

Шығыс Қазақстан облысы
әкімдігінің білім
басқармасы
КМКҚ «Геология барлау
колледжі»



КГКП «Геологоразведочный
колледж» управления
образования Восточно-
Казахстанского областного
акимата

**1514000 «Экология және жер қойнауын пайдалану
салаларындағы табиғи ресурстарды тиімді қолдану»
мамандығына арналған «Радиоэкология» пәнінен базалық
тірек конспектісі**

Байгометова Д. С.

**1514000 «Экология және жер қойнауын пайдалану
салаларындағы табиғи ресурстарды тиімді қолдану»
мамандығына арналған «Радиоэкология» пәнінен базалық
тірек конспектісі**

Колледждің әдістемелік кеңесінде бекітілген

Әзірленген 2012
(мерзім)

Қайта өңдеген 2017
(мерзім)

Семей қаласы, 2017 ж.

Байгометова Д. С., 1514000 «Экология және жер қойнауын пайдалану салаларындағы табиғи ресурстарды тиімді қолдану» мамандығына арналған «Радиоэкология» пәнінен базалық тірек конспектісі. – 56 бет.

Базалық тірек конспекті оқу жұмыс бағдарламасына сәйкес 1514000 «Экология және жер қойнауын пайдалану салаларындағы табиғи ресурстарды тиімді қолдану» мамандыққа әзірленген және 3 курс студенттеріне арналған. Ол құрамында «Табиғи ортаның жағдайын бақылау» пәні бойынша 3 тараудан тұрады, негізгі теориялық және тәжірибелік материалдар, сондай-ақ, құрамында бақылау сұрақтары мен тапсырмалары бар. Негізгі түсініктердің анықтылығына, олардың ерекшеліктері мен түрлеріне қысқа мерзімде жаңа ақпараттарды пайдалана отырып студент жауап бере алады және емтиханды сәтті тапсыра алады. Базалық тірек конспектісі студенттерге ғана емес, оқытушыларға да сабаққа дайындалу және оны өткізу кезінде тиімді.

МАЗМҰНЫ

№/р	Бөлімдер мен тақырыптардың атауы	бет
1 бөлім. Ионданушы сәулеленулердің биологиялық әсерінің физикалық негіздері.		
1.	Тақырып 1.1. Атом құрылысы. Радиобелсенділік түсінігі.	6-10
2.	Тақырып 1.2. Радиобелсенділік бірліктері.	10-13
3.	Тақырып 1.3. Ядролық түрленулер типтері Ионданушы сәулеленулердің түрлері және олардың сипаттамасы.	13-17
2 бөлім. Ионданушы сәулеленулердің және қоршаған ортаны радиобелсенді заттармен ластау көздері.		
4.	Тақырып 2.1. Ионданушы сәулеленулердің көздерінің жіктелуі. Табиғи көздер.	17-22
5.	Тақырып 2.2. Радиобелсенді минералды шикізатты игеру және өңдеу.	22-24
6.	Тақырып 2.3. Көмірсутекті шикізатты игеру және өңдеу.	24-27
7.	Тақырып 2.4. Ядролық жанармай айналымы.	27-30
8.	Тақырып 2.5. Радиобелсенді қалдықтар	30-35
9.	Тақырып 2.6. Радиометрлік аспаптардың жұмыс істеу принципі.	35-38
10.	Тақырып 2.7. Радиометрия әдістері	38-42
11.	Тақырып 2.8. Ластанған территорияларды экологиялық картографиялау.	42-44
3 бөлім. Әрекеттегі радиациялық объектілердегі радиациялық бақылауды ұйымдастыру және жүргізу.		
12.	Тақырып 3.1. Радиоэкологиялық мониторинг.	44-48
13.	Тақырып 3.2. Радиациялық қауіпсіздік ауданында қалыптау принциптері.	48-51
14.	Тақырып 3.3. Ионданушы сәулеленудің биологиялық әрекеті.	51-56
15.	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	56

ТАҚЫРЫПТЫҚ ЖОСПАР

№ р/н	Бөлімдер мен тақырыптар атауы	Сағаттар саны
1	2	3
	1 бөлім. Ионданушы сәулеленулердің биологиялық әсерінің физикалық негіздері.	6
1.1	Атом құрылысы. Радиобелсенділік түсінігі.	2
1.2	Радиобелсенділік бірліктері.	2
1.3	Ядролық түрленулер типтері Ионданушы сәулеленулердің түрлері және олардың сипаттамасы.	2
	2 бөлім. Ионданушы сәулеленулердің және қоршаған ортаны радиобелсенді заттармен ластау көздері.	16
2.1	Ионданушы сәулеленулердің көздерінің жіктелуі. Табиғи көздер.	2
2.2	Радиобелсенді минералды шикізатты игеру және өңдеу.	2
2.3	Көмірсутекті шикізатты игеру және өңдеу.	2
2.4	Ядролық жанармай айналымы.	2
2.5	Радиобелсенді қалдықтар	2
2.6	Радиометрлік аспаптардың жұмыс істеу принципі.	2
2.7	Радиометрия әдістері	2
2.8	Ластанған территорияларды экологиялық картографиялау.	2
	3 бөлім. Әрекеттегі радиациялық объектілердегі радиациялық бақылауды ұйымдастыру және жүргізу.	6
3.1	Радиоэкологиялық мониторинг.	2
3.2	Радиациялық қауіпсіздік ауданында қалыптау принциптері.	2
3.3	Ионданушы сәулеленудің биологиялық әрекеті.	2

1 БӨЛІМ.

Ионданушы сәулеленердің биологиялық әсерінің физикалық негіздері.

Сабақ 1 Тақырып 1.1: Атом құрылысы. Радиобелсенділік түсінігі.

Жоспар :

1. Қарапайым атом бөлшектерінің заряды мен массасы.
2. Радиобелсенділік. Радионуклидтер.
3. Радиоактивті ыдырау заңы. Жартылай ыдырау периоды.

Қарапайым атом бөлшектерінің заряды мен массасы

Радиоэкология – организмдердің тіршілік ету ерекшеліктерін, олардың қоршаған ортамен ионданушы сәулеленудің үздіксіз әсері жағдайында қатынасын зерттейтін ғылым.

Ионданушы сәулелену – бұл, зат арқылы пайда болуы онда түрлі белгілердегі иондардың қалыптасуына алып келетін сәулелену.

Атомдар – бұл заттың ең кіші химиялық бөлінбейтін бөліктері, біздің айналамыздың барлығы құрастырылған негізгі кірпіштері. Атом өзінің құрылымы бойынша миниатюрлы Күн жүйесіне келеді. Атом центрінде өте тығыз ауыр ядро орналасады, ол оң зарядталған *протондардан* және зарядқа ие емес *нейтрондардан* тұрады. Ядро оң зарядқа ие, оның өлшемі ядроғағы протондар санымен анықталады. Протон және нейтронның массасы бірдей және шамамен бір шартты бірлікке тең (массаның атом бірлігіне немесе қысқартылған түрде а.а.б. ($1 \text{ а.а.б.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$)). Атомның ядросын құрайтын протондар мен нейтрондарды *нуклондар* (латын тілінен «*nucleus*», «ядро» деген мағынаны береді) деп атайды.

