгінің заряды бар иондарды түзетін фотонды сәулеленудің экспозициялық дозасы
Эквивалентті дозасы	$D_{эkv}$	Зв	Зиверт - бір килограмм биологиялық ұлпа жұтқан сәулеленудің кез келген түрінің баламалы дозасы, ол бір Грейге тең жұтылған доза сияқты биологиялық әсерді жасайды.
Сіңірілген дозаның қуаты	Р	Гр/с	Грей секундына, секундына бір килограмм биологиялық объект массасының бір джоульге теңдігі
Экспозициялық дозасы қуаты	$R_{экс}$	Кл/кг*с	Кулон секундына биологиялық объектінің массасының килограммына
Эквивалентті дозасы қуаты	$R_{эkv}$	Зв/с	Зиверт секундына

Уақыт. Радиоактивті құлдыраудың радиациялық деңгейі жарылыстан кейін өткен уақытқа қатты байланысты. Бұл жартылай ыдырау кезеңіне байланысты, яғни алғашқы сағаттар мен тәуліктерде радиоактивті ағынның негізгі бөлігін құрайтын қысқа мерзімді изотоптардың ыдырауына байланысты радиация деңгейі айтарлықтай төмендейді.

Әрі қарай, жартылай ыдырау кезеңі ұзақ бөлшектерге байланысты сәулелену деңгейі өте баяу төмендейді. Бұл ереже бір ғана ядролық жарылыс жағдайында радиоактивті сәулелену деңгейін төмендетуге қажетті уақытты тек қана шамамен бағалауға мүмкіндік береді.

Кесте 2 - Жүйелік емес өлшем бірліктерін белгілеу, анықтау және олардың арасындағы байланыстар

Белгіленуі	Анықтамасы	Қатынасы
Ки	Кюри - секундына $3,7 * 10^{10}$ ыдырауға тең мән	$1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с} = 2,7 * 10^{-11} \text{ Ки}$ $1 \text{ Ки} = 3,7 * 10^{10} \text{ расп/с} = 3,7 * 10^{10} \text{ Бк}$
Рад	Рад (радиоактивті доза) бір грамм заттың 100 эрг-ке тең жұтылған энергияға сәйкес келеді	$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$ $1 \text{ рад} = 1 * 10^{-2} \text{ Дж/кг}$
Р	Рентген - фотондық сәулеленудің дозасы, онда корпускулалық сәулелену әр зарядтың 1СГСЕ электр мөлшерін тасымалдайтын текше миллиметр ауада пайда болады.	$1 \text{ Кл/кг} = 3,88 * 10^3 \text{ Р}$ $1 2,58 * 10^4 \text{ Кл/кг}$
Бэр	Бэр (рентген сәулесінің биологиялық эквиваленті) – бір грамм биологиялық ұлпа жұтқан сәулеленудің кез келген түрінің энергиясы, бұл кезде фотонды сәулеленудің бір радының жұтылған дозасына тең шамада биологиялық әсер байқалады	$1 \text{ Зв} = 1 \text{ гр/К} = 1 \text{ Дж/кг} * \text{К} = 100 \text{ рад/К}$ $1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад/К} = 1 * 10^{-2} \text{ Дж/кг} * \text{К} = 1 * 10^{-2} \text{ Зв}$
Рад/с	Рад секундына	$1 \text{ Гр/с} = 1 \text{ Дж/кг} * \text{с} = 1 * 10^2 \text{ рад/с}$ $1 \text{ рад/с} = 1 * 10^{-2} \text{ Дж/кг} * \text{с}$
Р/с	Рентген секундына	$1 \text{ Кл/кг} * \text{с} = 3,88 * 10^{-3} \text{ Р/с}$ $1 \text{ Р/с} = 2,58 * 10^{-4} \text{ Кл/кг} * \text{с}$
Бэр/с	Бэр секундына	$1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ Бэр/с}$ $1 \text{ Бэр/с} = 1 * 10^{-2} \text{ Зв/с}$

Радиация көзіне дейінгі қашықтық. Қашықтық екі есе ұлғайған сайын радиация деңгейі төрт есе төмендейді.

Қорғау. Радиация деңгейі сіз бен радиация арасындағы қалқан қызметін атқаратын ауыр материалдармен әлсірейді. (Осылайша радиацияның 99%-ын бөгейді: 40 см кірпіш, 60 см тығыз топырақ, 90 см борпылдақ топырақ, 13 см болат, 8 см қорғасын, 100 см су).

Радиоактивті ластану аймағында болу өзіңізді қорғаудың қарапайым әдістері мен құралдарын қолдануды мыналар қамтиды:

- А) Бас киім (капюшон), респиратор және дәке таңғышын қолданыңыз;
- Б) Жууға оңай ашық түсті маталардан тігілген киімдерді киіңіз;
- В) Аяқ киімді бөлменің табалдырығынан тыс қалдырыңыз;
- Г) Үйге оралған соң дереу душқа түсіп, киімдеріңізді жуыңыз;

Д) Мұрын жұтқыншағын йодтың бірнеше тамшысын қосып әлсіз тұзды ерітіндімен шайыңыз;

Е) Белмені тек дымқыл тазалау арқылы тазалаңыз, сыпырғышты немесе шаңсорғышты пайдаланбаңыз, желдеткіштерді, кондиционерлерді және жылытқыштарды қоспаңыз;

Ж) Мүмкіндігінше тазартылған суды ішіңіз.

Келесі әдістер мен құралдар қолданылады:

А) адам жұмыс істейтін радиоизотоптың белсенділігінің (санының) төмендеуі;

Б) сәулелену көзінен қашықтықты арттыру;

В) экрандар мен биологиялық қалқандарды қолдану арқылы радиацияны скринингтеу;

Г) жеке қорғаныс құралдарын пайдалану.

Нүктелік изотропты көз үшін (нүктелік көз - өлшемдері оның әрекеті қарастырылатын қашықтықтан айтарлықтай кішірек көз; изотропты көз - біркелкі таралған белсенділікпен бір радионуклидті құрамның көзі), жұтылатын доза жылдамдығы $(dD) \cdot / dt$ формуласымен анықталады.

– $\Gamma \delta$ - керма тұрақтысы, $Gr \cdot m^2 / (s \cdot Bk)$ - әрбір радионуклид үшін тұрақты шама, оның мәнін радиациялық қауіпсіздік бойынша анықтамалық кітаптардан табуға болады;

– $A(t)$ - уақытқа тәуелді бастапқы белсенділік, Бк;

– r - көзге дейінгі қашықтық, м.

Өйткені, радиоактивті ыдырау заңына сәйкес көздің белсенділігі формулаға сәйкес уақыт өзгереді.

– A_0 — бастапқы белсенділік, Бк;

– $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ — радионуклидтердің ыдырау тұрақтысы, с;

– $T_{1/2}$ – жартылай шығарылу кезеңі (радионуклид атомдарының жартысы ыдырайтын уақыт), с.

Сонымен, жоғарыда келтірілген формуланы талдау негізінде радиоактивті көздің белсенділігін (A_0) төмендету, сәулелену аймағында болу уақытын (t) азайту және сәулелену көзінен қашықтықты (r) азайту арқылы иондаушы сәулеленуден өзін қорғауға болады деген қорытынды жасауға болады, ал жұтылған доза қашықтықтың квадратына кері пропорционал.

Иондаушы сәулеленуден қорғау. Егер уақыттың, қашықтықтың, мөлшердің көрсетілген қорғаныс шаралары сәулелену деңгейін рұқсат етілген мәндерге дейін төмендету үшін жеткіліксіз болса, сәулелену көзі мен қорғалатын объект (адам) арасында қорғаныс (экрандар) орнатылады.

Көрсетілген формулалардан басқа, әдетте инженерлік тәжірибеде экранның түрі мен материалын таңдау үшін оның қалыңдығы, бұрыннан белгілі есептеу және әртүрлі радионуклидтер мен энергиялардың сәулеленуінің әлсіреу коэффициенті бойынша тәжірибелік деректер қолданылады.

Қорғаныш қалқан материалын таңдау сәулеленудің түрі мен энергиясымен анықталады.

Альфа сәулеленуі. Альфа бөлшектері ауыр, сондықтан жоғары иондаушы қабілетке ие, олар тез арада энергиясын жоғалтады. Альфа-сәулеленуден қорғау үшін ауаның 10 см қабаты жеткілікті. Альфа көзіне жақын орналасқанда, әдетте плексигласс экрандары қолданылады. Дегенмен, альфануклидтің ыдырауы бета және гамма-сәулеленумен бірге жүруі мүмкін. Бұл жағдайда сәулеленудің осы түрлерінен қорғаныс орнатылуы керек.

Бета сәулеленуі. Бета-сәулеленуден қорғау үшін әдетте бета-бөлшектердің жұтылуымен бірге жүретін ең аз гамма-сәулеленуді шығаратын атомдық массасы төмен (алюминий, плексиглас, карболит) материалдарды пайдалану ұсынылады. Бета және гамма-сәулеленуден жан-жақты қорғау үшін біріктірілген екі және көп қабатты экрандар пайдаланылады, оларда сәулелену көзінің жағында атомдық массасы төмен материалдан жасалған экран, ал оның артында - жоғары атомдық экран орнатылады. массасы (қорғасын, болат және т.б. ..).

Гамма және рентген сәулелері. Өте жоғары ену қабілеті бар гамма және рентген сәулелерінен қорғау үшін атомдық массасы мен тығыздығы жоғары материалдар (қорғасын, вольфрам және т.б.), сонымен қатар болат, темір, бетон, шойын, кірпіш қолданылады. Дегенмен, экрандық заттың атомдық массасы неғұрлым аз болса және қорғаныш материалының тығыздығы неғұрлым төмен болса, қажетті әлсірету коэффициентін қамтамасыз ету үшін экранның қалыңдығы соғұрлым көп болуы қажет.

Өндірісте иондаушы сәулеленуден қорғау экрандарды қолдануды да қамтиды:

- альфа-сәулеленуден - қағаз парағы, резеңке қолғап, респиратор;
- бета сәулеленуден - плексигласс, алюминийдің жұқа қабаты, шыны, противогаз;
- гамма-сәулеленуден - ауыр металдар (вольфрам, қорғасын, болат, шойын және т.б.);
- нейтрондардан – су, полиэтилен, басқа полимерлер.

Қорғау ұйымдық-техникалық шаралар кешенінен тұрады. сәулелену көздерін немесе жұмыс орындарын экрандау, жұмыс орындарынан көзді жою, әсер ету уақытын азайту арқылы жүзеге асырылады.

Ұйымдастырушылық қорғау шаралары:

- жартылай ыдырау периоды қысқарақ радионуклидтерді тандау;
- дәлдігі жоғары өлшем құралдарын пайдалану;
- қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша жұмыстарды жүргізу тәртібі мен ережелерін көрсететін брифингтер;
- радиоактивті заттарды сақтайтын арнайы үй-жайларды пайдалану;
- жұмысшылардың денсаулық жағдайын медициналық бақылау.

Техникалық қорғау шаралары жұмыс орнында берілген шамаға әсер етуді азайту үшін пайдаланылуы мүмкін сәулелену көздерін немесе жұмыс орындарын экрандаудан тұрады.

Альфа бөлшектерінің жүру қашықтығы қысқа, сондықтан бірнеше сантиметрлік ауа қабаты, киім және резеңке қолғап жеткілікті қорғаныс болып табылады.

Бета-сәулеленуден қорғау үшін атомдық салмағы төмен материалдар (плексигласс, алюминий) қолданылады. Жоғары энергиялы бета-сәулеленуден қорғау үшін қорғасын экрандары осы материалдармен қапталған, өйткені бета бөлшектері зат арқылы өткенде тежелген рентген сәулелері түрінде өтеді.

Гамма-сәулелену мен рентген сәулелерін атомдық саны жоғары және тығыздығы жоғары (қорғасын, вольфрам) материалдар жақсы сіңіреді. Басқа материалдар да қолданылады: болат, темір, бетон, шойын, кірпіш және т.б. Сонымен қатар, экрандық заттың атомдық массасы неғұрлым төмен болса және қорғаныс материалының тығыздығы неғұрлым төмен болса, экранның қалыңдығы соғұрлым көп болуы керек.

Иондаушы сәулеленуден ұжымдық қорғау құралдары әртүрлі құрылғылар (нығыздау, желдету және ауаны тазарту, изотоптарды тасымалдау және сақтау, автоматты басқару және сигнализация, қашықтықтан басқару), сондай-ақ қауіпсіздік белгілері, радиоактивті изотоптарға арналған контейнерлер және т.б.

Қарастырылып отырған заттармен жұмыс істеу кезінде жеке гигиена ережелерін сақтау, жеке қорғаныс құралдарын пайдалану, дозиметриялық бақылауды ұйымдастыру.

I сыныпты және II сыныпты жеке жұмыс үшін жеке қорғану құралдарына комбинезон немесе костюм, арнайы іш киім, шұлық, арнайы аяқ киім, қолғап, қағаз сүлгілер мен бір рет қолданылатын орамалдар, тыныс алу мүшелерін қорғау кіреді.

II дәрежелі жұмыстар және III дәрежелі жекелеген жұмыстар үшін жұмысшылар халаттармен, жеңіл аяқ киіммен, қолғаптармен, қалпақтармен және қажет болған жағдайда тыныс алу мүшелерін қорғаумен қамтамасыз етіледі. Үй-жайларды тазалайтын және радиоактивті ерітінділермен және ұнтақтармен жұмыс істейтін адамдар негізгі комбинезондар мен қауіпсіздік аяқ киімдерінен басқа, поливинилхлоридтен (полиэтиленнен) жасалған жеңдер немесе жартылай халаттар, алжапқыштар, резеңке немесе пластмассадан жасалған аяқ киім немесе резеңке етікпен қосымша қамтамасыз етіледі. Қажет болған жағдайда оқшаулағыш шланг костюмдерін (пневматикалық костюмдер), көзілдіріктерді, қалқандарды, қол ұстағыштарын пайдаланыңыз ОСП-72/80 ережелері радиациялық бақылаудың қатаң тәртібін, соның ішінде жеке (еңбек жағдайлары сәулелену дозасынан асатындар үшін міндетті) анықтайды. 0. 3 жылдық жол қозғалысы ережелері).

Иондаушы сәулеленуден жеке қорғану құралдары. Радиоизотоптар ингаляциялық ауамен организмге түскен кезде адамды ішкі сәулеленуден қорғау үшін респираторлар (радиоактивті шаңнан қорғау үшін) және противогаздар (радиоактивті газдардан қорғау үшін) қолданылады.

Радиоактивті изотоптармен жұмыс істегенде негізгі қорғаныш киімдері ретінде халаттар, комбинезондар, боялмаған мақта матадан тігілген комбинезондар, сондай-ақ мақталы бас киімдер қолданылады.