Нуклондар ядроға қуатты тартылыс күштерімен ұсталынып тұрады. Әр атомның ядросында нуклондар бір-бірінен белгілі бір қашықтықта орналасады. Бір біріне жақындаған жағдайда тартылыс күштері тебу күштеріне алмасады.

Ядроны жеңіл, теріс зарядталған бөлшектер – *электрондар* қоршайды, олар өлшемдері және массалары бойынша нуклондардан әлдеқайда кіші болып келеді (электрон массасы нуклон массасынан 1800-ден аса есе кіші). Абсолютті мөлшері бойынша протонның заряды электрон зарядына тең. Электрон, протон және нейтронды *қарапайым (элементар) бөлшектер* деп атайды.

Қарапайым атом бөлшектерінің заряды және массасы.

<i>Қарапайым бөлшек</i>	<i>Қатысты заряд</i>	<i>Тыныштық массасы, а.а.б.</i>
Протон	+1	1,0073
Нейтрон	0	1,0087
Электрон	-1	$5,4858 \cdot 10^{-4}$

Атом ядросындағы протондардың санын *протон саны (Z)*, ал нейтрондар санын *нейтрон саны (N)* деп атайды. Ядроғағы протондар мен нейтрондардың суммарлы санын *атом саны (A)* деп атайды.

Протон саны химиялық элементтің Д.И.Менделеевтің Периодтық жүйесіндегі реттік нөмеріне сәйкес келеді.

Химиялық элемент – ядродағы протон сандары бірдей, яғни бірдей ядро заряды бар атомдардың жиынтығы.

Бір элементтің атом ядроларында әрқашан протондардың саны бірдей болады. Мысалы, көміртегінің барлық атомдарының ядроларында 6 протоннан бар, ал азоттың барлық атомдары 7 протоннан болады.

Атом массасы тәжірибе жүзінде ядродағы протондар мен нейтрондардың массаларының соммасымен анықталады, себебі ядродағы электрондар массасы ядро массасымен салыстырғанда өте аз. Массаның атом бірлігімен келтірілген атомның массалық саны шамамен атом ядросындағы протондар (**Z**) мен нейтрондардың (**N**) соммасы мөлшеріне, яғни атом санына (**A**) сәйкес келеді. Атомның массалық санын химиялық элементтің символынан сол жақ жоғарғы бөлігінен көрсету қабылданған (^{12}C , ^{14}N және т.с.с.).

Атомның массалық саны (**A**)

$$A=Z+N$$

Z – протондар саны;

N – атом ядросындағы нейтрондар саны.

Бір химиялық элементтің протон саны бірдей болған жағдайда да, алайда, атомдар ядроларының нейтрондар саны бойынша айырмашылығы болуы мүмкін. Протон саны бірдей, бірақ нейтрондар саны әр түрлі атомдардың массалық саны ядрода әр түрлі. Мұндай атомдар *изотоптар* деп аталады.

Изотоптар – бұл бір химиялық элементтің атомдары, яғни өздерінің ядроларында бірдей протондар санына ие, бірақ ядроларында нейтрондардың саны әр түрлі болғандықтан массалық сандарымен ерекшеленетін атомдар.

Изотоптардың атауы және белгіленулері сәйкес келетін химиялық элементтің атауы мен белгіленуіне сәйкес келеді. Басқа элементтердің изотоптарына қарағанда сутегінің әр изотопы өзінің атауы мен белгіленуіне ие.

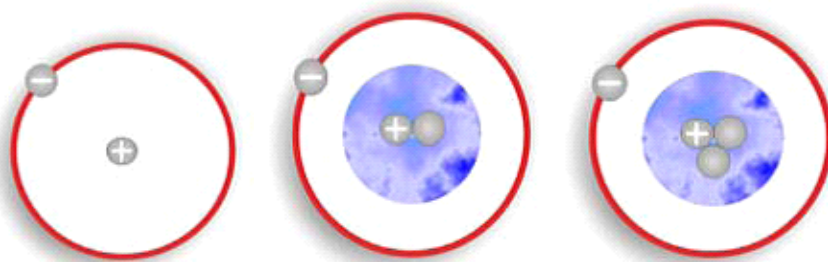
Протий ^1H
протон (p^+)

Дейтерий ^2D

Тритий ^3T

+

нейтрон (n^0)



Әдебиетте «нуклид» термині таралған.

Нуклид – ядродағы протондар мен нейтрондардың белгілі бір санына ие атомдар жиынтығы.

Радиобелсенділік. Радионуклидтер.

Табиғатта төзімді (тұрақты) нуклидтермен қатар төзімсіз радиобелсенді нуклидтер де (радионуклидтер) бар. Төзімді нуклидтердің ядролары іс жүзінде өзгеріссіз күйде болады, олардағы протондар мен нейтрондар саны шексіз ұзақ өзгермегенде. Төзімсіз радионуклидтердің ядролары өздігінен ыдырайды. Жалпы, нуклид ядроларының тұрақтылығы атомдық ядродағы протондар мен нейтрондардың санының қатынасына тәуелді.

Протондар мен нейтрондардың артық болуы атом ядросын төзімсіз етеді. Олар артық энергияға ие және аз энергиямен төзімдірек жағдайға көшуге ұмтылады. Кез келген мұндай ядролық түрленулердің өзіндік үрдістері қоршаған ортаға иондық сәулеленулер түрінде энергия бөлінумен жүреді. Нәтижесінде бір атом ядролары энергетикалық төзімдірек басқа атом ядроларына айналады.

Радиобелсенділік – бұл тұрақсыз атом ядроларының басқа төзімдірек ядроларға қоршаған ортаға иондаушы сәулелену түрінде энергия бөлінумен өздік айналуы болып табылады.

Радионуклидтер (латын тілінен «*radiare*» сәуле шығару, «*nucleus*» ядро) – бұл тұрақсыз ядролары бар атомдар, олар өздігінен басқа химиялық элементтің немесе сол химиялық элементтің басқа изотоптарының төзімдірек ядроларына қоршаған ортаға ионданушы сәулелену түріндегі энергия бөлінумен айналады.

Барлық изотоптары радиобелсенді химиялық элементтерді *радиобелсенді элементтер* деп атайды. Радиобелсенді элементке мысал уран болып табылады. Егер сутегі және уранның изотоптарын салыстырсақ, онда сутегінде 2 тұрақты изотобы бар (протий және дейтерий) және біреуі радиобелсенді (тритий), ал уранда тұрақты изотоптары жоқ, оның барлық изотоптары – радиобелсенді екенін көруге болады.

Радиобелсенді болып элементтердің Периодтық жүйесінде реттік номері 83-ге тең висмуттан кейін орналасқан барлық химиялық элементтер табылады. Қалған химиялық элементтер тұрақты да, радиобелсенді де изотоптарға да ие.

Шамамен 1700 қазіргі уақытта белгілі нуклидтерден тек 256 ғана тұрақты. Қалғандары радиобелсенді болып табылады және тұрақты нуклидтерге айнала отырып өздігінен ыдырайды.

Радиобелсенді ыдырау заңы. Жартылай ыдырау периоды.

Төзімсіз атом ядроларының өзіндік айналуы бір біріне тәуелсіз жүреді. Уақыттың нақты бір аралығында ядролардың белгілі бір бөлігі ыдырайды. Төзімсіз атом ядросының ыдырауы кез келген сәтте болуы мүмкін: секунд,

минут, сағат, тәулік және т.б. кейін (оның айналу сәтін жорамалдау мүмкін емес).

Радионуклидтің радиобелсенді ыдырау жылдамдығы осы радионуклидтің ыдырамаған атом ядроларының санына пропорционалды. Анықталған заңдылықты радиобелсенді ыдырау заңы деп атады.

Белгілі бір радионуклидтің кез келген мөлшерінің жартысы ыдырайтын уақыт аралығы *тұрақты өлшем*. Оны *жартылай ыдырау периоды* деп атайды және радионуклидті сипаттау үшін қолданады.

Радионуклидтің жартылай ыдырау периоды – радионуклидтің кез келген мөлшерінің жартысы ыдырайтын уақыт аралығы.

Жартылай ыдырау мөлшері бойынша радионуклидтің ыдырау жылдамдығы жайлы түсінік алады. Жартылай ыдырау периоды әдетте $T_{1/2}$ деп белгілейді.

Әр түрлі радионуклидтер үшін жартылай ыдырау периодының ұзақтығы секундтың миллионнан бір бөлігінен бірнеше миллиард жылға дейінгі аралықты құрауы мүмкін.

Екі жалғасымды ыдырайтын радиобелсенді затқа иеміз дерлік – бірінші (аналық) және екінші (туынды). t уақыт сәтінде бірінші заттың N_1 атомы және екінші заттың N_2 атомдары бар дерлік. Бірінші және екінші заттың ыдырау тұрақтысын сәйкесінше λ_1 и λ_2 деп белгілейміз. Бірінші заттың әр ыдырайтын атомынан екінші заттың бір атомы түзіледі. Бұл жағдайда бірінші заттан уақыт бірлігінде пайда болатын екінші заттың атом саны t моменті үшін тең болады:

$$\lambda_1 * N_1$$

Алайда, бірінші заттың атомдарынан екінші заттың атомдарының пайда болуымен қатар екінші заттың атомдарының ыдырауы жүреді. Екінші заттың уақыт бірлігінде ыдырайтын атомдар саны тең болады:

$$\lambda_2 * N_2$$

Осыннан t моменті үшін екінші заттың атомдарының саны мына өрнекпен анықталады:

$$\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

Бұл аналық элементтің ыдырауы арқасында туынды элементтің жиналу жылдамдығы болып табылады. Бұл үрдісте екі нұсқаны ажыратады:

- Бірінші (аналық) зат екіншісіне (туынды) қарағанда тез ыдырайды, яғни $\lambda_1 > \lambda_2$. Бұл жағдайда уақыттың белгілі бір бөлігі өткен соң тек екінші зат қалады.
- Аналық зат туынды затқа қарағанда ақырын ыдырайды, яғни $\lambda_1 < \lambda_2$. Бұл жағдайда екі зат та толықтай ыдырағанға дейін тіршілік етеді, сонымен қатар олардың сандық қатынасы **радиобелсенді тепе-теңдік** деген атауға ие қандай да бір тұрақты шекке ұмтылады.

Жартылай ыдыраудың кіші периодтары кезінде келесі өнімдер алдыңғы өнімдермен радиобелсенді тепе-теңдік жағдайына тезірек жетеді. Осылайша, мысалы, радон өзінің келесі ыдыраудың қысқа өмір сүретін өнімдерімен радиобелсенді тепе-теңдікке шамамен үш сағаттың ішінде жетеді. Басқа

радиобелсенді газ торон ($T=54,5\text{с}$) өзінің туынды заты – полоний -216-мен ($T=0,16\text{с}$) тепе-теңдікке іс жүзінде бір сәтте жетеді.

Егер аналық зат өте ақырын ыдырайтын болса, онда одан әрі айналатын, радиобелсенді жанұяны құрайтын элементтердің қатардың барлығында радиобелсенді изотоптар жағдайы басталады, ол **тұрақты радиобелсенді тепе-теңдік** деп аталады. Бұл жағдайда қандай да бір туынды заттың атомдар санының азаюы оның алдыңғы өнімнің ыдырауы нәтижесінде өсуімен жүзеге асатын болады. Радиобелсенді қатарда тұрақты радиобелсенді тепе-теңдікке жеткенде қатардың барлық элементтерінің уақыт бірлігінде ыдырайтын атомдар саны бірдей, яғни

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \dots \quad \Lambda_n N_n = \text{Const}$$

Мысалы, уранды кенде әрқашан аналық заттан (ураннан) басқа барлық туынды заттар да болады, соның ішінде радий. Уранның бір килограммына барлығы 0,34 мг радий келеді. Уран және радийдің арасында радиобелсенді тепе-теңдік ұзақ уақыт өткен соң ғана болады және көне тау жыныстарында бақыланады.

Бақылау сұрақтары.

1. Радиоэкология нені зерттейді?
2. Атом дегеніміз не?
3. Элементар бөлшектер түсінігін ашу.
4. Атомның массалық саны немен көрсетіледі?
5. Изотоптарға анықтама беру.
6. Радиобелсенді ыдырау заңының жағдайы.
7. Жартылай ыдырау периоды деп нені атайды?
8. Радиобелсенді тепе-теңдік мәнін ашу.

Сабақ 2 Тақырып 1.2: Радиобелсенділікті өлшеу бірліктері.

Жоспар:

1. Сәулелену көзінің белсенділігін өлшеу.
2. Сәулелену дозасын өлшеу.

Сәулелену көзінің белсенділігін өлшеу.

Радияциялық құбылыстарды өлшеудің екі түрі бар: 1) сәулелену көзінің белсенділігін өлшеу; 2) сәулелену дозасын өлшеу.

Белсенділік – бұл уақыт бірлігінде ыдырайтын ядролар саны. ХБЖ жүйесінде белсенділіктің өлшем бірлігі болып **Беккерель (Бк)** табылады. Радиобелсенді затта 1 Бк белсенділікпен орташа секундына бір аяқ асты ядролық айналу жүреді.

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ ыдырау/с.}$$

Белсенділіктің жүйеден тыс бірлігі – **Кюри (Ки)**. 1 Кюри 1г радийдің белсенділігіне сәйкес келеді.

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

1 Ки-ге сәйкес келетін радиобелсенді заттың салмағы баяу ыдырайтын және жылдам ыдырайтын изотоптарда ажыратылған. Мысалы, радий үшін 1 Ки белсенділік 1 г сәйкес келеді, ал қысқа өмір сүретін радиобелсенді натрий үшін – 10^{-7} г. Белсенділіктің одан да кіші бірліктері бар: *милликюри (мКи) = 10^{-3} Ки*; *микрокюри (мкКи) = 10^{-6} Ки*; *нанокюри (нКи) = 10^{-9} Ки*; *пикокюри (пкКи) = 10^{-12} Ки*.