Бөлменің радиоактивті изотоптармен айтарлықтай ластану қаупі болса, бүкіл денені немесе барынша ластануы мүмкін жерлерді жабатын мақта киімнің үстіне пленка (жей, шалбар, алжапқыш, халат, костюм) салынады. Пластмасса, резеңке және радиоактивті ластанудан оңай тазартылатын басқа материалдар пленкалы киімге арналған материалдар ретінде пайдаланылады. Пленкалы киімді пайдаланған кезде оның дизайны костюм мен белдіктердің астына ауаны мәжбүрлеп беруді қамтамасыз етеді.

Радиациялық жағдай – административті аудан аумағында, елді-мекенде немесе онда орналасқан денелердің радиацияға шалдығуынан туындайды және халық арасында радиациялық шығынды азайтуға немесе болдырмауға бағытталған, белгілі бір қорғаныс іс-шараларын қабылдауды қажет етеді.

Радиациялық жағдайды бағалау деп әртүрлі (варианттармен) шаралармен шешілетін негізгі тапсырмаларды айтамыз, сонымен қоса, радиациялық шығынды болдыртпайтын, мейлінше дұрыс шешіммен анықталған шаралар және алынған шешімдер. Радиациялық жағдайды бағалау ядролық қаруды қолданудың жобалық шешімдерімен және радиациялық барлау арқылы жүргізіледі.

Радиациялық жағдай радиациялық қауіпті объектідегі (мысалы, атом электр станциясындағы) апат кезінде, сондай-ақ ядролық жарылыс кезінде туындауы мүмкін. Радиациялық жағдай деп халықтың тыныс-тіршілігіне және шаруашылық объектілерінің жұмысына әсер ететін жердің радиациялық ластануының (ластануының) ауқымы мен дәрежесі түсініледі.

Атом электр станциясында авария болған жағдайда жағдайды бағалау үшін бастапқы деректер: реактордың түрі мен қуаты; авария уақыты; сәулелену дозаларының қуатын нақты өлшеу; метеожағдайлар болып табылады.

Аумақтағы радиациялық жағдайды есептеу және бағалау ЖАТТЫҒУЫ

АЭС-дағы апат нәтижесінде $T_{\text{реактордың жойылу уақыты}} = \dots$ (уақыт, күні) ... атты реакторының бұзылуы орын алды, атмосфераға шығу активтілігі ... %; радиоактивті ластанудың басында $T_{\text{ластанудың басталуы}} = \dots$ (уақыт, күні) сәулелену дозасының қуаты $P_{\text{ластанудың басталуы}} = \dots$ құрады (рад/с); учаскедегі толық жұмыс ауысымының ұзақтығы $t_{\text{ұзақтығы}} = \dots$ (сағ.); объект қызметкеріне сәулеленудің рұқсат етілген дозасы $D_{\text{рұқсат етілген доза}} = \dots$ (рад); радиация дозасының әлсіреуі $K_{\text{доз.әл.коэф.}} = \dots$

Апат кезіндегі ауа райы жағдайы:

- $10\text{м} - V_{10}$ биіктіктегі ауа жылдамдығы = ... м/с;
- Тәулік уақыты – ... (күндіз немесе түнде);
- Бұлттардың болуы – ...

Анықтаңыз:

А. АЭС-тегі апаттан кейін радиоактивті ластану аймағындағы объектінің орналасуы.

В. Объектінің ластануының басталуынан бастап толық ауысымда жұмыста болған қызметшіге арналған сәулелену дозасы.

В. Толық ауысым үшін жұмыстың қолайлы басталу уақыты.

Г. Жұмыс ауысымының рұқсат етілген ұзақтығы.

Радиациялық жағдайды бағалау үшін студенттерге өз бетінше шешуге арналған тапсырмалардың НҰСҚАЛАРЫ

нұсқа	Реактор типі	Шығу активтілігі, (%)	T _{апат} , (уақыт, күні)	P _{л.б.} (рад/сағ)	T _{л.б.} (уақыты, күні)	V _{жел.} (м/с)	Бұлттың болуы	t _{ұзақтығы} (сағ)	K _{д.э.к.}	Рұқсат етілген доза, (рад)
1	РБМК-1000	30	5 ⁰⁰ , 26.04	1,44	6 ⁰⁰ , 26.04	5	орташа	12	3	3,0
2	ВВЭР-1000	50	5 ⁰⁰ , 26.04	2,40	7 ⁰⁰ , 26.04	3	қатты	12	3	3,1
3	РБМК-1000	10	5 ⁰⁰ , 26.04	2,60	10 ⁰⁰ , 26.04	2	орташа	12	5	4,1
4	ВВЭР-1000	30	3 ⁰⁰ , 26.04	0,80	10 ⁰⁰ , 26.04	2	жоқ	12	3	2,4
5	РБМК-1000	50	2 ⁰⁰ , 26.04	0,70	11 ⁰⁰ , 26.04	3	қатты	12	2	2,2
6	ВВЭР-1000	30	5 ⁰⁰ , 26.04	1,50	7 ⁰⁰ , 26.04	5	орташа	12	3	3,1
7	РБМК-1000	50	3 ⁰⁰ , 26.04	1,30	8 ⁰⁰ , 26.04	2	қатты	12	5	1,5
8	ВВЭР-1000	10	6 ⁰⁰ , 26.04	1,00	10 ⁰⁰ , 26.04	2	орташа	12	2	3,8
9	РБМК-1000	30	2 ⁰⁰ , 26.04	2,80	7 ⁰⁰ , 26.04	5	жоқ	12	5	2,1
10	ВВЭР-1000	10	3 ⁰⁰ , 26.04	0,30	10 ⁰⁰ , 26.04	3	жоқ	12	5	2,4
11	РБМК-1000	10	5 ⁰⁰ , 26.04	0,90	11 ⁰⁰ , 26.04	2	орташа	12	3	2,2
12	ВВЭР-1000	50	5 ⁰⁰ , 26.04	0,70	11 ⁰⁰ , 26.04	5	жоқ	12	3	1,1
13	РБМК-1000	10	4 ⁰⁰ , 26.04	0,90	9 ⁰⁰ , 26.04	5	қатты	12	3	2,7
14	ВВЭР-1000	30	2 ⁰⁰ , 26.04	0,80	7 ⁰⁰ , 26.04	2	жоқ	12	5	2,9
15	РБМК-1000	50	2 ⁰⁰ , 26.04	1,90	6 ⁰⁰ , 26.04	5	жоқ	12	2	1,8
16	ВВЭР-1000	30	6 ⁰⁰ , 26.04	1,80	11 ⁰⁰ , 26.04	3	қатты	12	2	2,6
17	РБМК-1000	10	6 ⁰⁰ , 26.04	1,50	9 ⁰⁰ , 26.04	5	жоқ	12	3	3,8
18	ВВЭР-1000	10	3 ⁰⁰ , 26.04	0,07	10 ⁰⁰ , 26.04	2	жоқ	12	5	4,2
19	РБМК-1000	30	4 ⁰⁰ , 26.04	0,80	10 ⁰⁰ , 26.04	3	қатты	12	2	3,6
20	ВВЭР-1000	50	5 ⁰⁰ , 26.04	2,20	12 ⁰⁰ , 26.04	2	орташа	12	3	4,1
21	РБМК-1000	10	2 ⁰⁰ , 26.04	0,80	8 ⁰⁰ , 26.04	2	қатты	12	5	3,8
22	ВВЭР-1000	10	6 ⁰⁰ , 26.04	0,80	12 ⁰⁰ , 26.04	5	орташа	12	3	2,9
23	РБМК-1000	30	4 ⁰⁰ , 26.04	1,80	10 ⁰⁰ , 26.04	5	жоқ	12	2	6,1
24	ВВЭР-1000	50	5 ⁰⁰ , 26.04	2,60	11 ⁰⁰ , 26.04	2	жоқ	12	5	3,2
25	РБМК-1000	50	5 ⁰⁰ , 26.04	0,80	9 ⁰⁰ , 26.04	3	қатты	12	5	2,3

ШЕШУ ӘДІСІ

А. АЭС апатынан кейін радиоактивті ластану аймағындағы объектінің орнын анықтау

1. Объектіде апат болған уақыттан бастап ластану басталғанға дейін қанша уақыт өткенін анықтаңыз.

$$t_{\text{ластанудың басталуы}} = T_{\text{ластанудың басталу уақыты}} - T_{\text{реактордың жойылу уақыты}} \text{ (сағат).}$$

2. Қосымшаны (5-кесте) пайдалана отырып, радиоактивті ластанудың ($t_{л.б.}$) басталуы кезіндегі ластану аймақтарының сыртқы шекарасындағы сәулелену дозасының жылдамдығының мәндерін табамыз. Қажетті $t_{л.б.}$ мәні 3-кестеде болмаса, дозаның мөлшерлемелері интерполяция арқылы анықталады (орта арифметикалық мән ретінде).

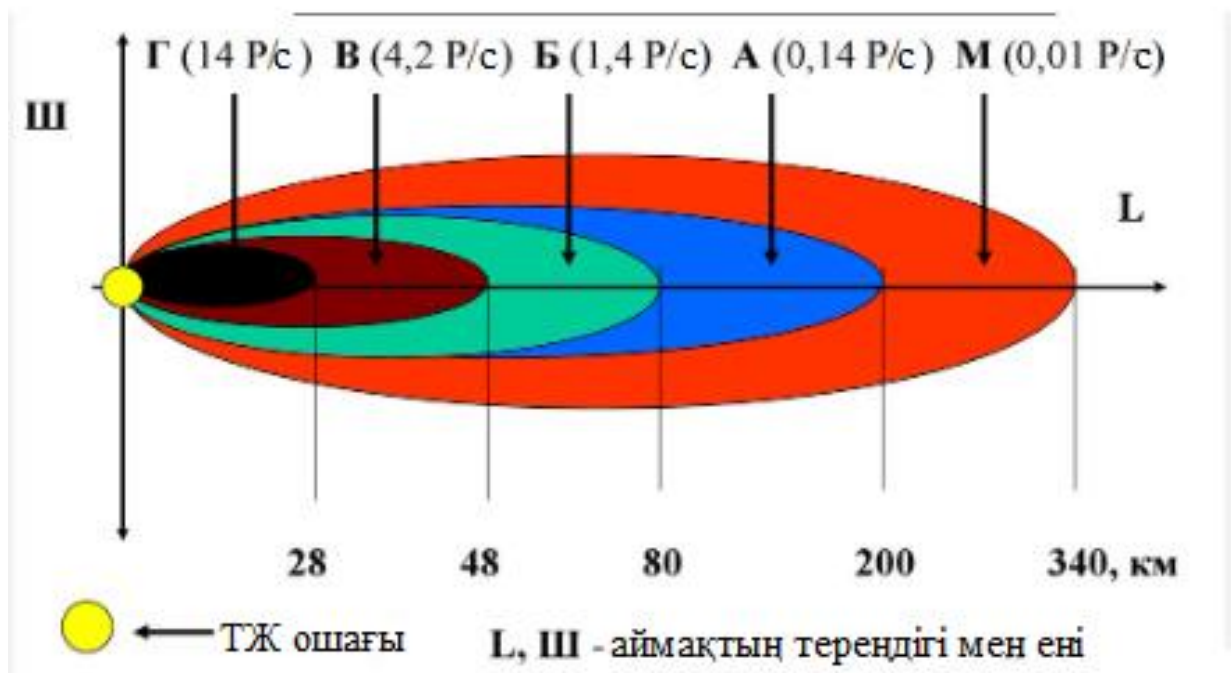
3. Тәулік уақытын (4 сағат және одан ерте – түн, 5 сағат және одан кейін – күндіз), бұлттардың болуын және қолдану бойынша жел жылдамдығын (4-кесте) негізге ала отырып, апат кезіндегі атмосфералық тұрақтылық категориясын анықтаймыз.

4. Қосымшаны пайдалана отырып (5-кесте) желдің орташа жылдамдығының мәнін анықтаймыз ($V_{орт.}$).

5. Қосымшаға сәйкес (6-10-кесте) атмосфералық тұрақтылық категорияларына, желдің орташа жылдамдығына, белсенділік өнімділігінің пайызына және авариялық реактордың түріне байланысты жергілікті ластанудың болжамды аймақтарының көлемін анықтаймыз. Нәтижелер кестеде көрсетілген.

6. Табылған ластану аймақтарын ауданның жоспарына (картасына) саламыз (2 Сурет).

7. Ластанудың сыртқы шекараларында P_M , P_A , P_B , P_V , P_T сәулелену дозасының мөлшерлемелерінің өлшенген мәндерін салайық.



Аймақтарды индексстеу: М – қызыл; А – көк; Б – жасыл; В – қоңыр; Г – қара түсті.

2 Сурет – Радиоактивті ластану аймақтары

8. Радиоактивті ластану аймақтарының әрқайсысы 3 бөлікке бөлінеді: аймақтың ішкі шекарасы (аймақтың басы – аумақтың 15%-ы), аймақтың ортасы

(аумақтың 70%-ы) және сыртқы шекарасы. аймақтың (аймақтың соңы – аумақтың 15%-ы). $P_{л.б.}$ жақын шекті мәннен ($P_M, P_A, P_B, P_B, P_\Gamma$) 15%-дан аспайды, доза жылдамдығын өлшеу нүктесі тиісті аймақ шекарасына жақын орналасқан деп болжауға болады. Егер $P_{л.б.}$ шамасындағы айырмашылық оған жақын мәндерден ($P_M, P_A, P_B, P_B, P_\Gamma$) 15% артық болса, онда нысан орта аймақта орналасқан.

Сәулелену дозасының ($P_{л.б.}$) өлшенген мәнін аймақтардың сыртқы шекараларындағы ($P_M, P_A, P_B, P_B, P_\Gamma - A.7$) ең жақын сәулелену дозасының жылдамдығымен салыстыру арқылы біз ластану аймағындағы объект жағдайын анықтаймыз. Осы мақсатта $P_{л.б.}$ -ге жақын мән аймақтардың шекарасындағы сәулелену деңгейіне сәйкес ($P_M, P_A, P_B, P_B, P_\Gamma$) оны 100% деп қабылдаймыз; пропорция құрамыз; Біз бұл мәндердің қанша % айырмашылығы бар екенін анықтаймыз және объект қай аймақта және осы аймақтың қай бөлігінде орналасқанын анықтаймыз.

Б. Объектінің ластануының басталуынан бастап толық ауысымда жұмыста болған қызметшіге арналған сәулелену дозасын анықтау

1. Өтінімге сәйкес (11-15-кесте), адамдар жұмыс істейтін ластану аймағына байланысты $t_{л.б.}$ үшін (кестенің сол жақ бағанасы) және ластану ошағында болу ұзақтығына $t_{ұзақ.}$ (кестенің жоғарғы қатары), біз ашық орналасқан адамдардың сәулелену дозасын анықтаймыз – $D_{аймақ}$ ($t_{л.б.}$ жолы мен $t_{ұзақ.}$ бағанының қиылысы) келесі схема бойынша:

$T_{л.б.}$	$T_{ұзақ.}$				
	1	2	...	12	...
1				↓	
...				↓	
9	→	→	→	$D_{аймақ}$	
...					