Заттағы радионуклидтің концентрациясын *үлесті* немесе *көлемдік белсенділік* бойынша бағаланады.

Үлесті белсенділік – заттың, оның массасының бірлігіне есептегі белсенділігі, ал **көлемдік белсенділік** – заттың көлем бірлігіне. Мысалы: Кюри шаршы километрге (Ки/км²); Беккерель 1 г затқа (Бк/г); Беккерель 1 мольге (Бк/моль) тең.

Үлесті белсенділікті (Ам, Бк/кг) әдетте қатты заттардағы радионуклидтердің болуын бағалағанда қолданады, ал көлемдікті (Ав, Бк/м³) – сұйық және газ тәрізді (су, ауа және т.с.с.) заттардағы радионуклидтердің болуын бағалау кезінде қолданады.

Объект бетінде радионуклидтердің таралуын **объект бетінің аудан бірлігіндегі радионуклидтің белсенділігі** бойынша сипаттайды. Бұл өлшем әдетте территорияның радионуклидтермен ластану деңгейін сипаттау үшін пайдаланады, оны көбінесе *ластану тығыздығы* деп атайды.

Сәулелену дозасын өлшеу.

Сәулелену көзі белгілі бір белсенділікке ие бола отырып, сәулеленетін ортамен оның ионизациясын тудыра отырып әсерлеседі. Бұл кезде сәулеленетін ортамен сіңірілетін энергия **радиациялық эффектті** анықтайды. Радиациялық эффекттің сандық сипаттамасы сәулелену дозасымен анықталады. Осылайша, *сәулелену дозасы* – бұл радиобелсенділік әрекеттің (белсенділіктің) нәтижесі.

Радиобелсенді бөлшектер затпен әрекеттескен кезде иондардың пайда болуы, сәулежүту және үлпілдек таралуы жүреді. Ауаның ионизация мөлшері **экспозициялық дозамен** сипатталады (**Дэ**), оны өлшеу үшін жүйеден тыс бірлік **рентгенді (Р)** қолданады. 1 Р доза ауаның $2,08 \cdot 10^9$ ион/см³ жұбына сәйкес келеді. Бұл 1 см³ сәулеленгенде онда $2,08 \cdot 10^9$ жұп ион пайда болды дегенді білдіреді. Тәжірибеде рентгеннен 1000 рет кіші бірлік **миллирентгенді (мР)** және рентгеннен миллион рет кіші **микрорентгенді (мкР)** қолданады.

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) экспозициялық доза **кулон килограммға (Кл/кг)** өлшенеді. **Кулон килограммға** – бұл рентгендік және гамма сәулеленудің экспозициялық дозасы, ол кезде 1 кг құрғақ атмосфералық ауада әр таңбаның 1 кулон электр тоқты заряды бар иондар пайда болады. Рентгеннің және кулонның килограммға қатынасы: $1Р = 2,57976 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг (ауа) немесе $1Кл/кг = 3876 Р$.

Кез келген радиобелсенді заттың гамма-сәулеленудің ионданушы әрекеті оны радийдің эталонды көзінің әрекетімен салыстырумен бағаланады

және радийдің миллиграмм-эквивалентімен (мг-экв Ra) немесе радийдің грамм-эквивалентімен (г-экв Ra) көрсетіледі.

Уақыт бірлігінде алынған экспозициялық доза **сәулелену интенсивтілігі (қуаты)** деп аталады. Ол өлшенеді: *рентген сағатына* ($P/сағ$), *миллирентген сағатына* ($mP/сағ$), *микрорентген сағатына* ($μP/сағ$).

Экспозициялық доза (D_x), доза интенсивтілігі (P) және сәулелену уақыты арасындағы қатынас былай көрінеді:

$$D_x = P \cdot T$$

Осылайша, экспозициялық доза **радиациялық өрісті** сипаттайды, яғни ионданушы сәулеленудің тірі ағзаға потенциалды әсер ету деңгейін. Бірақ сәулелік әсер сатысы, сәулелік жарақат тереңдігі және формасы **жұтылған сәулелену энергиясына** немесе иондаушы сәулеленумен сәулеленетін затқа немесе адам терісіне енгізілетін энергия мөлшеріне тәуелді. Сәулеленетін дененің масса бірлігімен жұтылған энергияны **жұтылған дозамен ($D_{ж}$)** сипаттау қабылданған – бұл қарапайым көлемдегі затқа иондаушы сәулеленумен берілген энергияның осы көлемдегі зат массасына қатынасы. ХБЖ-де жұтылған доза ($D_{ж}/кг$) өлшенеді және арнайы атауға ие – *Грей (Гр)*. $1 Гр = 1 Дж/кг$. Жұтылған дозаның жүйеден тыс өлшем бірлігі – *рад*. $1 рад = 1 кг$ затпен жұтылған 100 эрг сәулелену энергиясына сәйкес келеді: $1 рад = 100 эрг/г = 1 \cdot 10^{-2} Дж/кг = 1 \cdot 10^{-2} Гр$. $1 Гр = 100 рад$.

Элементар бөлшектер бірдей емес ионизациялық қабілетіне ие. Сәйкесінше, әр түрлі бөлшектермен тірі ағзалардың сәулеленуі кезінде **радиобиологиялық эффектiсi** бірдей жұтылған дозалар кезінде де әр түрлі болады. Сондықтан тірі ағзалардың сәулелену мөлшерін өлшеу үшін **эквивалентті доза ($D_{экв}$)** түсінігі енгізілген, ол сәулеленудің *сапа коэффициентін (СК)* есепке алады. **Эквивалентті доза** – бұл ағзада немесе теріде сәулеленудің берілген түрі үшін сәйкес келетін сапа коэффициентіне көбейтілген жұтылған доза. Эквивалентті доза *бэрмен* өлшенеді (рентгеннің биологиялық эквиваленті деп есептеледі). Бұл бірлік жүйеден тыс. Рад пен бэр арасындағы қатынас мына түрге ие:

$$1 бэр = 1 рад \cdot СК$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде эквивалентті доза *Зивертпен (Зв)* өлшенеді.

$$1 Зв = 1 Гр \cdot СК$$

Бэр және зиверт арасындағы қатынас:

$$1 Зв = 100 бэр$$

Адамдар тобының радиациялық жарақаттануы жағдайында **коллективті эквивалентті дозаны** есептейді, ол адам-зивертпен өлшенеді (ад-Зв).

Уақыт бірлігінде қабылданған дозаны белгілеу үшін *доза қуаты* бірлігін қолданады, мысалы: бэр/сағ; Зв/сағ; Гр/с; Зв/с.

Эффективті эквивалентті доза – адамның ағзаларының радиосезімталдығын есепке алатын, сәулеленудің жеке нәтижелерінің пайда болу тәуекелінің өлшемі болып табылады. Зв-пен өлшенеді.

Бақылау сұрақтары.