2. Жұмыста болған қызметкердің сәулеленудің қандай дозасын алғандығын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$D_{сәул.} = \frac{D_{аймақ} \times K_{аймақ}}{K_{элс.}} / \text{рад/}$$

мұндағы:

$K_{аймақ}$ – ластанған аймақта (ортасында, сыртқы немесе ішкі шекарада) жұмыстың орнын ескеретін коэффициент 11-15 кестелерге № 1 ескертпе бойынша анықталады. Орналасу аймағына байланысты ластанған объектінің (ішкі немесе сыртқы шекарасы), $K_{аймақ}$ формуланың алымы мен бөлгішінде болуы мүмкін. Аймақтың ортасы үшін $K_{аймақ} = 1$.

В. Толық ауысым үшін жұмыстың қолайлы басталу уақытын анықтау

1. Ластану аймағының ортасында ашық орналасқан адамдардың жағдайлары үшін сәулелену дозасын анықтаймыз - ($D_{ашық}$)

$$D_{ашық} = D_{кос.} \times K_{элсіреу.} \times K_{аймақ},$$

мұндағы:

$K_{\text{аймақ}}$ – аймақ коэффициенті (11-15-кестеге № 2 ескертуге сәйкес анықталады). Объектінің ластанған аймақта (ішкі немесе сыртқы шекара) орналасуына байланысты $K_{\text{аймақ}}$ формуланың алымында да, бөлгішінде де болуы мүмкін. Аймақтың ортасы үшін $K_{\text{аймақ}} = 1$.

2. 11-15 Кестеге сәйкес сәйкес ластану аймағы үшін $t_{\text{узақ}}$ және $D_{\text{ашық}}$ сәйкес біз радиацияның қауіпсіз деңгейге дейін төмендеуі үшін қажетті уақытты анықтаймыз, бұл кезде объект қалыпты режимде (толық жұмыс ауысымдары) жұмысты бастауға болады. келесі схема бойынша.

Г. Объектінің қалыпты режимде жұмыс істей бастауын анықтау

1. Сәйкес ластану аймағының ортасында ашық орналасқан адамдардың жағдайлары үшін сәулелену дозасын анықтаймыз - ($D_{\text{нр}}$)

$$D_{\text{ашық}} = D_{\text{кос}} \times K_{\text{аймақ}},$$

2. $D_{\text{нр}}$ бойынша сәйкес ластану аймағына арналған № 11-15 кестелерді пайдалана отырып, нысанның іске қосылу уақытын анықтаймыз.

Кесте 3 - Ластану аймақтарының сыртқы шекараларындағы радиациялық қуаттың орташа мәні (P), рад/сағ.

Апаттан кейінгі уақыт	Ластану аймағы					
	М	А	Б	В	Г	
сағат	1	0,014	0,14	1,42	4,2	14,2
	2	0,011	0,12	1,19	3,6	11,9
	5	0,009	0,09	0,92	2,7	9,2
	7	0,008	0,08	0,82	2,5	8,2
	9	0,007	0,08	0,76	2,3	7,6
тәулік	1	0,005	0,05	0,54	1,6	5,4
	2	0,004	0,04	0,41	1,2	4,1
	3	0,003	0,03	0,34	1	3,4
	5	0,003	0,03	0,27	0,82	2,7
	10	0,002	0,02	0,2	0,59	2
	15	0,002	0,016	0,16	0,49	1,6
айлар	1	0,001	0,011	0,11	0,34	1,1
	2	-	0,008	0,08	0,23	0,8
	3	-	0,006	0,06	0,18	0,6
	6	-	0,004	0,04	0,12	0,4

Кесте 4 - Атмосфераның тұрақтылық категориясы

10 м биіктіктегі ауа жылдамдығы	Тәулік уақыты				
	Күндіз			түнде	
	Бұлттың болуы				
	Бұлт жоқ	Орташа бұлтты	Толық бұлтты	Бұлт жоқ	Толық бұлтты
$V_{10} < 2$	К	К	К	К	К
$2 \leq V_{10} < 3$	К	К	Из	Ин	Ин
$3 \leq V_{10} < 5$	К	Из	Из	Из	Ин
$5 \leq V_{10} < 6$	Из	Из	Из	Из	Из
$V_{10} > 6$	Из	Из	Из	Из	Из

Ескерту - К – өте тұрақсыз (конвекция), Из – бейтарап (изотермия), Ин – өте тұрақты (инверсия).

Кесте 5 - Жер бетінен бұлттың қозғалыс орталығына дейінгі желдің орташа жылдамдығы ($V_{орт}$), м/с

Атмосфераның тұрақтылық категориясы	10 м биіктіктегі ауа жылдамдығы ($V_{ср}$), м/с					
	< 2	2	3	4	5	> 6
К	2	2	5	-	-	-
Из	-	-	5	5	5	10
Ин	-	5	10	10	-	-

Кесте 6 - Атом электр станциясындағы апат кезінде бұлт ізіндегі жер бедерінің ластануының болжамды аймақтарының өлшемдері (тұрақтылық санаты – конвекция, $V_{орт} = 2$ м/с)

Шығу активтілігі, %	Аймақ индексі	Реактор типі					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км	Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км
3	М	62,6	12,1	595	82,3	16,2	1050
3	А	14,1	2,75	30,4	13	2,22	22,7
3	Б	-	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-	-
10	М	140	29,9	3290	185	40,2	5850
10	А	28	5,97	131	39,4	681	211
10	Б	6,88	9,85	4,62	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	249	61,8	12144	338	82,9	22000
30	А	62,6	12,1	595	82,8	15,4	1000
30	Б	13,9	2,71	2966	17,1	2,53	340
30	В	6,96	0,87	4,48	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-	-
50	М	324	81,8	20800	438	111	38400
50	А	88,3	18,1	1260	123	24,6	2380
50	Б	18,3	3,64	52,3	204	3,73	59,8
50	В	9,21	1,57	11,4	8,87	1,07	745
50	Г	-	-	-	-	-	-

Кесте 7 - АЭС апаты кезінде бұлт ізіндегі жер бедерінің болжамды ластану аймақтарының өлшемдері (тұрақтылық санаты – изотермиялық, $V_{орт} = 5$ м/с)

Шығу активтілігі, %	Аймақ индексі	Реактор типі					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км	Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км
3	М	145	8,42	959	74,5	3,7	216
3	А	34,1	1,74	46,6	9,9	0,29	2,27
3	Б	-	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-	-
10	М	270	18,2	3860	155	8,76	107111
10	А	75	3,92	231	29,5	1,16	26,8
10	Б	17,4	0,69	9,46	-	-	-
10	В	5,8	0,11	0,52	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	418	31,5	10300	284	18,4	41112
30	А	145	8,42	959	74,5	3,51	205

7-кестенің жалғасы

30	Б	33,7	1,73	45,8	9,9	0,28	2,21
30	В	17,6	0,69	9,63	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-	-
50	М	583	42,8	19600	379	25,3	7530
50	А	191	11,7	1760	100	5,24	411
50	Б	47,1	2,4	88,8	16,6	0,62	8,15
50	В	23,7	1,1	20,5	-	-	-
50	Г	9,41	0,27	2,05	-	-	-

Кесте 8 - АЭС апаты кезінде бұлт ізіндегі жер бедерінің болжамды ластану аймақтарының өлшемдері (тұрақтылық санаты – изотермиялық, $V_{орт.} = 10$ м/с)

Шығу активтілігі, %	Аймақ индексі	Реактор типі					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км	Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км
3	М	135	5,99	635	53	1,87	78
3	А	26	1,04	21	5,22	0,07	0,31
3	Б	-	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-	-
10	М	272	14	3080	110	5,33	400
10	А	60	2,45	115	19	0,58	875
10	Б	11	0,32	3,02	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	482	28	10700	274	13	2980
30	А	135	5,99	635	53	1,87	78
30	Б	25	1,02	20	5,05	0,07	0,29
30	В	12	0,33	3,14	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-	-
50	М	619	37	18300	369	19	5690
50	А	184	8,71	1260	79	3,22	201
50	Б	36	1,51	42	10	0,27	2,18
50	В	17	0,59	838	-	-	-
50	Г	-	-	-	-	-	-

Кесте 9 - АЭС апаты кезінде бұлт ізіндегі жер бедерінің ластануының болжамды аймақтарының өлшемдері (тұрақтылық санаты – инверсия, $V_{ор} = 5$ м/с)

Шығу активтілігі, %	Аймақ индексі	Реактора типі					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км	Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км
3	М	126(11/137)	3,63	359	17(29/46)	0,61	8,24
3	А	-	-	-	-	-	-
3	Б	-	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-	-
10	М	241(8/249)	7,86	1490	76(13/89)	2,58	154
10	А	52(16/69)	1,72	71	-	-	-
10	Б	-	-	-	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	430(6/436)	14	4760	172(10/182)	5,8	686
30	А	126	3,63	359	17(29/46)	0,61	8,25

9 кестенің жалғасы

30	Б	-	-	-	-	-	-
30	В	-	-	-	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-	-
50	М	562(5/567)	18	8280	204(8/212)	6,91	11,1
50	А	168(11/179)	4,88	644	47(17/64)	1,52	56
50	Б	15(28/43)	0,41	4,95	-	-	-
50	В	-	-	-	-	-	-
50	Г	-	-	-	-	-	-

Кесте 10 - АЭС апаты кезінде бұлт ізіндегі жер бедерінің ластануының болжамды аймақтарының өлшемдері (тұрақтылық санаты – инверсия, $V_{op} = 10$ м/с)

Шығу активтілігі, %	Аймақ индексі	Реактора типі					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км	Ұзындығы (баст./аяқ.), км	Ені, км	Аудан, кв.км
3	М	115	30,4	275	-	-	-
3	А	-	-	-	-	-	-
3	Б	-	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-	-
10	М	239	6,81	1280	73	2,1	118
10	А	42	1,18	38	-	-	-
10	Б	-	-	-	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	441	12	4470	162	4,4	558
30	А	115	3,04	275	-	-	-
30	Б	-	-	-	-	-	-
30	В	-	-	-	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-	-
50	М	579	17	7900	224	6,3	1410
50	А	156	4,24	519	33	9,95	25
50	Б	-	-	-	-	-	-
50	В	-	-	-	-	-	-
50	Г	-	-	-	-	-	-

Кесте 11 - Ластану аймағының ортасында ашық жағдайда жұмысшы қабылдаған сәулелену дозасы М аймағы

Апаттан кейінгі сәулеленудің басталу уақыты	Ластану аймағында болу уақытының ұзақтығы																					
	сағаттар											тәуліктер						айлар				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	1,5	2	3	5	10	15	1	2	6	12	
сағаттар	1	0,04	0,07	0,1	0,16	0,19	0,21	0,26	0,33	0,39	0,45	0,55	0,74	0,9	1,18	1,64	2,51	3,19	4,7	6,78	11,5	15,8
	2	0,03	0,06	0,09	0,15	0,17	0,2	0,24	0,31	0,37	0,42	0,53	0,71	0,87	1,15	1,61	2,48	3,15	4,67	6,74	11,5	15,8
	3	0,03	0,06	0,09	0,14	0,16	0,19	0,23	0,29	0,35	0,41	0,51	0,69	0,85	1,13	1,58	2,45	3,12	4,63	6,71	11,4	15,7
	5	0,02	0,05	0,08	0,12	0,15	0,17	0,21	0,27	0,33	0,38	0,48	0,65	0,81	1,08	1,54	2,4	3,07	4,58	6,65	11,4	15,7
	6	0,02	0,05	0,07	0,12	0,14	0,16	0,2	0,26	0,32	0,37	0,47	0,64	0,79	1,07	1,52	2,38	3,05	4,55	6,62	11,4	15,6
	7	0,02	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16	0,2	0,25	0,31	0,36	0,45	0,63	0,78	1,05	1,5	2,36	3,03	4,53	6,6	11,3	15,6
	9	0,02	0,04	0,06	0,11	0,13	0,15	0,18	0,24	0,29	0,34	0,43	0,6	0,75	1,02	1,47	2,32	2,99	4,49	6,55	11,3	15,6
	12	0,02	0,04	0,06	0,11	0,12	0,13	0,17	0,22	0,27	0,32	0,41	0,57	0,72	0,9	1,42	2,27	2,93	4,43	6,49	11,2	15,5
	15	0,01	0,03	0,05	0,09	0,11	0,13	0,16	0,21	0,26	0,3	0,39	0,55	0,69	0,95	1,39	2,23	2,89	4,38	6,44	11,2	15,4
18	0,01	0,03	0,05	0,08	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,29	0,37	0,53	0,67	0,92	1,35	2,19	2,84	4,33	6,39	11,1	15,4	
тәуліктер	1	0,01	0,03	0,04	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,33	0,27	0,35	0,49	0,63	0,87	1,29	2,11	2,76	4,24	6,29	11	15,3
	2	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,21	0,28	0,4	0,52	0,74	1,13	1,9	2,53	3,9	6	10,7	14,9
	3	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,9	0,12	0,15	0,18	0,24	0,35	0,46	0,66	1,02	1,75	2,36	3,77	5,77	10,4	14,7
	5	-	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,1	0,12	0,15	0,19	0,29	0,38	0,55	0,87	1,55	2,11	3,47	5,42	10,3	14,3
	10	-	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,21	0,28	0,42	0,67	1,24	1,74	2,87	4,82	9,34	13,5
	15	-	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,17	0,23	0,35	0,52	1	1,51	2,05	4,4	8,81	12,9
айлар	1	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	0,24	0,4	0,78	1,13	2,67	3,6	7,71	11,6
	2	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,17	0,28	0,55	0,81	1,53	2,17	6,4	10,1
	3	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,08	0,14	0,23	0,43	0,64	1,61	4,18	7,19
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,18	0,27	0,54	1,06	2,91	5,29

Ескерту:

1. Аймақтың ішкі шекарасындағы сәулелену дозалары кестеде көрсетілгеннен шамамен 3,2 есе көп, ал сыртқы шекарасында олар 3,2 есе аз.

2. Кестені пайдалана отырып, аймақта басталу уақытын немесе болу ұзақтығын (Т) анықтау кезінде адамдар аймақтың ішкі шекарасында болған кезде рұқсат етілген сәулелену дозасын 3,2-ге бөлу немесе аймақтың сыртқы шекарасында болған кезде 3,2-ге көбейту қажет.

Кесте 12 - Ластану аймағының ортасында ашық жағдайда жұмысшы қабылдаған сәулелену дозасы А аймағы

Апаттан кейінгі сәулеленудің басталу уақыты	Ластану аймағында болу уақытының ұзақтығы																					
	сағаттар											тәуліктер						айлар				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	1,5	2	3	5	10	15	1	2	6	12	
сағаттар	1	0,4	0,76	1,08	1,66	1,93	2,18	2,66	3,32	3,94	4,51	5,56	7,41	9,03	11,8	16,4	25,1	3,19	47	67,8	115	158
	2	0,35	0,67	0,97	1,52	1,77	2,02	2,48	3,13	3,72	4,28	5,32	7,14	8,75	11,5	16,1	24,8	31,5	46,7	67,4	115	158
	3	0,32	0,62	0,9	1,42	1,66	1,9	2,35	2,97	3,56	4,11	5,13	6,93	8,52	11,3	15,8	24,5	31,2	46,3	67,4	114	157
	5	0,28	0,54	0,8	1,28	1,51	1,73	2,15	2,75	3,31	3,84	4,82	6,59	8,15	10,8	15,4	24	30,7	45,8	66,2	114	156
	6	0,26	0,52	0,76	1,22	1,45	1,66	2,07	2,66	3,21	3,73	4,77	6,44	7,99	10,7	15,2	23,8	30,5	45,5	66,2	114	156
	7	0,25	0,49	0,73	1,18	1,39	1,6	2	2,58	3,12	3,63	4,59	6,31	7,85	10,5	15	23,6	30,3	45,3	66	113	156
	9	0,23	0,46	0,68	1,1	1,31	1,51	1,89	2,44	2,96	3,46	4,15	5,79	7,21	9,88	14,2	22,7	29,3	44,9	61,5	113	156
	12	0,21	0,42	0,62	1,02	1,21	1,39	1,76	2,28	2,77	3,25	3,96	5,54	6,99	9,56	12,9	22,3	28,9	44,3	64,9	112	156
	15	0,19	0,39	0,58	0,95	1,13	1,31	1,65	2,15	2,62	3,08	3,78	5,33	6,77	9,27	13,5	21,9	28,4	43,8	64,4	112	154
18	0,18	0,36	0,54	0,89	1,07	1,23	1,56	2,04	2,5	2,94	4,39	6,08	7,59	9,8	14,2	22,7	29,3	43,3	63,9	111	154	
тәуліктер	1	0,16	0,33	0,49	0,81	0,97	1,12	1,43	1,87	2,3	2,71	3,51	4,98	6,34	8,79	12,9	21,1	27,6	42,4	62,9	110	153
	2	0,12	0,25	0,3	0,63	0,75	0,87	1,11	1,47	1,82	2,16	2,83	4,09	5,28	7,47	11,3	19	25,3	39,8	60	107	149
	3	0,1	0,21	0,32	0,53	0,64	0,74	0,95	1,26	1,56	1,86	2,44	3,57	4,63	6,63	10,2	17,5	23,6	37,5	57,7	104	147
	5	0,08	0,17	0,25	0,43	0,51	0,6	0,76	1	1,26	1,51	1,99	2,93	3,84	5,57	8,74	15,5	21,1	34,7	54,2	100	143
	10	0,06	0,12	0,18	0,34	0,37	0,43	0,55	0,74	0,92	1,1	1,46	2,17	2,87	4,21	6,76	12,4	17,4	29,7	48,2	93,4	135
	15	0,05	0,1	0,15	0,25	0,3	0,35	0,45	0,6	0,75	0,9	1,2	1,79	2,37	3,51	5,68	10,6	15,1	26,5	44	88,1	129
айлар	1	0,03	0,07	0,1	0,17	0,21	0,24	0,31	0,42	0,53	0,63	0,84	1,26	1,67	2,44	4,08	7,86	11,3	20,7	36	77,1	116
	2	0,02	0,04	0,07	0,12	0,14	0,16	0,21	0,28	0,36	0,43	0,57	0,86	1,14	1,7	2,82	5,52	8,1	15,3	27,7	64	101
	3	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22	0,29	0,44	0,59	0,88	1,46	2,91	4,33	8,46	16,1	48,4	71,9
	12	-	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11	0,13	0,18	0,27	0,37	0,55	0,92	1,84	2,76	5,45	10,6	29,1	52,9

Ескерту:

1. Аймақтың ішкі шекарасындағы сәулелену дозалары кестеде көрсетілгеннен шамамен 3,2 есе көп, ал сыртқы шекарада олар 3,5 есе аз.
3. Кестені пайдалана отырып, аймақта басталу уақытын немесе болу ұзақтығын (Т) анықтау кезінде рұқсат етілген сәулелену дозасын аймақтың ішкі шекарасында орналасқан кезде 3,2-ге бөлу немесе сыртқы шекарасында орналасқан кезде 3,2-ге көбейту қажет.

Кесте 13 - Ластану аймағының ортасында ашық жағдайда қызметкерлер қабылдаған сәулелену дозасы Б аймағы

Апаттан кейінгі сәулеленудің басталу уақыты	Ластану аймағында болу уақытының ұзақтығы																					
	сағаттар											тәуліктер						айлар				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	1,5	2	3	5	10	15	1	2	6	12	
сағаттар	1	2,23	4,17	5,93	9,11	10,5	11,9	14,6	18,2	21,5	24,7	30,4	40,6	49,4	64,9	90,1	137	174	257	371	633	868
	2	1,94	3,7	5,34	8,34	9,47	11	13,6	17,1	20,4	23,4	29,1	39,1	48	63,2	88,4	136	172	255	369	631	866
	3	1,76	3,4	4,39	7,79	9,13	10,4	12,8	16,3	19,5	22,5	28,1	37,9	46,7	62	87	134	171	254	367	629	864
	5	1,53	3	4,39	7,02	8,27	9,48	11,8	15	18,1	21	26,4	36,1	44,6	59,6	84,4	131	168	251	364	626	860
	6	1,46	2,85	4,19	6,73	7,93	9,11	11,3	14,5	17,5	20,4	25,7	35,3	43,8	58,7	83,4	130	167	249	363	624	859
	7	1,39	2,73	4,02	6,48	7,65	8,8	11	14,1	17	19,9	25,1	34,5	43	57,8	82,4	129	166	248	361	623	858
	9	1,29	2,53	3,74	6,06	7,17	8,27	10,3	13,3	16,3	18,9	24	33,3	41,6	56,2	80,6	127	163	246	359	621	855
	12	1,17	2,31	3,43	5,59	6,63	7,65	9,64	12,4	15,2	17,8	22,7	31,7	40	54	78	124	160	242	355	617	851
	15	1,08	2,15	3,19	5,22	6,2	7,17	9,06	11,7	14,3	16,9	21,6	30,3	38,2	52,3	76,1	122	158	240	352	614	848
18	1,02	2,02	3	4,92	5,86	6,78	8,58	11,1	13,7	16,1	20,7	29,2	37	51	74,2	119	155	237	350	611	845	
тәуліктер	1	0,92	1,82	2,72	4,47	5,33	6,17	7,84	10,2	12,6	14,8	19,2	27,3	34,7	48	71,6	116	151	232	345	605	839
	2	0,7	1,4	2,69	3,46	4,13	4,8	6,13	8,08	9,9	11,8	15,5	22,4	30	40,9	62	104	138	218	328	588	821
	3	0,59	1,18	1,77	2,93	3,51	4,08	5,22	6,91	8,57	10,2	13,4	19,5	25,3	36,3	55,7	96,3	129	206	316	574	801
	5	0,47	0,94	1,41	2,35	2,82	3,82	4,21	5,58	6,94	8,28	11	16	21	30,5	47,8	85	116	190	297	552	783
	10	0,34	0,68	1,02	1,1	2,04	2,38	3,06	4,06	5,07	6,06	8,04	11,9	15,7	23,2	37,6	68,2	95,5	103	264	512	740
	15	0,28	0,55	0,83	1,39	1,67	1,95	2,5	3,33	4,16	4,98	6,61	9,84	13	19	31	58,9	82,5	145	241	482	708
айлар	1	0,19	0,38	0,58	0,93	1,16	1,35	1,74	2,32	2,9	3,48	4,63	6,9	9,18	13,6	22,3	43	62,5	113	197	422	640
	2	0,13	0,26	0,39	0,65	0,79	0,92	1,18	1,57	1,97	2,36	3,15	4,7	6,27	9,36	15,4	30,2	44,4	84	152	350	555
	3	0,06	0,13	0,2	0,35	0,4	0,47	0,64	0,81	1,01	1,21	1,62	2,43	3,23	4,84	8	16	23,7	46,3	88,5	229	394
	12	0,04	0,08	0,12	0,21	0,25	0,29	0,38	0,51	0,63	0,76	1,02	1,53	2	3,05	5,08	10,1	15,1	30	58,2	159	289

Ескерту:

1. Аймақтың ішкі шекарасындағы сәулелену дозалары кестеде көрсетілгеннен шамамен 1,7 есе көп, ал сыртқы шекарасында олар 1,7 есе аз.
2. Кестені пайдалана отырып, аймақта басталу уақытын немесе болу ұзақтығын (Т) анықтау кезінде рұқсат етілген сәулелену дозасын аймақтың ішкі шекарасында орналасқан кезде 1,7-ге бөлу немесе сыртқы шекарасында орналасқан кезде 1,7-ге көбейту қажет.

Кесте 14 - Ластану аймағының ортасында ашық жағдайда қызметкерлер қабылдаған сәулелену дозасы В аймағы

Апаттан кейінгі сәулеленудің басталу уақыты	Ластану аймағында болу уақытының ұзақтығы																					
	сағаттар											тәуліктер						айлар				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	1,5	2	3	5	10	15	1	2	6	12	
сағаттар	1	7,05	13,2	18,7	28,8	33,4	37,8	46,1	57,6	68,2	78,1	96,3	128	156	205	285	436	553	815	1174	2004	2745
	2	6,14	11,7	16,9	26,3	30,8	35	43	54,2	64,5	74,2	92,1	123	151	200	279	430	547	808	1168	1997	2739
	3	5,58	10,7	15,9	24,6	28,8	32,9	40,7	51,6	61,7	71,2	88,8	120	147	195	274	425	541	803	1162	1991	2730
	5	4,86	9,48	13,9	22,2	26,1	29,9	37,3	47,6	57,3	66,5	83,6	114	141	188	267	416	532	793	1152	1981	2722
	6	4,61	9,03	13,2	21,2	25,1	28,8	35,9	46,1	55,6	64,5	81,5	111	138	185	263	412	528	789	1148	1976	2717
	7	4,41	8,64	12,7	20,5	24,2	27,8	34,8	44,7	54	62,9	79,5	109	136	182	260	409	525	785	1143	1971	2713
	9	4,08	8,02	11,8	19,1	22,7	26,1	32,8	42,3	51,3	59,9	76,1	105	131	187	254	402	518	778	1136	1963	2704
	12	3,71	7,33	10,8	17,6	20,9	24,2	30,4	39,5	48,3	56,3	72	100	125	171	247	394	508	776	1125	1952	2692
	15	3,44	6,81	10,1	16,5	19,6	22,6	28,6	37,2	45,3	53,4	68,5	96	121	165	240	386	500	759	1115	1942	2683
	18	3,23	6,4	9,51	15,5	18,5	21,4	27,1	35,3	43,3	50,9	65,5	92,4	116	160	234	379	493	750	1107	1932	2673
тәуліктер	1	2,91	5,78	8,6	14,1	16,8	19,5	24,7	32,4	39,8	47	60,8	86,3	109	152	224	367	479	735	1091	1915	2655
	2	2,22	4,43	6,62	10,9	13	15,2	19,3	25,5	31,6	37,5	49	70,9	91,4	129	195	330	439	689	1040	1855	2598
	3	1,88	3,43	5	9,28	11,1	12,9	15,5	21,8	27,1	32,5	42,4	61,8	80,3	114	176	304	409	654	1000	1815	2552
	5	1,5	2,98	4,48	7,45	8,92	10,3	13,3	17	21,9	26,5	34,5	50,8	66,6	96,5	151	268	369	601	939	1745	2478
	10	1,08	2,16	3,24	5,39	5,47	7,54	9,67	12,8	16	19,1	25,4	37,7	49,7	73	117	216	302	515	835	1613	2342
	15	0,88	1,77	2,05	4,41	5,29	6,17	7,92	10,5	13,1	15,7	20,9	31,1	41,1	60,8	98,5	184	262	459	762	1526	2241
айлар	1	0,61	1,23	1,84	3,07	3,68	4,29	5,52	7,35	9,18	11	14,6	21,8	29	43,1	70,7	136	197	369	625	1335	2025
	2	0,41	0,83	1,24	2,08	2,49	2,91	3,74	4,99	6,23	7,47	9,91	14,9	19,8	29,6	48,9	95,6	140	365	481	1109	1756
	3	0,21	0,43	0,64	1,07	1,29	1,5	1,92	2,56	3,21	3,85	5,13	7,68	10,2	15,3	25,4	50,4	75	146	280	725	1246
	12	0,13	0,26	0,4	0,64	0,81	0,94	1,29	1,01	2,01	2,42	3,22	4,68	6,45	9,67	16	32	47,8	94	184	504	914

Ескерту:

1. Ішкі шекаралық аймақтағы сәулелену дозасы кестеде көрсетілгеннен шамамен 1,8 есе жоғары, ал сыртқы шекаралық аймақта 1,8 есе төмен.
2. Кестені пайдаланудың басталу уақытын немесе аймақта болу ұзақтығын (Т) анықтау кезінде рұқсат етілген сәулелену дозасын, егер ол аймақтың ішкі шекарасында орналасса, 1,8-ге бөлу немесе егер аймақтың сыртқы шекарасында орналасқан болса 1,8-ге көбейту қажет.

Кесте 15 - Ластану аймағының ортасында ашық жағдайда жұмысшы алған сәулелену дозасы Г аймағы

Апаттан кейінгі сәулеленудің басталу уақыты	Ластану аймағында болу уақытының ұзақтығы																					
	сағаттар											тәуліктер						айлар				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	1,5	2	3	5	10	15	1	2	6	12	
сағаттар	1	23,1	43,3	61,7	94,7	109	124	151	189	229	256	316	422	514	674	937	1433	1817	2679	3861	6586	9424
	2	20,1	48,5	55,5	96,7	101	115	141	178	212	244	302	406	498	657	918	1413	1797	2658	3835	6563	9001
	3	18,3	36,5	51,3	81	94,9	108	133	189	202	234	292	396	485	643	893	1397	1780	2740	3820	6544	8981
	5	16	31,1	45,6	73	85,9	98,5	122	156	188	218	274	375	464	620	877	1368	1758	2608	3787	6510	8947
	6	15,1	29,6	43,6	69,9	82,5	94,7	118	151	182	212	267	367	455	610	866	1350	1737	2594	3773	6495	8931
	7	14,5	28,4	41,8	67,3	75,5	91,4	114	146	177	206	261	359	447	600	856	1344	1725	2581	3759	6480	8916
	9	13,4	26,3	39	53	74,6	85,9	107	109	168	197	250	346	432	584	847	1323	1702	2557	3733	6453	8889
	12	12,2	24	35,7	58,1	68,9	79,5	100	129	158	185	236	329	413	562	812	1294	1672	2524	3698	6416	8851
	15	11,3	22,6	33,2	54,2	64,5	74,5	99,1	122	149	175	225	315	397	544	791	1269	1645	2494	3667	6383	8817
18	10,6	21	31,2	51,2	60,9	70,5	89,2	114	142	167	215	303	384	522	772	1240	1620	2467	3638	6351	8785	
тәуліктер	1	9,57	19	28,2	46,4	55,3	64,1	81,4	106	130	154	199	283	361	500	738	1206	1576	2418	3585	6295	8727
	2	7,3	14,5	21,7	35,9	42,9	49,9	63,7	84	102	123	161	233	300	425	644	1086	1443	2265	3417	6112	8537
	3	6,73	12,3	18,4	30,5	36,5	42,4	54,8	81,8	89,1	106	139	203	263	377	581	1001	1346	2150	3288	5907	8387
	5	4,93	9,85	14,7	24,4	29,9	34,1	43,7	58	72,1	86,1	113	167	218	317	497	882	1206	1977	3083	5737	8144
	10	3,56	7,11	10,6	17,4	21,2	24,7	31,8	42,2	52,6	63	83,5	123	163	240	385	708	992	1694	2744	5321	7699
	15	2,91	5,81	8,72	14,5	17,4	20,2	26	34,6	43,2	51,7	68,7	102	135	200	323	607	862	1510	2506	5017	7365
айлар	1	2,02	4,04	6,06	10,1	12,1	14,1	18,1	24,1	30,1	36,1	48,1	71,8	96,4	144	232	447	647	1182	2054	4389	6656
	2	1,36	2,73	4,1	6,84	8,12	9,57	12,3	16,4	20,4	24,5	32,7	48,9	65,1	97,3	160	314	461	871	1581	3646	5763
	3	0,71	1,4	2,12	3,51	4,22	4,93	6,34	8,43	10,5	12,5	16,8	25,2	33,6	50,3	84	165	246	484	920	2384	4097
	12	0,43	0,87	1,32	2,21	2,66	3,09	3,96	5,3	6,63	7,85	10,6	15,9	21,9	31,7	53	105	157	310	605	1657	3003

Ескерту:

1. Аймақтың ішкі шекарасындағы сәулелену дозалары кестеде көрсетілгеннен шамамен 1,8 есе көп, ал сыртқы шекарасында олар 1,8 есе аз.
2. Кестені пайдалана отырып, аймақта басталу уақытын немесе болу ұзақтығын (Т) анықтау кезінде рұқсат етілген сәулелену дозасын ішкі шекарада орналасқан кезде 1,8-ге бөлу немесе аймақтың сыртқы шекарасында орналасқан кезде 1,8-ге көбейту қажет.