1. Радиациялық құбылыстарды өлшеудің қандай түрлері бар?
2. Белсенділікке анықтама беру.
3. Белсенділікті өлшеудің негізгі бірліктерін атау.
4. Заттағы радионуклидтің концентрациясын қандай көрсеткіш бойынша бағалайды?
5. Ауаның ионизация мөлшері қандай көрсеткіш бойынша сипатталады? Оның анықтамасын беру.
6. Экспозициялық дозаны өлшеу бірліктері.
7. Сәулелену қуаты деп не аталады?
8. Жұтылған доза анықтамасын беру.
9. Жұтылған дозаның өлшем бірлігі.
10. Эквивалентті доза деп не аталады?
11. Эквивалентті дозаның өлшем бірлігі.

Сабақ 3 Тақырып 1.3: Ядролық түрленулер түрлері. Иондаушы сәулеленулер түрлері және олардың сипаттамасы.

Жоспар:

1. Иондаушы сәулеленулер топтары.
2. Альфа-сәулелену.
3. Бета- сәулелену.
4. Гамма- сәулелену.
5. Рентгендік сәулелену.

Иондаушы сәулеленулер топтары.

Өзінің табиғаты, энергиясы, затқа ену тереңдігі және тірі ағзаларға әсер ету деңгейі бойынша ажаратылатын иондаушы сәулеленудің әр түрлі түрлері бар. Иондаушы сәулеленудің екі тобын ажыратады: Выделяют *корпускулярлы* и *электромагнитті (фотонды)*.

Корпускулярлы сәулелену (альфа-, бета-, протонды, нейтронды және басқа) тез қозғалатын бөлшектер ағымы болып табылады.

Электромагнитті (фотонды) сәулелену (рентгендік, гамма-сәулелену) - бұл электромагнитті толқындардың әр түрлілігі. Электромагнитті толқындардың барлық түрлері сәулеленеді және кеңістікте энергияны қатал анықталған мөлшерде тасымалдайды – *кванттармен немесе фотондармен*.

Ядролардың радиобелсенді ыдырауы кезінде ионизациялық қабілетіне ие α -, β -, γ -сәулелер шығарылады. Сәулеленетін ортаның бір бөлігі жұтылған сәулелермен иондалады. Бұл сәулелер сәулеленетін заттың атомдарымен әрекеттеседі, ол атомдардың қозуына және олардың электронды қабаттарынан жеке электрондарды жұлып алуына алып келеді. Нәтижесінде атом оң зарядталған ионға (*бірінші реттік иондану*) айналады. Жұлынып

алынған электрондар, өз кезегінде, қарама-қарсы атомдармен өздері әрекеттеседі, *екінші реттік иондануды* тудырады. Барлық энергияларын жұмсаған электрондар нейтралды атомдарға «жабысады», теріс зарядталған иондар түзеді.

Әр түрлі сәулелердің иондаушы қабілеті бірдей емес. Ол α –сәулелерде жоғарырақ. β –сәулелер заттың азырақ ионизациясын тудырады. Ең төмен иондаушы қабілетке γ –сәулелер ие. Өтіп кету қабілеті γ –сәулелерде жоғары, ал α –сәулелерде төмен.

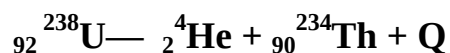
Барлық заттар сәулелерді бірдей жұтпайды. Жоғарғы жұту қабілетіне қорғасын, бетон және су ие, оларды көбінесе иондаушы сәулелерден пайдаланады.

Альфа-сәулелену.

Альфа-сәулелену (α -) – оң зарядталған бөлшектер ағымы. Әр α -бөлшек бір бірімен берік байланысқан екі протон және екі нейтроннан тұрады. Іс жүзінде α -бөлшектер ${}^4\text{He}$ атомдарының ядросы болып табылады, яғни массасы 4 м.а.б. , ал заряды +2.

α –ыдырау кезінде ядродан α –бөлшек шығарылады, ол гелий атомының ядросы болып табылады. Осыдан ыдыраудан дейінгі оның массалық саны 4-ке, ал реттік нөмері-2 теңге қарағанда, ыдыраудан кейін реттік нөмері 2 бірлікке, ал массалық саны 4 бірлікке кем. Периодтық жүйеде мұндай элемент 2 ұяшыққа солға қарай жылжиды, бұл заңдылық *жылжу ережесі* деген атауға ие.

Мысалы:



Бағдардан оң және сол жағындағы үстіңгі және астыңғы сандар суммасы тең.

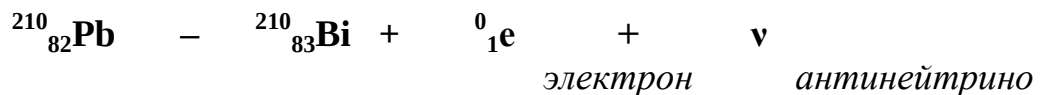
Ядролық түрленулердің бұл түрі реттік сандары үлкен табиғи радиобелсенді элементтер үшін тән: реттік сандары 82 үлкен ядролар, кейбіп шектеумен, альфа-белсенді (${}^{60}\text{Co}$ және т.б.).

α -бөлшектер басқа қарапайым бөлшектермен салыстырғанда үлкен өлшемдерге ие. Оң зарядқа ие, үлкен массаға 4,003 м.а.б., үлкен энергияға 4-9 МэВ (мегаэлектронвольт) ие бола отырып, олар ыдыраған ядродан үлкен жылдамдықпен (таралу жылдамдығы 20000 км/с) ауада 2-10см өтіп оны иондандыра келе ұшып шығады. Жұмсақ биологиялық теріге ол тек бірнеше ондаған микрон тереңдікке енеді. Оларды қағаз бетімен тоқтатуға болады. Алайда, қозғалысын баяулата және өзінің энериясын жоғалтып, қатты *ионизацияны* тудырады. Сондықтан, α -бөлшектер әсіресе ағза ішіне түскен жағдайда аса қауіпті. Олар ағзаға тағаммен, ауа жұтумен, ашық жарақат арқылы енеді. Тері жасушаларында терең бұзылыстар тудыруы мүмкін. Өкпеге енген жағдайда өкпе жасушаларының участіктері және ондағы енуші капиллярлар зардап шегуі мүмкін.

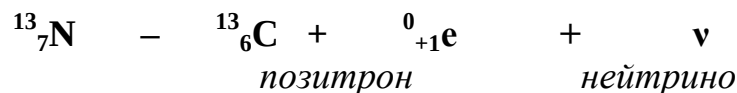
Бета-сәулелену.

Бета-сәулелену (β -) жарық жылдамдығына жақын жылдамдықпен қозғалатын жылдам *электрондар мен позитрондар* ағымы болып табылады. Олар 3 нұсқада болатын ядролардың β -ыдырауы кезінде пайда болады.