№ 2 Практикалық жұмыс
Рентген сәулелерінен қорғаныс экрандарын есептеу
ЖАТТЫҒУЫ

Сәулелену дозасының жылдамдығын (K_p) қажетті төмендету коэффициентін есептеңіз және $m=1$ кезінде рентгендік дозаның жылдамдығын стандартты мәндерге дейін төмендетуді қамтамасыз ететін металл (қорғасын) экранының қалыңдығын (d) анықтаңыз. Басқа бастапқы деректер 16 - кестеде келтірілген.

$$P_T = 2,35 * 10^{-2} p * m^2 / c * mA;$$

Кесте 16 - Мәселе бойынша бастапқы деректер

Нұсқалар	Түтіктің максималды кернеуі U_{MAX} , кВ	Машинадағы ток I, mA	бъектіге дейінгі қашықтық, R, м
1	75	20	6
2	150	10	10
3	200	15	8
4	150	15	10
5	75	30	12
6	100	10	6
7	150	30	7
8	200	10	9
9	250	20	9
10	100	30	6
11	75	30	6
12	150	20	10
13	200	10	8
14	150	15	10
15	75	30	12
16	100	10	6
17	150	20	7
18	200	30	9
19	250	20	9
20	100	10	6

Ескерту - Доза жылдамдығын ең жоғары рұқсат етілгенге дейін төмендетудің талап етілетін коэффициентіне d есептелген қалыңдығындағы қорғаныс экрандары пайдаланылған жағдайда қол жеткізіледі (d номограммадан анықталады).

Есептеу мысалы:

Рентген сәулеленуінен қорғаудың тиімділігі (K_p) сәулелену қарқындылығының әлсіреу коэффициентімен анықталады және мына формуламен есептеледі.

$$K_p = 2,5 P_T / P_{T0} * m * J / R^2,$$

мұндағы: P_T - түтікке түсірілген кернеуге тәуелді және бір ток кезінде түтіктің анодынан бір метр қашықтықта жасалған экспозициялық дозаның қуаты ретінде қарастырылатын рентгендік түтіктің сәуле шығаруы, мм:

$$P_T = 6,3 * 10^{-3} \text{мКл} * \text{м}^2 / \text{кг} * \text{с} * \text{мА} = 2,35 * 10^{-2} \text{Р} * \text{м}^2 / \text{с} * \text{мА}$$

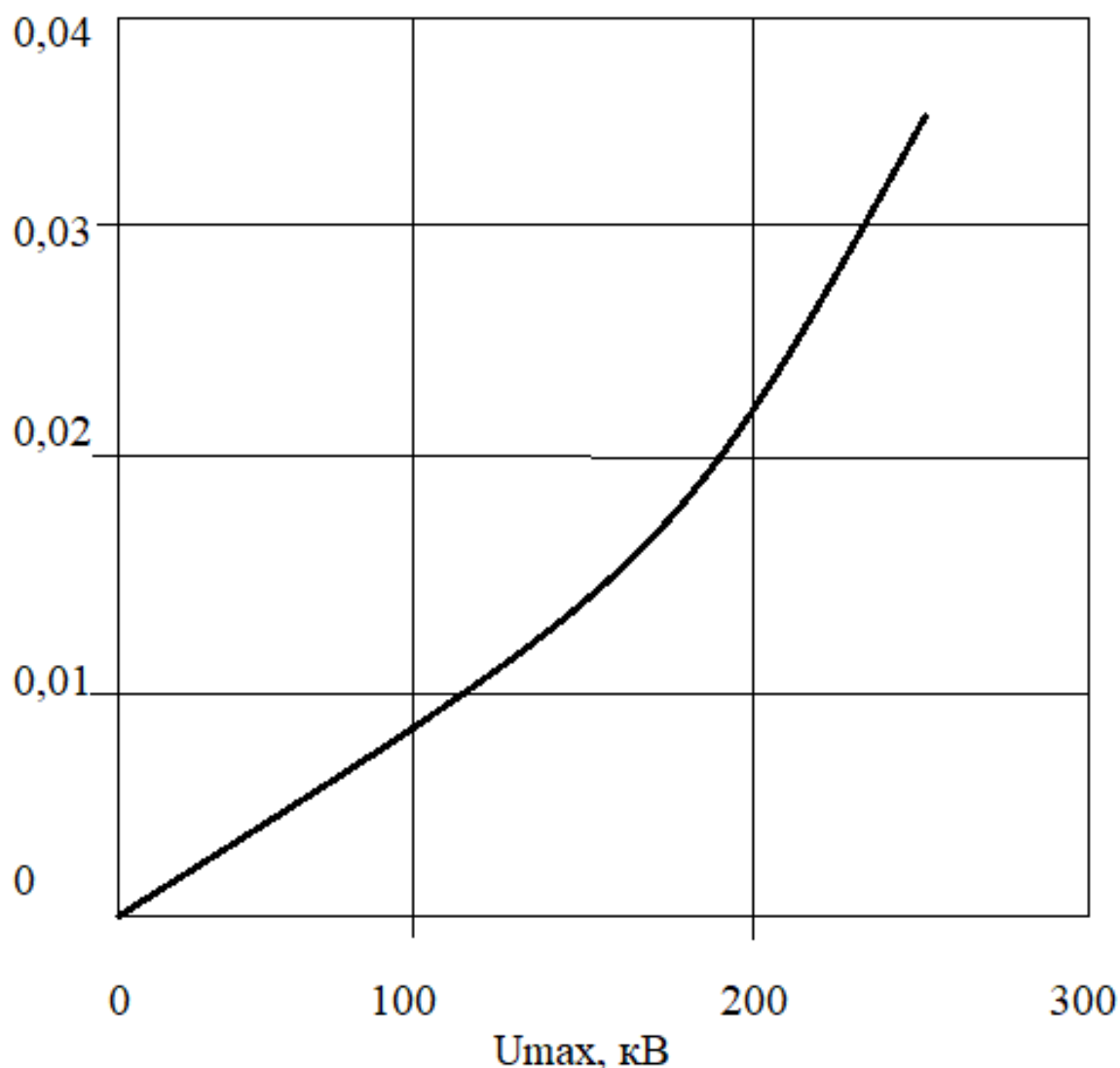
P_{TO} - 3 - Суреттегі қисық арқылы анықталған кейбір стандартты түтіктің радиациялық шығысы.

m – А санатындағы мамандар үшін 36 сағаттық жұмыс аптасы үшін рұқсат етілген ең жоғары дозаның рентгендік сәулеленудің әсер ету аймағындағы n сағат жұмысындағы доза мәніне қатынасы ($n=36, m= 1$);

I – рентгендік түтіктегі ток күші, мА;

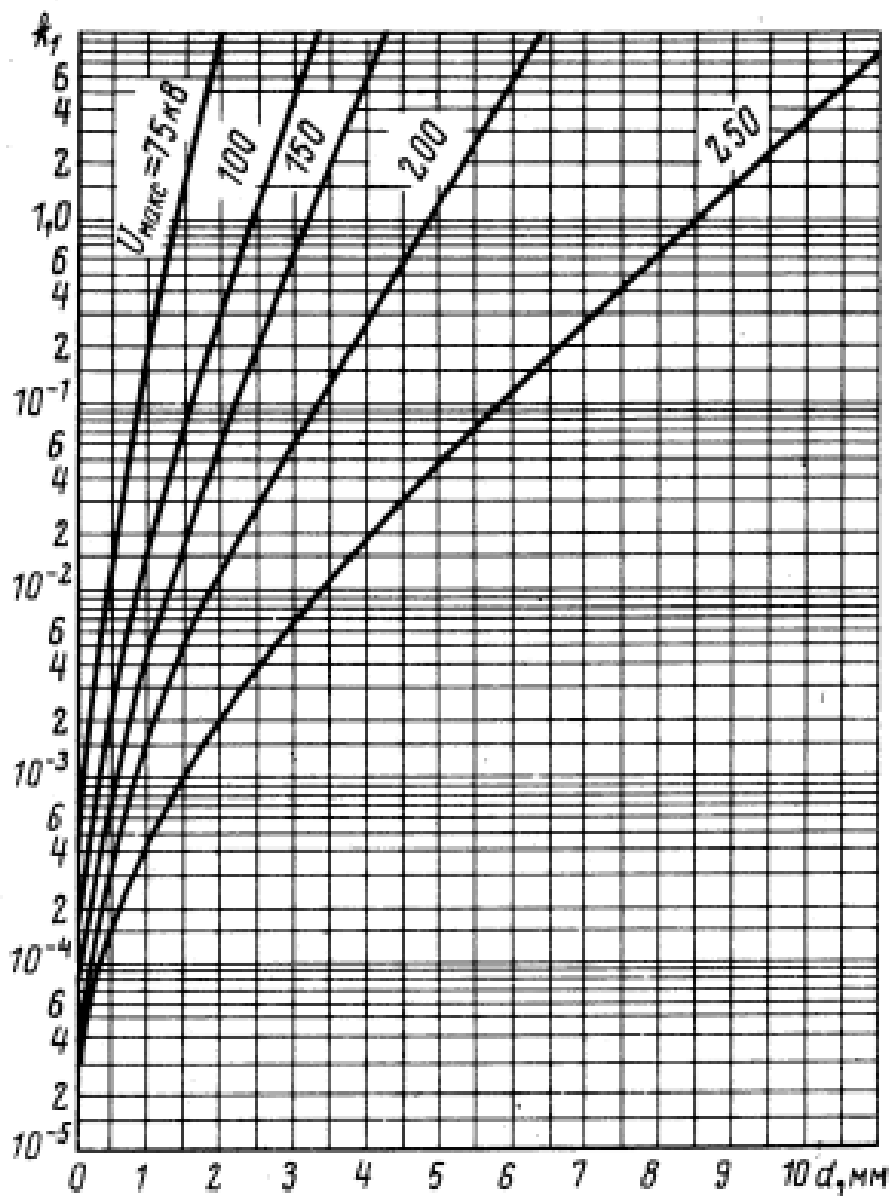
R – рентген түтігінің анодынан жұмыс орнына дейінгі қашықтық, м.

K_R және U_{MAX} есептелген мәніне негізделген номограмманы (4 - Сурет) пайдаланып, қорғанис экранының қалыңдығын анықтауға болады.



Сурет 3 - Рентген түтіктерінің оларға берілген әртүрлі максималды кернеулердегі сәуле шығаруы

K_R және U_{MAX} есептелген мәндеріне сүйене отырып, қорғанис экранының қалыңдығы d мм номограмма көмегімен анықталуы мүмкін.



Сурет 4 - Рентгендік түтіктегі U_{MAX} (кВ) әртүрлі жұмыс кернеулеріндегі қорғаныс металл экранының қалыңдығын анықтауға арналған номограмма d (мм)

Бақылау сұрақтары:

1. Иондаушы сәулелердің түрлерін атап, оларға сипаттама беріңіз.
2. Экспозиция үшін жол қозғалысы ережелеріне анықтама беріңіз.
3. Иондаушы сәулеленудің адам ағзасына әсері қандай?
4. Қандай материалдар рентген сәулелерінен қорғай алады?
5. Экспозицияның жол қозғалысы ережелері неге байланысты?
6. Нервтік сәулеленуден қорғану құралдары.
7. α , β және γ сәулеленуден қорғау құралдары.
8. Иондаушы өлшеу көздерімен жұмыс істеудің қауіптілігі қандай?
9. Иондаушы сәулеленудің қолайсыз әсерінен қорғау шараларын атаңыз?

№ 3 Практикалық жұмыс

Иондаушы сәулелердің зат арқылы өтуі және олардан қорғану

Теориялық материал. Иондаушы сәуле заттан (ортадан) өткенде сәулелену энергиясы затқа өтеді. Энергияның негізгі алмасу процесі иондану болып табылады. Зарядталған бөлшектер заттың электрондарымен және ядроларымен бірнеше рет соқтығысуы кезінде энергияның біртіндеп берілуімен сипатталады.

Альфа бөлшектері зат (орта) арқылы өтетін зат атомдарының электрондарымен әрекеттеседі. Альфа-бөлшектердің зат ядроларымен әрекеттесу процесі екіталай, өйткені, біріншіден, зат атомдарының ядросының массасы бөлшектің массасынан әлдеқайда көп, екіншіден, ядро мен альфа-бөлшектерде бірдей (оң) электр заряды бар. Альфа-бөлшектің ядромен соқтығысуы кезінде ол шамалы дерлік бұрышпен ауытқиды. Демек, материядағы (ортадағы) альфа-бөлшектің жолы дерлік түзу тізбекті. Альфа-бөлшек заттың атомдық электрондарымен әрекеттескенде, бұл бөлшек кинетикалық энергиясын жоғалтады. Кинетикалық энергияны алғаннан кейін бір немесе бірнеше атом электрондары орбитасынан шығып, атом ионға айналады. Егер алынған энергия жеткіліксіз болса, онда атом электрондары басқа орбиталарға ауысып, атомды қоздырады. Екі жағдайда да альфа-бөлшектің энергия жоғалуы **иондану деп аталады.**

Егер заттағы электрондардың шоғырлануы n_e тең болса, онда альфа-бөлшек энергиясының жоғалуы (ионизациялық жоғалулары) жолда кездесетін барлық электрондармен өзара іс-қимылы нәтижесінде $-(dE/dx)$ жиілік ионы - жол бірлігіндегі бөлшек энергиясының азаюы. Ионизациялық жоғалу жол бірлігіндегі альфа-бөлшек энергиясының орташа жоғалуларының шамасымен сипатталады. Бұл шығындар мына өрнек арқылы бағаланады.