Бірінші жағдайда ядро ішінде *нейтрон протонға* айналады. Нәтижесінде ядродан жылдам электрон және өте кіші массалы нейтралды бөлшек – *антинейтрино* ұшып шығады. Ядро заряды бір бірлікке ұлғаяды, ал массалық сан өзгермейді. Қайта пайда болған элемент периодтық жүйеде 1 ұяшыққа оңға қарай ығысады. Мысалы:

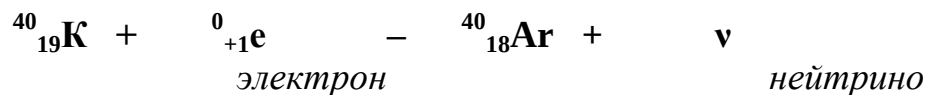


β –ыдыраудың екінші жағдайында ядрозлектронның антибөлшегі болып табылатын позитрон бөліп шығаратын. Нәтижесінде протондардың бірі нейтронға айналады. Үрдіс нейтриноның бөлінуімен қоса жүреді. Туынды ядроның атомдық саны аналыққа қарағанда 1-еуге кем. Мысалы:



Периодтық кестеде қайта пайда болған элемент 1 ұяшыққа солға қарай ығысады.

β –ыдыраудың үшінші нұсқасында ядро өз атомының электронды орбиталарынан бір электрон жұтып алады, оның нәтижесінде протондардың бірі нейтронға айналады. Бұл кезде нейтрон бөлінеді. Туынды ядроның атомдық саны 1 бірлікке кемиді. Мысалы:



Электронды және позитронды ыдырау кезінде *гамма-фотондар (γ -сәулелер)* бөлінеді, ал электронды басып алу *рентгендік сәулелермен* қоса жүреді.

Осылайша, β -сәулелер тек β -ыдыраудың бірінші және екінші нұсқалары жағдайында пайда болады және электрондар және позитрондар ағымы болып табылады. β – сәулелер энергиясы ондаған кэВ-тен 3,5 МэВ-ке дейін шектерінде болады. Мұндай бөлшектердің өлшемдері өте кіші, олардың ауада жүретін жолының ұзындығы бірнеше метрді құрайды, ал жасушада – 1-2 см. Өздерінің энергиясын олар ұзынырақ із бойында береді, α -бөлшектерге қарағанда. β – бөлшектер күйіктер тудырады.

Гамма-сәулелену.

Гамма-сәулелену (иондаушы қысқатолқынды электромагнитті сәулелену), жарық жылдамдығымен түзу сызық бойымен таралады, оның

энергиясы 0,01 МэВ-ден 3 МэВ-дейін ауытқиды, әр түрлі табиғатқа ие. Ең алдымен бұл α - және β - ыдырау кезінде радионуклидтармен шығарылатын гамма-сәулелену. Шығарылатын кванттар ядролардың қозған жағдайындағы энергиясына тәуелді қатаң анықталған энергияға ие. γ -сәулелену кезінде элементтердің түрленуі жүрмейді, себебі элементтің заряд және массасы өзгермейді.

γ –сәулелену жарықтықпен сәйкес, бірақ одан толқын ұзындығымен ажыратылады (10 нм). Ол ауада жарық жылдамдығымен (жарық жылдамдығы 300 000 км/с) үлкен қашықтықтарды (ауада ену қабілеті 150 –ді құрайды) өтеді және тірі тіндерге (ондаған см.) оларды ұзын ізі бойында иондай отырып терең енеді. γ –сәулелердің әсері олардың сандарына және энергиясына тәуелді, сондай-ақ ағза мен сәулелену көзі арасындағы қашықтыққа. Альфа-сәулелердің иондаушы қабілеті өте жоғары, ал гамма-кванттардың – төмен. γ –сәулелер радиация көзі ағза ішінде де, сыртында да орналасқан жағдайда бұзушылық әрекет етеді.

Рентгендік сәулелену.

Рентгендік сәулелену – электромагнитті табиғатқа ие. Рентгендік сәулелердің толқын ұзындығы 10^{-5} - 10^{-2} нм. Олар жылдам электрондардың ауыр металдардан жасалған қадаларымен тежелуінен пайда болады (мысалы, платина). Рентген сәулелерінің ұзындығы электрондардың қадамен тежелу жылдамдығы үлкен болған сайын кіші болады. Қысқа толқынды рентген сәулелерінің ену қабілеті әсіресе үлкен, ал иондаушы қасиеттері – минималды. Рентген сәулелерін жасанды жолмен рентген трубаларында, электронды жылдамдатқыштарда алады. Олар сондай-ақ ғарыш денелерімен және кейбір радионуклидтермен шығарылады. Иондаушы қабілеті аздығынан рентген сәулелерін медицинада, ғылымда және техникада кең қолданады.

Иондаушы сәулеленудің барлық түрлерін көру, сезу немесе есту мүмкін емес; олардың дәмі, түсі, иісі жоқ. Радонуклидтердің радиоактивті қасиеттерін мыналармен жоюға болмайды: химиялық айналулармен, радиобелсенді заттың агрегаттық күйін өзгертумен (катыру, еріту, буландыру және т.с.с.), биологиялық әсермен. Алайда, ағзаны α - және β -сәулеленулердің сыртқы әсерінен киім және басқа қол жетімді материалдармен қорғауға болады. γ –сәулеленудің әсер тету деңгейін жоғары деңгейде радиобелсенді ластанған территорияда болу уақытын қасқарту арқылы азайтуға болады.

Бақылау сұрақтары.

1. Иондаушы сәулеленулердің қандай топтарын ажыратады?
2. Корпускулярлы сәулеленуге анықтама беру.
3. Электромагнитті сәулелену түсінігін ашу.
4. Альфа-сәулелену дегеніміз не?
5. Бета-сәулелену мәнін ашу.

6. Гамма-сәулеленудің әрекетінің принципі.
7. Рентгендік сәулелену дегеніміз не?

БӨЛІМ 2.

Ионданушы сәулеленулердің және қоршаған ортаны радиобелсенді заттармен ластау көздері.

Сабақ 4 Тақырып 2.1: *Иондаушы сәулеленулердің (ИС) көздерінің жіктелуі. Табиғи көздер.*

Жоспар:

1. *ИС көздерінің жіктелуі.*
2. *Ғарыштық сәулеленулер.*
3. *Тау жыныстарының радиобелсенділігі.*
4. *Топырақтардың радиобелсенділігі.*
5. *Табиғи сулардың радиобелсенділігі.*
6. *Атмосфералық ауаның радиобелсенділігі.*

ИС көздерінің жіктелуі.

Жердегі барлық тіршілік иелері әрқашан *радиациялық фонды* қалыптастыратын ИС табиғи және жасанды көздері есебінен ішкі және сыртқы сәулелену жолдарымен иондаушы радиация әсеріне ұшырайды.

ИС табиғи көздері – бұл ғарыштық сәулелену және атмосферада, литосферада, гидросферада жайылған және биологиялық ағзалар құрамында болатын табиғи радионуклидтерден сәулеленулердің жиынтығы: барлық осы сәулеленулер *табиғи радиациялық фонды* құрайды, олардың орташа эффективті дозасы бір адамға жылына 2 000 мкЗв құрайды.