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион}} \approx \frac{z_\alpha^2 n_e}{V_\alpha^2}, \quad (3.1)$$

мұндағы: z_α - альфа-бөлшектің заряды;

n_e - заттағы электрондардың шоғырлануы;

V_α - альфа-бөлшектің қозғалыс жылдамдығы.

Эксперименттік деректердің нәтижесінде альфа-бөлшек энергиясы мен оның жүрісі арасындағы бірқатар эмпирикалық арақатынастар белгіленді. Ауадағы E_0 энергиясымен 9 МэВ-қа дейінгі альфа-бөлшектің жүрісі R_α мына қатынаспен анықталады.

$$R_\alpha = 1,24E_0 - 2,62 \text{ см.} \quad (3.2)$$

Ауадан ерекшеленетін заттар үшін альфа-бөлшектің жүрісі мына теңдеумен анықталады.

$$R_{\alpha} = \frac{10^{-4} \sqrt{A_m E_0^3}}{\rho_x}, \quad (3.3)$$

мұндағы: A_m - заттың атомдық массасы;

E_0 - альфа-бөлшек энергиясы, МэВ;

ρ_x - заттың тығыздығы, г/см².

Бета-бөлшектердің зат арқылы өту процесі анағұрлым күрделі, өйткені бұл бөлшектердің энергиясы иондалуға ғана емес, сондай-ақ радиациялық жоғалуға, сонымен қатар, олардың шашырауына да жұмсалады.

Бета-бөлшектің кинетикалық энергиясының иондалған шығындары (3.1) мәнінен есептеледі.

Бета-бөлшектердің атом ядросымен өзара әрекеттесуі кезінде заттардың радиациялық шығындары болады, оны мына теңдеумен есептелінеді.

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{рад}} \approx \frac{z_{\beta}^2}{m_{\beta}^2}, \quad (3.4)$$

мұндағы: m_{β} – бета-бөлшектің массасы.

Бұдан басқа, ядроға зарядталған бөлшектердің болуына байланысты ядроның айналасында кулон өрісі бар. Кулоновтық күштер ядроның зарядына пропорционалды. Кулон күштерінің әсерінен зарядталған бета-бөлшектерде жылдамдық байқалады. Классикалық электродинамикаға сәйкес үдеумен қозғалатын кез келген зарядталған бөлшек электромагниттік толқындарды сәулелейді, олардың қарқындылығы бөлшек үдеуінің квадратына пропорционалды. Жылдамдатылған бета-бөлшектің бұл сәулеленуі тежегіш деп аталады, ал оның толқынының ұзындығы рентгендік сәулелену толқынының ұзындығына сәйкес келеді. Тежегіш сәулеленуге кететін шығындар ядроның зарядына пропорционалды. Сондықтан ауыр элементтер үшін олар жеңілге қарағанда анағұрлым маңызды. Осыдан келіп, бета-бөлшек энергиясының толық жоғалуына тежегіш сәулесінің үлесі оның ауыр заттардағы кинетикалық энергиясының ұлғаюымен өседі.

Ауадағы бета-бөлшектердің ең жоғары жүрісін бағалау үшін (R_{β}) мына эмпирикалық арақатынасты пайдаланады.

$$R_{\beta} \geq 4.1 E_0 \text{ [м]}, \quad (3.5)$$

мұндағы: E_0 – бета-бөлшектің кинетикалық энергиясы (МэВ).

Кез келген заттағы бета-бөлшектердің жүрісі мына өрнектермен бағаланады:

$$R_{\beta} = \frac{R_{\beta}(Z/A_m)_{\beta}}{(Z A_m)_{\beta}}, \quad (3.6)$$

мұндағы: Z – ядроның зарядтық саны;

A_m – заттың атомдық массасы.

Бета-бөлшектерден қорғау үшін шағын және үлкен атом массасы бар материалдардан дайындалатын екі қабатты экрандар қолданылады. Атом массасы аз материал қабаты азырақ тежегіш сәулеленуді береді. Қорғану үшін осындай материалдардан жасалған экрандарды пайдалану кезінде аз энергия кванттарының жоғары интенсивті сәулеленуі пайда болады, ал атом массасы үлкен материалдан жасалған қабатта одан жоғары, бірақ қарқындылығы аз энергия кванттары пайда болады. Бұл ретте сәулелену көзі жағынан атом массасы аз, ал одан кейін үлкен материал орналастырылады. Қаратылған қабатта пайда болатын энергиясы аз кванттар үлкен атом массасы бар қабатта сіңіріледі.

Гамма және рентген сәулелері электромагниттік толқындар болып табылады. Сәулеленудің осы түрлері үшін жол бірлігіне шаққандағы жүріс пен энергия жоғалуы ұғымдары жоқ. Гамма-сәулелері зат арқылы өткенде электрондармен де, зат атомдарының ядроларымен де өзара әрекеттеседі. Әсер ету нәтижесінде сәулелердің қарқындылығы азаяды. Біртекті зат үшін сәулеленің әлсіреуі мына экспоненциалдық заң бойынша болады:

$$I = I_0 e^{-\mu d}, \quad (3.7)$$

мұндағы: I - заттың (жұтқыш) d қалыңдықтағы қабаты арқылы өткеннен кейінгі сәулелердің қарқындылығы;

I_0 - гамма-сәулелердің бастапқы қарқындылығы;

μ - әлсіреудің сызықтық коэффициенті, кестелер бойынша анықталады.

Қарқындылық деп жұтқышқа секундына түсетін гамма-кванттардың санына гамма-квант энергиясының көбейтіндісімен түсіндіріледі. Сызықтық коэффициент сәулелену энергиясына және сіңіргіш материалдың қасиеттеріне байланысты. Әлсіреудің массалық коэффициенті сызықтық арақатынаспен анықталады.

$$\mu_m = \mu / \rho, \text{ [см}^2\text{/г]} \quad (3.8)$$

мұндағы: ρ - жұтатын материалдың тығыздығы, г/см³.

Гамма-сәулелену энергиясының қарқындылығын екі есе азайту үшін қажетті зат қабатының қалыңдығы жарты әлсіреу қабаты (1/2) деп аталады. Сіңіру заңынан мынаны аламыз.

$$\Delta_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}, \quad (3.9)$$

Гамма-сәулеленуден қорғау үшін үлкен атом массасы мен жоғары тығыздықтағы материалдардан (қорғасын, вольфрам және т.б.) жасалған экрандар қолданылады.

Экран үшін қандай да бір материалды пайдаланбастан бұрын қорғаныс қабатының қалыңдығын есептеу жүргізіледі. Экрандардың тиімділігі әлсіреу еселігімен (K) бағаланады. Әлсіреу еселігі мына өрнектен есептеледі.

$$K = \frac{X}{X_d} = \frac{P_x}{P_{x_d}}, \quad (3.10)$$

мұндағы: $X (P_x)$ - экран болмаған кезде осы нүктедегі экспозициялық дозаның шамасы немесе экспозициялық дозаның қуаты;

$X_d (P_{x_d})$ - сол шамалар, бірақ экран болған кезде.

Тапсырмаларды шешу мысалдары

1-тапсырма. $E_0 = 4,5$ МэВ бөлшектердің энергиясына байланысты ауадағы және алюминийдегі альфа-бөлшектердің жүрісін есептеу. Алюминийдің тығыздығы $2,7$ г/см³, ал атомдық массасы $A_m = 27$.

Шешімі:

(3.2) қатынасынан ауадағы альфа-бөлшектердің жүрісін анықтаймыз:

$$R_\alpha = 1.24 * E_0 - 2.62 = 1.24 * 4.5 - 2.62 = 2.96 \text{ см.}$$

Алюминийдегі альфа-бөлшектердің жүрісін анықтаймыз (3.3):

$$R_\alpha = \frac{10^{-4} \sqrt{A_m E_0^3}}{\rho_x} = \frac{10^{-4} \sqrt{27 * 91.125}}{2.7} = \frac{10^{-4} * 49.6}{2.7} = 18.37 * 10^{-4} \text{ мкм.}$$

2-тапсырма. Қорғасын пластинаға энергиясы 1 МэВ гамма-кванттардың ағыны түседі. Пластинадан өткеннен кейін ағын қарқындылығы 10% -ға азаяды. Осы энергияның гамма-кванттары үшін пластинаның қалыңдығын, жартылай әлсіреу қабатын және қорғасынның салмақтық әлсіреу коэффициентін анықтау.

Шешімі:

1. 2-Қосымшадан қорғасынның тығыздығын және $E_\gamma = 1$ МэВ үшін әлсіреудің сызықтық коэффициентінің мәнін табамыз. Олар тиісінше $11,3$ және $0,789$ г/см³ тең. Пластинаның қалыңдығын сіңіру заңынан анықтаймыз (3.7):

$$d = \frac{\ln(\frac{I_0}{I})}{\mu} = \frac{\ln(\frac{1}{0.9})}{0.789} \approx 0.14 \text{ см.}$$

2. Теңдік (3.9) мынаны білдіреді:

$$\Delta_{1/2} = \frac{0,693}{0,789} \approx 0,87 \text{ см.}$$

(3.8) қатынасынан әлсіреудің салмақтық коэффициентін анықтайық:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.789}{11.3} \approx 0.07 \text{ см}^2/\text{г.}$$

3-тапсырма. Белсенділігі 3 Ки ^{60}Co сәулелену көзі орналасқан бетоннан жасалған үй-жай қабырғаларының қалыңдығын есептеу. Сәулелену энергиясы $E_0 = 0,1 \text{ МэВ}$. Сәулелену көзінен көрші үй-жайда орналасқан адамдарға (сәулелену көзі жұмысымен байланысты жоқ) дейінгі қашықтық 5 м.

Шешімі:

1. Экспозициялық дозаның қуатын P_x мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_x = \frac{AK_\gamma}{R^2}, \quad (3.11)$$

мұндағы: A - сәулелену көзінің белсенділігі;

K_γ - радионуклидтің гамма-тұрақтылығы, 1-қосымшадан анықталады;

R – сәулелену көзден жұмыс орнына дейінгі қашықтық.

Гамма-тұрақтылық одан 1 см қашықтықта 1 мКи активтілігімен нүктелі көздің гамма-сәулеленуінен туындайтын экспозициялық дозаның қуатына тең. Гамма-тұрақтылық $P \cdot \text{см}^2/(\text{мКи} \cdot \text{сағ})$ түрінде көрсетіледі.

Сонда:

$$P_x = \frac{3 * 10^3 * 12,93}{2,5 * 10^5} = 0,0155 \frac{\text{Р}}{\text{сағ}}$$

2. (3.10) мәнінен әлсіреу еселігін есептейміз:

$$K = \frac{P_x}{P_{\text{хпд}}}$$

мұндағы: $P_{\text{хпд}}$ - дозаның шегі, гигиеналық нормативке сәйкес 0,22 мбэр/сағ құрайды.

$$K = \frac{0,155 * 10^3}{0,022} = 7,05 * 10^3,$$

Кесте бойынша (3-қосымша) үй-жай қабырғаларының қалыңдығын анықтаймыз, ол шамамен 20 см құрайды.

4-тапсырма. Жұмыс орнындағы экрансыз экспозициялық дозаның қуаты $P_x = 280 \text{ мР/сағ}$ тең. Аптасына 25 сағат бойы жұмыс істеу үшін квант энергиясы $E_\gamma = 0,662 \text{ МэВ}$ болатын ^{137}Cs гамма-сәуле көзінен қорғау үшін темірден жасалған экранның қалыңдығын есептеп шығару.

Шешімі:

1. Экспозициялық дозаның рұқсат етілген шекті қуатын $P_{\text{хпд}}$ есептейміз.

$$P_{\text{хпд}} = \frac{100}{t},$$

мұндағы: t – аптасына жұмыс істеу уақыты, сағ.

$$P_{\text{хпд}} = \frac{100}{25} \text{ мР/сағ}.$$

2. (3.10) өрнегінен әлсіреу жиілігін анықтаймыз:

$$K = \frac{P_x}{P_{x\text{пд}}} = \frac{280}{4} = 70$$

3. 2-қосымшадан E_γ кернеуі = 0,662 МэВ кезінде гамма-сәуленің әлсіреуінің сызықтық коэффициентін табамыз. Ол 0,57 тең.

4. Төмендегі қатынасты пайдалана отырып, темірден жасалған қорғаудың қалыңдығын d есептейміз.

$$d = \frac{\ln K}{\mu} = \frac{\ln 70}{0.57} \approx 7.5 \text{ см.}$$

Өз бетінше жұмыс істеуге арналған тапсырмалар

1-тапсырма. М пластинасына E_0 энергиясы бар гамма-кванттардың ағыны түседі. Пластинадан өткеннен кейін ағынның қарқындылығы n % азаяды. Берілген энергия мәні бар гамма-кванттар үшін пластинаның қалыңдығын, жарты әлсіреу қабатын және пластинаның массалық әлсіреу коэффициентін анықтау қажет. Есептеу үшін бастапқы деректер 17-кестеде келтірілген.

Кесте 17 – 1-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер		
	Заттар	Энергия E_0 , МэВ	n , %
1	Алюминий	1,0	25
2	Бетон	0,5	20
3	Темір	1,25	30
4	Мыс	1,5	50
5	Қалайы (Олово)	0,4	10
6	Қорғасын	1,0	15
7	Алюминий	1,5	40
8	Бетон	1,25	20
9	Темір	2,0	60
10	Мыс	1,25	20
11	Қалайы (Олово)	1,0	10
12	Қорғасын	2,0	50

2-тапсырма. Кинетикалық энергиясына E_0 және заттың тығыздығына ρ_x байланысты N заттағы (ортадағы) альфа-бөлшектердің жүрісін есептеу.

Есептеу үшін бастапқы деректер 18-кестеде келтірілген.

Кесте 18 – 2-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер		
	Заттар (орта), N	Энергия E_0 , МэВ	P_x , г/см ³
1	Алюминий	4,0	2,7
2	Ауа	4,0	1,0
3	Алюминий	5,0	2,7
4	Ауа	5,0	1,0
5	Алюминий	6,0	2,7
6	Ауа	6,0	1,0
7	Алюминий	7,0	2,7
8	Ауа	7,0	1,0
9	Алюминий	8,0	2,7
10	Ауа	8,0	1,0
11	Алюминий	8,5	2,7
12	Ауа	8,5	1,0

3-тапсырма. Жұмыс орнындағы қорғаусыз экспозициялық дозаның қуаты P_x , мР/сағ. М затынан жасалған қорғаныс қалыңдығын есептеңіз, егер сәулелені көзі ^{137}Cs , ал жұмыс уақыты аптасына t сағат болып табылса. Есептеу үшін бастапқы деректер 19-кестеде келтірілген.