ИС жасанды көздері – бұл ИС және ядролық жарылыстар, АЭС әрекеті, пайдалы қазбаларды Жер қойнауынан шығару, медицинада, ғылымда және адамның шаруашылық әрекетінің басқа салаларында пайдалану салдарынан пайда болған радиобелсенді заттар жиынтығы. Бұл көздердің жиынтығы *жасанды радиациялық фонды* құрайды, ол қазіргі уақытта Жер шары бойынша жалпы табиғи радиациялық фонға тек 1-3 % қосады.

Ғарыштық сәулеленулер.

Ғарыштық сәулеленудің галактикалық және күннен жаратылған түрлерін ажыратады. Бұл кезде жермаңылық кеңістікке келіп түсетін *бірінші реттік* ғарыштық сәулелену және ғарыштық сәулелену Жер атмосферасымен әрекеттескенде пайда болатын *екінші реттік* сәулеленуді ерекшелейді. Бірінші реттік ғарыштық сәулелену *галактикалық және күн* сәулеленуінен тұрады. ***Бірінші реттік ғарыштық сәулелер*** жоғарғы энергиялар бөлшектерінің ағымы болып табылады, олар Жерге ғарыштан келеді және Күн мен жұлдыздар қойнауында термоядролық реакциялар

үрдісінде пайда болады. *Бірінші реттік ғарыштық сәулелену протондар (сутегі ядролары) - 85%, альфа-бқліктерден (гелий ядролары) - 13%, литий, бериллий, көміртегі, азот және оттегі және басқаларынан тұрады, одан басқа ғарыштық сәулеленудің құрамына электрондар, позитрондар, гамма-кванттар және нейтрино кіреді.*

Күн белсенділігінің күрт жоғарлауы ғарыштық сәулелену 4 – 100%-ға өсуі мүмкін. Тек аздаған бірінші реттік ғарыштық сәулелер Жер бетіне жетеді, себебі олар ауаның атомдарымен екінші реттік ғарыштық сәулеленудің бөлшектерінің ағымын тудыра отырып әрекеттеседі. Жер орбитасында ғарыштық бөлшектердің жылдамдығы шамамен 300 км/с тең, яғни 0,001 с маңында (мұнда с – дарық жылдамдығы). Жер орбитасында ғарыштық бөлшектердің тығыздығы Күндегі термоядролық реакциялардың интенсивтілігіне тәуелді. Күннің әрекетінің ақырын кезеңінде бірінші реттік ғарыштық бөлшектердің тығыздығы Жер орбитасында оның бетінен 50 км биіктікте 1 – 2 бөлш./см²*с тең. Күннің белсенділігі күшейген периодта олардың саны 100 бөлш./см²*с жетуі мүмкін. Бірінші реттік ғарыштық бөлшектер үлкен энергияға (орташа 10 ГэВ) және жылдамдыққа ие бола отырып, атмосфераны құрайтын атомдардың ядроларымен әрекеттеседі, және екінші реттік сәулеленуді тудырады.

Екінші реттік ғарыштық сәулелену электрондар, нейтрондар, мезондар, фотондардан тұрады; оның интенсивтілігінің максимумы 20-30 км биіктікте орналасқан, теңіз деңгейінде сәулелену интенсивтілігі алғашқысынан шамамен 0,05%-ды құрайды.

Біздің планета – бұл үлкен магнит. Жердің магнит өрісі (*геомагнитті өріс*) 70-80 мың км қашықтыққа созылып жатыр. Күнге қарай бағыты бойынша және қарама-қарсы бағытта миллиондаған километрге созылуы мүмкін. Геомагнитті өріс жермаңылық кеңістікте ағып өтетін ғарыштық бөлшектер ағымынан протондарды, электрондарды және басқа зарядталған бөлшектерді ұстап қалады, **магнитосфераны** - *зарядталған бөлшектермен толтырылған кеңістік* құрады. Негізінен магнитосфераны Күн шығаратын (*күн желі*) бөлшектердің ағымынан геомагнитті өріспен ұсталынып қалған бөлшектер толтырады.

Екінші реттік ғарыштық сәулеленуді құрайтын қарапайым бөлшектер Жердің магнит өрісінің әсерінен оның айналасында екі радиациялық белдемді – сыртқы және ішкі құрайды. Экватор ендігінде сыртқы белдем Жер бетінен 20 -60 мың км қашықтықта, ал ішкі – 600-6000 км қашықтықта орналасқан. Кейбір участкелерінде ішкі белдем Жер бетінен 300 км-ға дейін қашықтыққа төмендеуі мүмкін. Өйткені, қарапайым бөлшектер арасында электрондар мен позитрондар басым, онда бөлшектердің тығыздығы секундына квадрат сантиметрге электронды-позитронды жұптар санымен өлшенеді. Ішкі және сыртқы радиациялық белдемдеріндегі ағым тығыздығы сәйкесінше 2107 және 1105 электрон/см²с тең.

Екінші реттік сәулеленудің зарядталған бөлшектері Жердің оларға тұзақ болып табылатын магнитті өрісінің күш сызықтарының бойымен қозғалады. Нәтижесінде біздің планетаның радиациялық өрістерінде

зарядталған бөлшектер ағымы ғарыштық кеңістікте *күн желінің* ағымынан жүздеген миллион рет асады. Жер бетіне, басты түрде, атмосфера компоненттерінің иондануын тудыратын екінші реттік ғарыштық сәулелену түседі. Иондану интенсивтілігі биіктік ұлғайған сайын өседі. Теңіз деңгейінде ол минимальді, ал 12-16 км биіктікте максимумға жетеді. Ғарыштық сәулелермен тудырылатын иондану экватордан полюстарға қарай бағытта өседі, ол Жердің магнит өрісімен бірінші реттік зарядталған ғарыштық бөлшектерді шегеру салдары болып табылады.

Ғарыштық бөлшектерде *жұмсақ және қатты* деп аталатын *компоненттері* (құрамдас бөліктері) бар. *Жұмсақ компонент электрондар, позитрондар және фотондардан* тұрады. Өзінің өтіп кету қабілеті бойынша ол гамма-сәулеленуге жақын. *Қатты компонента мю-мезондардан және нейтринодан* тұрады. Қатты компонента өте жоғары өтімділік қабілетіне ие. Мю-мезондар 3 км-ге дейін литосфера қатына енеді, а нейтрино Жерді тесіп өтеді, ары қарай ғарышқа ұшады.

Тау жыныстарының радиобелсенділігі.

Жыныстардың радиобелсенділігі тереңдікпен төмендейді, бірақ сонда да біршама тереңдікке дейін өлшенетін болып қалады. Радиобелсенді элементтердің күрт білінетін жинақталуы континентальді қыртыстың *гранитті қабатында* байқалады.

Магматикалық жыныстар негізінің ұлғаюымен радиоизотоп құрамының кішіреюінің геохимиялық заңдылығымен бақыланады.

Табиғи радионуклидтердің көп мөлшері калийге бай қышқыл және сілтілі құрамды атқылаған жыныстарда бақыланады. Бұл жыныстарда радиобелсенді элементтердің негізгі тасушылары болып *акцессорлы* минералдар табылады: *циркон, монацит, ксенотим, ортит, апатит және сфен*, ал басты жыныс тудырушы минералдарға қатысты *тұзды* минералдар (ең алдымен дала шпаттары) *фемическийға* қарағанда орташа 3 есе радиобелсенділікке ие екендігі анықталған. Сондықтан, іс жүзінде эмпирикалық ереже бар: ашық түсті магматикалық жыныстар қою түсті жыныстарға қарағанда аса радиобелсенді.