Кесте 19 – 3-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер			
	Заттар, М	Энергия E_γ , МэВ	Жұмыс істеу уақыты, t	P_x , мР/сағ.
1	Алюминий	0.662	7	280
2	Бетон	0.6	10	220
3	Темір	0.8	13	140
4	Мыс	1.0	5	250
5	Қалайы (Олово)	0.5	10	240
6	Қорғасын	1.25	11	220
7	Алюминий	1.0	8	240
8	Бетон	0.8	7	280
9	Темір	1.0	4	250
10	Мыс	0.662	6	320
11	Қалайы (Олово)	1.5	5	250
12	Қорғасын	0.662	9	270

4-тапсырма. А белсенділігімен және E_0 сәулелену энергиясымен N сәулелену көзі орналасқан бетоннан жасалған үй-жай қабырғаларының қалыңдығын есептеу. Сәулелену көзінен бастап көршілес үй-жайда орналасқан көздің жұмысымен байланысты емес адамдардың жұмыс орындарына дейінгі арақашықтығы R. Бастапқы деректер 20-кестеде келтірілген.

Кесте 20 – 4-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер			
	Сәулелену көзінің изотопы, N	Сәулелену көзінің белсенділігі A, K _и	Сәулелену энергиясы E ₀ , МэВ	Ара қашықтық R, м
1	Алюминий	2	0,1	5
2	Бетон	1	0,6	6
3	Темір	3	0,3	7
4	Мыс	4	0,2	4
5	Қалайы (Олово)	5	0,5	5
6	Қорғасын	6	0,4	4
7	Алюминий	1	0,1	5
8	Бетон	4	0,2	7
9	Темір	5	0,4	4
10	Мыс	3	0,5	6
11	Қалайы (Олово)	6	0,6	7
12	Қорғасын	2	0,3	4

Бақылау сұрақтары:

1. Альфа бөлшектерінің заттың атомдық электрондарымен өзара әрекеттесуінің мәні неде екенін түсіндіріңіз.

2. Иондану шығындары нені түсінеді және олар қандай үш факторға байланысты?

3. Альфа бөлшектерінің зат ядроларымен әрекеттесу принципін түсіндіріңіз.

4. Бета бөлшектердің зат ядроларымен өзара әрекеттесуінің мәнін түсіндіріңіз.

5. Тежегіш сәулелену дегеніміз не және олар ядроның қандай сәулелену түрлерінде болады?

6. Радиациялық шығындар дегеніміз не және олар қандай екі факторға байланысты?

7. Неліктен 5 МэВ кинетикалық энергиямен Альфа бөлшегі ауада 9 см-ге дейін, ал бета бөлшегі 20 м-ге дейін созылатынын түсіндіріңіз

8. Гамма-сәулеленудің қарқындылығы қай заңға сәйкес төмендейді оның зат арқылы өтуі?

9. Сызықтық әлсіреу коэффициенті дегеніміз не және ол неде массалық коэффициенттің айырмашылығы?

10. Бета бөлшектерінен қорғаныс экрандарын жасау принципін түсіндіріңіз.

11. Экрандардың тиімділігі қандай индикатормен бағаланады-иондаушы сәулеленуден қорғау үшін және ол қалай есептеледі?

№4 Практикалық жұмыс

Дозиметриялық шамалар және олардың өлшем бірліктері

Теориялық материал. Сәулелену мен ортаның өзара әрекеттесу сипаттамаларының біріншісі - бұл иондаушы әсер. Радиациялық дозиметрия дамуының бастапқы кезеңінде көбінесе ауада таралатын рентген сәулесімен жұмыс істеуге тура келді. Сондықтан сәулелену өрісінің сандық шарасы ретінде рентген түтіктері немесе аппараттары ауасының иондау дәрежесін пайдаланды. Қалыпты атмосфералық қысым кезінде құрғақ ауаның иондау шамасына негізделген, өлшеуге оңай болатын сандық өлшем «Экспозициялық доза» деп аталды.

Экспозициялық доза рентгендік және гамма-сәулеленудің иондау қабілетін анықтайды және атмосфералық ауаның масса бірліктерінде зарядталған бөлшектердің кинетикалық энергиясына түрлендірілген сәулелену энергиясын білдіреді. X экспозициялық дозасы - бұл ауаның қарапайым көлеміндегі бір белгінің барлық иондарының dQ жиынтық зарядының осы көлемдегі ауа массасына қатынасы, яғни.

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (4.1)$$

Экспозициялық доза үшін СИ бірлігі Кл/кг. Жүйеден тыс бірлік - рентген (р) болып табылады. 1 Р 0°C температурада және 760 мм сын.бағ. қысымда 1 см³ ауада $2,08 \cdot 10^{18}$ жұп иондардың түзілуіне сәйкес келеді.

Алайда, иондаушы сәулеленудің белгілі түрлерінің диапазонының және оны қолдану аясының кеңеюімен, иондаушы сәулеленудің затқа әсер ету өлшемін жай ғана анықтау мүмкін емес екендігі анықталды. Сәулеленген заттың физика-химиялық өзгерістерін тудыратын және белгілі бір радиациялық әсерге әкелетін процесті заттың иондаушы сәулелену энергиясын сіңіруі деп атаймыз. Осының нәтижесінде «сіңген доза» ұғымы пайда болды.

Жұтылған доза кез келген сәулеленген заттың масса бірлігіне қанша сәулелену энергиясы жұтатынын көрсетеді. Егер массасы dm кез келген затқа әсер ету нәтижесінде иондаушы сәулелену энергиясы dE жұтылатын болса, онда жұтылған доза келесі өрнекпен анықталады:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (4.2)$$

СИ жүйесінде сіңірілген доза бірлігі ретінде Грей (Гр) алынады. Бұл 1 Дж иондаушы сәулелену энергиясы 1 кг массаға берілетін дозасы. Дозаны сіңірудің жүйелік емес бірлігі рад болып саналады.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Эквивалентті дозаның сіңірілген дозадан айырмашылығы, ол биологиялық ұлпадағы сәулелік әсердің ерекшеліктерін ескереді. Бірдей сіңірілген D дозасындағы әсер ұлпаның қандай сәулелену түріне

ұшырайтынына байланысты өте әртүрлі болуы мүмкін. Тіндердің белгілі бір түріне деструктивті әсер етудің бұл ерекшеліктері эмпирикалық түрде анықталған. Олар k әсер ету сапасының орташа коэффициентімен сандық түрде бағаланады (21-кесте), бұл H өрнек арқылы эквивалентті дозаны анықтауға мүмкіндік береді:

$$H = kD. \quad (4.3)$$

СИ-дегі эквивалентті доза бірлігі - зиверт (Зв). 1 зиверт стандартты құрамдағы биологиялық ұлпада сіңірілген доза мен сәулелену сапасының орташа коэффициентінің өнімі 1 Дж/кг болатын дозаға тең. Эквивалентті дозаның жүйеден тыс бірлігі бэр (радтың биологиялық эквиваленті) болып табылады.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

Кесте 21 - Сәулеленудің кейбір түрлері үшін k мәндері

Сәулелену түрі	k
Фотондар (гамма-сәулелену және рентгендік сәулелену)	1
Бета-сәулелену (электрондар және позитрондар)	1
10 МэВ ден аз энергиясыдағы протондар	10
10 МэВ ден аз энергиядағы альфа сәулелену	20
0.110 МэВ энергиядағы нейтрондар	10
20 кэВ ден аз энергиядағы нейтрондар	3

Иондаушы сәулеленуге бірдей емес сезімталдығы бар жеке мүшелер мен тіндерді сәулелендіру кезіндегі бүкіл ағзаға қауіпті бағалау үшін тиімді эквивалентті доза енгізілген:

$$H_{эф} = \sum_{i=1}^n W_i H_i, \quad (4.4)$$

мұндағы: W_i - бүкіл ағзаға әсер етудің жалпы қаупіне қатысты белгілі бір органның (тіннің) әсер ету қаупінің дәрежесін сипаттайтын салмақ коэффициенті.

H_i - дененің i -ші органындағы немесе тініндегі сәулеленудің эквивалентті дозасының орташа мәні.

Салмақтық коэффициенттер (радиациялық қауіп коэффициенттері) бүкіл дененің біркелкі немесе біркелкі емес әсер етуіне қарамастан, әсер ету қаупін анықтауға мүмкіндік береді. W мәндері 22 кестеде берілген.

Бүкіл организм үшін w_{Σ} салмақ коэффициенттерінің қосындысы:

$$w_{\Sigma} = w_1 + w_2 + \dots + w_i = 1 \text{ тең} \quad (4.5)$$

Кесте 22 – W_i мәндері

Тін мүшелері	W_1
Гонадтар жыныстық бездер	0.20
Қызыл сүйек кемігі	0.12
Өкпе	0.12
Құық	0.05
Сүт безі	0.05
Бауыр	0.05
Өңеш	0.05
Қалқанша без	0.05
Тері	0.01
Сүйег жасушалары	0.01
Ми	0.025
Басқа тін	0.05

Салмақтық коэффициенттер эмпирикалық жолмен анықталады және олардың бүкіл организм үшін қосындысы бір болатындай етіп есептеледі. Мысалы, иондаушы сәулелену көзімен жұмыс істегенде жұмысшы 300 бэр дозада кіші жамбас және төменгі аяқ мүшелерінің сәулеленуін алды.

Бұл сәулеленудің тиімді дозасы 84 бэр ($N_{эф} = 300 \cdot 0,25 + 300 \cdot 0,03$) болды.

Көріп отырғанымыздай, дененің көрсетілген бөліктерін 300 бэр дозамен сәулелендіру бүкіл ағзаны 84 бэр дозамен сәулелендіру кезінде оның бойында болатын өзгерістерді тудырады. Бұл жағдайда тек төменгі аяқтардың сәулеленуі бүкіл ағзаны 9 бэр дозасымен сәулелендіруімен тең болатын еді.

Иондаушы сәулеленудің маңызды сипаттамасы P дозасының қуаты болып табылады, ол орта немесе зат уақыт бірлігінде қандай сәулелену дозасын алатынын көрсетеді. Кез келген дозаның қуаты уақыт бойынша дозаның өзгеруі болып табылады:

$$P_D = \frac{dD}{dt} \quad \text{және} \quad P_x = \frac{dx}{dt} \quad (4.6)$$

мұндағы: P_D сіңірілген дозаның қуаты

P_x экспозициялық дозаның қуаты.

Экспозициялық доза үшін бұл шаманың бірлігі Кл/(кг сағ); сіңірілген доза үшін Гр/сағ немесе рад/с. Иондаушы сәулеленудің басқа дозаларының қуаты туралы түсініктер осыған ұқсас түрде енгізілген.

Гамма-сәулеленудің нүктелік көзі үшін жұтылатын және әсер ету дозасының қуатын келесі формулалар арқылы анықтауға болады:

$$P_x = \frac{A \cdot k_\gamma}{R^2} \quad \text{және} \quad P_D = \frac{A \cdot \Gamma_\delta}{R^2} \quad (4.7)$$

мұндағы: A - сәулелену көзінің белсенділігі:

R – сәулелену көзінен жұмыс орнына дейінгі қашықтық;

K_γ изотоптың гамма тұрақтысы;

Γ_δ – изотоптың керма тұрақтысы (1-қосымшаны қараңыз).

Керма тұрақтысы одан 1м қашықтықта 1Бк белсенділігі бар нүктелік көзден гамма-сәулелену нәтижесінде пайда болған ауадағы сіңірілген доза қуатына тең. Ол Гр-м²/(Бк-с) түрінде көрсетіледі. Гамма тұрақтысы одан 1 см қашықтықта 1 мкА белсенділігі бар нүктелік көзден алынған гамма-сәулелену нәтижесінде пайда болатын әсер ету дозасының қуатына тең. Гамма тұрақтысы Р.см²/(мКи-сағ) арқылы өрнектеледі.

Есептер шығару үлгісі

1 тапсырма. 1 апта ішінде 0,5 м қашықтықтағы активтілігі 10 мКи ⁶⁰Со нүктелік көзінен гамма-сәулеленудің әсер ету дозасының мәнін анықтаңыз.

Шешуі:

1. Әдістемелік нұсқаулықтың 1 қосымшасынан жартылай ыдырау периодын аламыз. Оның мәні 5.3 жыл.

2. Жартылай ыдырау кезеңі экспозиция уақытынан әлдеқайда ұзақ болғандықтан, әсер ету дозасын анықтау үшін біз келесі өрнекті қолданамыз:

$$x = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot t}{R^2} = \frac{10 \cdot 12,93 \cdot 7 \cdot 24}{50^2} = 8,67 \text{ Р}$$

2 тапсырма. Биологиялық объект альфа және бета бөлшектерімен біріктірілген сәулеленуге ұшыраған болса, 7 күнде қандай баламалы доза жинақталғанын анықтаңыз, олардың сіңірілген доза қуаты сәйкесінше 20 және 300 Гр/сағ.

Шешуі:

1. (4.6) қатынасы бойынша альфа бөлшектерімен сәулеленудің 7 күн (168 сағ) ішінде биологиялық объектінің алған дозасын есептейміз:

$$D_\alpha = P_\alpha \cdot t = 20 \cdot 168 = 3360 \text{ Гр}$$

2. Бета-бөлшектермен сәулелендіру кезінде биологиялық объектінің 7 күн ішінде алған дозасын есептейміз:

$$D_\beta = P_\beta \cdot t = 300 \cdot 168 = 50400 \text{ Гр}$$

3. Объектіні альфа және бета бөлшектерімен сәулелендіру кезінде алынған эквивалентті дозаны өрнектен сәуле сапасының факторларын ескере отырып анықтаймыз:

$$H = k_\alpha \cdot D_\alpha + k_\beta \cdot D_\beta = 20 \cdot 3360 + 1 \cdot 50 \cdot 400 = 1.18 \cdot 10^5 \text{Зв}$$

3 тапсырма. Иондаушы сәулелену көзімен жұмыс істегенде жұмысшы жыныс бездері және сүйек бетінің жасушалары эквивалентті дозасы 550 бэр

болатын сәулеленуге ұшырады. Сәулеленудің тиімді дозасын анықтаңыз. 4 қосымшаны пайдалана отырып, мұндай сәулелену дозасының салдары туралы қорытынды жасаңыз.

Шешуі:

1. 22 кесте бойынша жыныс бездері мен сүйек тінінің жасушалары үшін салмақ коэффициенттерінің мәндерін қараймыз, олар сәйкесінше 0,2 және 0,01.

2. (4.4) қатынас бойынша сәулеленудің тиімді эквивалентті дозасын анықтаңыз:

$$H = \sum_{i=1}^n w_i H_i = 550 \cdot 0.2 + 550 \cdot 0.01 = 115.5 \text{ бэр}$$

Қорытынды:

1. Алынған доза соғыс уақытындағы төтенше жағдайларда рұқсат етілген ай сайынғы әсер ету дозасынан асып түседі.

2. Дәл осындай доза ерлердің уақытша стерилизациясын тудырады.

Өзіндік жұмысқа арналған тапсырмалар

1 тапсырма. Егер биологиялық объект сәулеленудің екі түрімен біріктірілген сәулеленуге ұшыраса, t уақыт ішінде қандай эквиваленттік доза жинақталғанын анықтаңыз, олардың сіңірілген дозалары сәйкесінше R_{D1} және R_{D2} болды. Бастапқы деректер төменгі 23 кестеде берілген.

Кесте 23 – 1-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер				
	Сәулелену уақыты, t тәу.	Сәулеленудің алғашқы түрі	R_{D1} , Гр/сағ.	Сәулеленудің екінші түрі	R_{D2} , Гр/сағ.
1	4	Альфа	25	Бета	35
2	14	Гамма	30	Протондар	20
3	21	Бета	15	Гамма	12
4	15	Протондар	10	Бета	17
5	20	Гамма	8	10 МэВ дейінгі нейтрондар	15
6	5	10 МэВ дейінгі нейтрон	18	Альфа	13
7	2	10 МэВ дейінгі нейтрондар	14	Гамма	24
8	3	Протондар	8	Бета	10
9	5	Гамма	17	10 МэВ дейінгі нейтрондар	13
10	4	Альфа	6	Гамма	12
11	6	Бета	5	Протондар	6
12	7	Гамма	3	Альфа	2

2 тапсырма. Альфа-сәулеленудің биологиялық тінге әсер ету нәтижесінде алынған, сіңірілген D дозасы белгілі. Бұл биологиялық әрекеті бойынша гамма-сәулеленудің қандай дозасына сәйкес келеді? Бастапқы деректер төмендегі 24 кестеде берілген.

Кесте 24 - 2-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Мәндер	Нұсқалар	Мәндер
	Д, Гр		Д, Гр
1	10	7	200
2	64	8	160
3	18	9	360
4	92	10	840
5	56	11	440
6	170	12	320

3 тапсырма. Иондаушы сәулелену көзімен жұмыс істегенде жұмысшыға H бэр эквивалентті дозасы бар сәулелену N және M мүшелеріне әсер етті. Сәулеленудің тиімді эквивалентті дозасын анықтаңыз. 4 қосымшаны пайдалана отырып, осы әсердің әсері туралы қорытынды жасаңыз. Бастапқы деректер төменгі 25 кестеде келтірілген.

Кесте 25 - 3-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Берілген мәндер		
	N мүшесі	M мүшесі	H, бэр
1	Өкпе	Өңеш	500
2	Бас миы	Сүйек тіндерінің жасушалары	350
3	Тері	Сүйек тіндерінің жасушалары	600
4	Қалқанша безі	Өңеш	550
5	Гонадалар	Қуық	950
6	Бауыр	Тері	450
7	Бауыр	Тері	1200
8	Гонадалар	Қуық	1350
9	Тері	Сүйек тіндерінің жасушалары	2150
10	Өкпе	Өңеш	1780
11	Бас миы	Сүйек тіндерінің жасушалары	1690
12	Қалқанша безі	Өңеш	1000

4 тапсырма. 1 апта ішінде R қашықтықтағы активтілігі A N радиоактивті заттың нүктелік көзінен гамма-сәулеленудің әсер ету дозасының мәнін анықтаңыз. Бастапқы деректер төмендегі 26 кестеде келтірілген.

Кесте 26 - 4-тапсырмаға берілген мәндер

Нұсқалар	Берілген мәндер		
	Заттар N	Белсенділік A, мК _и	Ара қашықтық R, м
1	¹³⁴ Cs	8	0,3
2	¹³⁷ Cs	10	0,4
3	⁶⁰ Co	6	0,5
4	¹⁰⁶ Ru	12	0,2
5	⁵² Mn	14	0,6
6	¹⁵⁴ Eu	9	0,4
7	²² Na	10	0,4
8	¹⁵⁴ Eu	12	0,3
9	¹³⁷ Cs	8	0,5
10	⁶⁰ Co	7	0,5
11	¹³⁴ Cs	12	0,4
12	¹⁰⁶ Ru	10	0,5

Бақылау сұрақтары

1. Сәулеленудің әсер ету дозасы дегенді түсіндіріңіз және оның өлшем бірліктерін атаңыз.
2. Жұтылған сәулелену дозасы немен сипатталады, ол қалай есептеледі және қандай бірліктермен өлшенеді?
3. Сәулеленудің эквиваленттік дозасы нені есепке алатынын түсіндіріңіз және оның өлшем бірліктерін көрсетіңіз.
4. Сәулеленудің тиімді эквивалентті дозасын енгізудің мақсаты қандай және салмақтық факторлардың мәні неде?
5. Кез келген сәулелену дозасының қуаты нені білдіреді және ол қандай бірліктермен өлшенеді?

Әдебиеттер тізімі

1 Бекман, И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 398 с.

2 Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности: Учеб. пособие. Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т - Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. - 143 с.

3 Радиационная безопасность: учеб. пособие по курсу «Основы радиационной безопасности» / Н. В. Микшевич, Л. А. Ковальчук; ФГБОУ ВО «Урал. гос. пед. ун-т». - Екатеринбург, 2016. – 182 с.

4 Баулин С.И. Химическая безопасность: учеб. пособие / С.И. Баулин, С.М. Рогачева, А.М. Козлитин. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2014. – 203 с.

5 Мельниченко Д.А. и др. БЖД. В 3 ч. Ч. 2: Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: учеб.-метод. пособие / Д.А. Мельниченко, М.М. Бражников, Е.Н. Зацепин и др. – Минск: БГУИР, 2017. – 98 с.

6 Рахимова Н.Н. Основы химической и биологической безопасности: учебное пособие / Н.Н. Рахимова: Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 259 с.

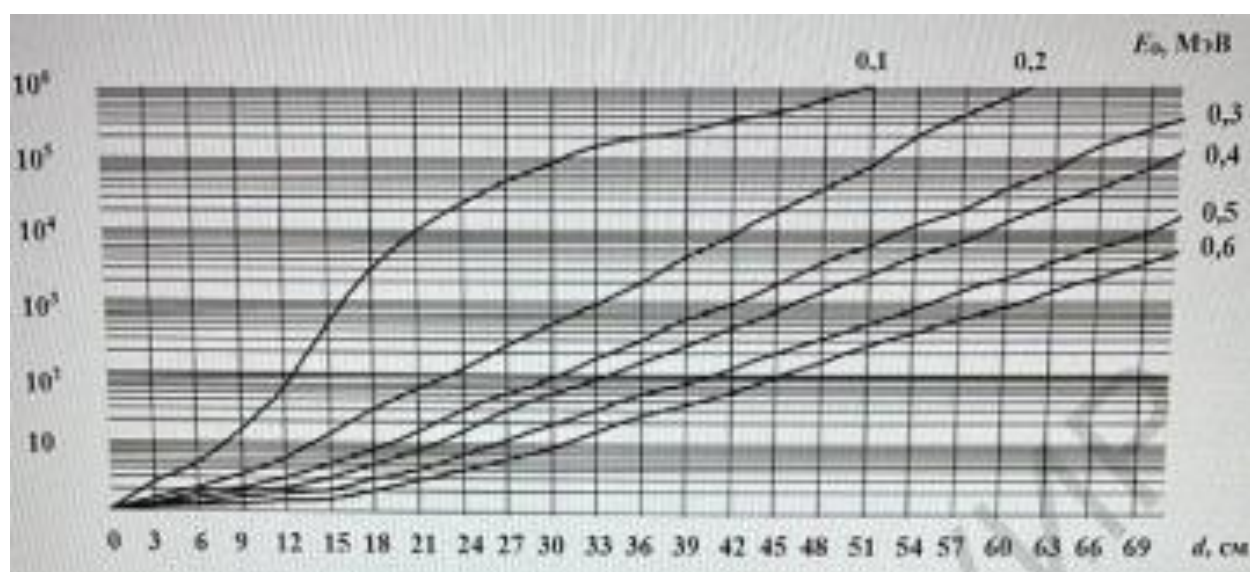
7 Дыхан Л.Б. Основы биологической безопасности: учебное пособие / Л.Б. Дыхан. – Ростов-на-Дону: Таганрог: Изд. Южн. федер. ун-та, 2018. – 98 с.

Радиоактивті заттардың сипаттамалары

Реттік нөмері	Элемент	Изотоп	Керма тұрақтысы	Гамма тұрақтысы	Сәулеленудің дозалық коэффициенті	Жартылай ыдырау кезеңі
			$\frac{\Gamma_{\delta}, \text{Гр} * \text{м}^2}{\text{Бк} * \text{с} * 10^{-18}}$	$\frac{K_{\gamma}, \text{Р} * \text{см}^2}{\text{мКи} * \text{с}}$	$\frac{B_{\gamma}, \text{Зв} * \text{м}^2}{\text{Бк} * \text{с}}$	$T_{1/2}$
1	Натрий	²² Na	78,02	11,9	-	2,6 жыл
2		²⁴ Na	119,4	18,55	-	15 сағ.
3	Калий	⁴⁰ K	5,1	0,19	-	1,28*10 ⁶ жыл
4	Аргон	⁴¹ Ar	43,09	6,6	-	109,61 мин.
5	Марганец	⁵² Mn	118,3	18,03	-	271 тәу.
6		⁵⁶ Mn	55,8	2,28	-	2,6 сағ.
7	Кобальт	⁶⁰ Co	84,6	12,93	1,15*10 ⁻¹⁵	5,26 жыл
8	Мыс	⁶⁴ Cu	7,42	1,12	-	12,8 сағ.
9	Цинк	⁶⁵ Zn	-	-	-	246 тәу.
10	Мышьяк	⁷⁴ As	16,74	4,43	-	26,3 сағ.
11	Бром	⁸² Br	87,3	14,5	-	6,13 мин.
12	Стронций	⁹⁰ Sr	-	-	-	29,12 жыл
13	Рутений	¹⁰³ Ru	-	-	2,68*10 ⁻¹⁶	39,3 тәу.
14		¹⁰⁶ Ru	7,58	1,54	1,03*10 ⁻¹⁶	1 жыл
15	Йод	¹³¹ I	14,2	2,15	1,93*10 ⁻¹⁶	8,04 тәу.
16	Цезий	¹³⁴ Cs	57,4	8,6	7,83*10 ⁻¹⁶	2,06 жыл
17		¹³⁷ Cs	21,33	3,24	2,91*10 ⁻¹⁶	30 жыл
18	Лантан	¹⁴⁰ La	75,6	11,14	-	40,2 сағ.
19	Прометий	¹⁴⁵ Pm	-	-	-	2,6 жыл
20	Европий	¹⁵⁴ Eu	43,04	5,02	-	16 жыл
21	Сынап	²⁰³ Hg	-	-	-	46,8 тәу.
22	Теллур	²⁰⁴ Tl	-	-	-	3,6 жыл
23	Полоний	²¹⁰ Po	-	-	-	138,4 тәу.
24	Радий	²²⁶ Ra	59,5	-	-	1601 жыл
25	Плутоний	²³⁹ Pu	-	-	3,73 ⁻²⁰	2,44*10 ⁴ жыл

Гамма-сәулелену шоғырының әлсіреуінің сызықтық коэффициенті, см⁻¹

Р/Н	E_γ , МэВ	Алюминий, $\rho=2,7$ г/см ³	Бетон, $\rho=2,35$ г/см ³	Темір, $\rho=7,8$ г/см ³	Мыс, $\rho=8,92$ г/см ³	Олово, $\rho=7,28$ г/см ³	Қорғасын, $\rho=11,3$ г/см ³
1	0,1	0,456	0,397	2,92	3,702	7,15	62,068
2	0,2	0,329	0,291	1,146	1,293	2,228	10,689
3	0,3	0,281	0,251	0,864	0,945	1,114	4,278
4	0,4	0,25	0,224	0,738	0,813	0,801	2,496
5	0,5	0,228	0,204	0,659	0,728	0,757	1,725
6	0,6	0,210	0,189	0,604	0,668	0,572	1,350
7	0,662	0,200	0,178	0,570	0,642	0,541	1,18
8	0,8	0,184	0,166	0,525	0,582	0,472	0,983
9	1	0,166	0,149	0,470	0,522	0,413	0,789
10	1,25	0,148	0,132	0,408	0,474	0,373	0,655
11	1,5	0,135	0,122	0,381	0,426	0,333	0,592
12	2	0,117	0,104	0,333	0,373	0,296	0,525
13	3	0,0953	0,0853	0,283	0,319	0,266	0,480
14	4	0,0837	0,0745	0,259	0,296	0,259	0,478
15	5	0,0761	0,0674	0,246	0,284	0,259	0,483
16	6	0,0712	0,0630	0,239	0,276	0,261	0,495
17	8	0,0650	0,0571	0,231	0,271	0,269	0,521
18	10	0,0618	0,0538	0,231	0,273	0,280	0,555

Бетоннан жасалған қорғаныс қалыңдығы ($\rho = 2,3$ г/см³)

Халықтың сәулеленуінің шекті дозалары

Р/н	Сәулелену дозасының атауы	Мөлшер шамасы, өлшем бірлігі
1	Соғыс уақытындағы төтенше жағдайларда сәулеленудің жол берілетін бір реттік дозасы	50 бэр
2	Соғыс уақытындағы төтенше жағдайларда сәулеленудің рұқсат етілген айлық дозасы	100 бэр
3	Соғыс уақытындағы төтенше жағдайларда сәулеленудің рұқсат етілген жылдық дозасы	300 бэр
4	Радиациялық қауіпті объектілердегі авариялар кезінде сәулеленудің жол берілетін жинақталған дозасы	25 бэр
5	Персоналдың сәулеленуінің рұқсат етілген орташа жылдық дозасы	2 бэр/жыл
6	Халықтың сәулеленуінің рұқсат етілген орташа жылдық дозасы	0,1 бэр/жыл
7	Ерлерді уақытша стерильдеуді тудыратын сәулелену дозасы	10 бэр
8	Ерлерді тұрақты стерилизациялауды тудыратын сәулелену дозасы	200 бэр
9	Әйелдерді тұрақты стерилизациялауды тудыратын сәулелену дозасы	300 бэр
10	Бүйрек көтеретін сәулелену дозасы	2300 бэр
11	Сүйектер мен аяқастар төзетін сәулелену дозасы	7000 бэр
12	Бауыр көтеретін сәулелену дозасы	4000 бэр
13	Ми көтеретін сәулелену дозасы	8000 бэр

2025ж. жиынтық жоспары, реті 25.

Тулеужан Иманмуханмедовна Бейсекова,
Максат Жасыузакович Шанбаев

**БИОЛОГИЯЛЫҚ, ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ РАДИАЦИЯЛЫҚ
ҚАУІПСІЗДІК**

6В11201 – Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау оқу бағдарламасының студенттеріне практикалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық

Стандарттау бойынша маман:

Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды 20.02.2025
Таралымы 50 дана.
Көлемі – 2,8 оқу- бас.ә.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс Бағасы 1400 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме – көбейту бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1