Шөгінді жыныстардың ішінде жоғары радиобелсенділікке сазды сланецтер және саздар ие. Олардың құрамында радионуклидтер болуы қышқылданған тот басқан жыныстарда – граниттерге жақын. Шөгінді жыныстардың ішінде азырақ радиобелсенділікке таза химиялық және органикалық шөгінділер ие (*тас тұз, гипс, әктастар, доломиттер, квар құмы, кремнийлі сланецтер, яшмалар*). Теңіз шөгінділері континентальдіге қарағанда жалпы радиобелсенді.

Топырақтардың радиобелсенділігі.

Топырақтарды радиобелсенді элементтердің негізгі көзі топырақ құраушы жыныстар деп есептеу керек. Сондықтан қышқыл магматикалық

жыныстарда дамыған топырақтарда, радиобелсенді заттарға қатысты түрде байытылған (уранмен, радиймен, ториймен, калиймен), ал негізгі және ультранегізді жыныстарда пайда болған топырақтар аз байытылған. Сазды топырақтар шамамен түгелдей жерде құмдақтарға қарағанда радиоизотоптарға бай.

Топырақтар борпылдақ жыныстар ретінде, заттық құрамы бойынша шөгінді жыныстарға жақын, сондықтан олар осы генезисті шөгінділерде табиғи радионуклидтердің орналасу заңдылықтарына көп жағынан бағынады. Топырақтардың *алмасу-сорбциялы* үрдістермен байланысты жұқа коллоидті фракциясы аса ірі бөлшектермен салыстырғанда радиобелсенді элементтермен байытылған. Дәл осы топырақтардың органикалық құрамдастарына да қатысты.

Топырақтардың жоғарғы көкжиегінде радийдің мөлшері $2,8\text{-ден } 9,5 \cdot 10^{-10}$ ауытқиды. Сонымен бірге топырақтардың көбінде уранды грунт суларымен сілтілеумен байланысты уран мен радий арасындағы радиобелсенді тепе-теңдіктің радийге қарай күрт жылжуы бақыланады.

Топырақтардың радиобелсенділігі негізінен табиғи радиоизотоптармен ^{40}K және ^{87}Rb негізделген.

Ядролық қаруларды сынау және техногенді факторлардың әсерінен топырақтар түгелдей жасанды радионуклидтермен ластанған.

Табиғи сулардың радиобелсенділігі.

Теңіз сулары уранның болуына байланысты ультранегізді тау жыныстарына – *дуниттарға* жақын және біршама торийға кедейленген.

Өзендік және көлдік сулардың радиобелсенділігі олардың қоректену көздеріне тәуелді. Жаңбыр, қар және мұздық сулардың құрамында тұздардың біраз мөлшері бар, сондықтан қоректенудің мұндай көзіне ие биік кеңдікті таулы аймақтарының су қоймалары іс жүзінде табиғи радионуклидтің қатысында стерильді.

Табиғи радионуклидтер құрлықтың ашық су қоймаларына негізінен жер асты суларымен келіп түседі. Грунт және қатаралық сулар өзендер мен көлдерді қоректендіре отырып, осы су қоймаларының суларының табиғи радиобелсенділігінің деңгейін анықтайды. Сондықтан өзен және көлдердің суларының радиобелсенділігі біршама ауытқуларға ұшырайды. Ол онымен соратын көлдердің аңғарлары немесе өзендердің су лықсытулары орналасқан тау жыныстарының химиялық және минералды құрамына тура тәуелді. Басқа маңызды ашық су қоймаларының суларының радиобелсенділігінің деңгейіне әсер ететін факторға климат жатқызылады, оған табиғи радионуклидтердің негізгі тасымалдаушысы болатын тау жыныстардың химиялық үгілу деңгейі тәуелді.

Соңында, көлдердегі радиоизотоптардың концентрациясы су алмасу деңгейіне тәуелді. Құрғақ климаты аудандардағы ағынсыз көлдер тұрып қалған сулардың қатты булануы есебінен радиобелсенді элементтермен біршама байытылуы мүмкін.

Егер уранды кенді аудандарды дренаждайтын өзендерді санамағанда, онда теңіз суларына қатысты өзен сулары уранның, радийдің, торийдің, калийдің және радонның төмен мөлшерімен ерекшеленеді.

Су тасуы кезінде өзен суындағы радиобелсенділік азаяды, ал тартылуда көбейеді. Қыста, өзендер мұз басқанда, суда радиобелсенді газдар – радон және торонның жоғары мөлшері байқалады.

Жерасты сулары жер бетілік суларымен салыстырғанда уранға, радийге, торийге және радонға біршама байытылған болады. Оларда радиобелсенді элементтердің мөлшері сыйыстырушы жыныстардың заттық құрамына және сулардың химизмына (химиялық құрамына) тәуелді. Гидрогеологияда құрамында қандай да бір радиобелсенді элементтің көп болуына байланысты радонды, радийді және уранды суларды ажырату қабылданған. Аралас сулар да бар: радонды-радийлі, уранды-радийлі, радий-мезоторийлі. Жер асты суларында радийдің концентрациясы $2,5 \cdot 10^{-11}\%$ -ға жетуі мүмкін, ал уранның $3 \cdot 10^{-6}\%$ -ға.

Атмосфералық ауаның радиобелсенділігі.

Жер атмосферасында әрқашан, көздері эманирлейтін тау жыныстары болып табылатын инертті газдар – радон, торон және актинион түріндегі газ тәрізді радиобелсенді заттар болады. Радиобелсенді *эманациялар (радиобелсенді газдар)* топырақтан атмосфералық ауаға түсе отырып, содан соң көлденең және тік ауа ағымдарымен таралады. Өз кезегінде, ыдыраудан өткен радиобелсенді газдар белсенді шашындар түрінде түсетін қатты изотоптарға айналады.

Ауа құрамындағы қатты радиобелсенді бөлшектер судың конденсациялайтын тамшыларымен ұсталынады және Жер бетіне атмосфералық жауын-шашындармен түседі. Күнделікті жауындар мен қар түсуден соң ауаның радиобелсенділігі төмендейді.

Атмосферада сондай-ақ ғарыштық сәулелер әсерінен пайда болатын изотоптар бар. Мұндай радионуклидтерге ауадағы мөлшері өте аз көміртегі – 14 жатады.

Бақылау сұрақтары.

1. Иондаушы сәлеленудің жіктелуін беру.
2. Сізге ғарыштық сәулеленудің қандай түрлері белгілі?
3. Бірінші реттік ғарыштық сәулеленудің мәнін ашу.
4. Екінші реттік ғарыштық сәулелену дегеніміз не?
5. Тау жыныстарының радиобелсенділігі.
6. Топырақтардың радиобелсенділігі.
7. Табиғи сулардың радиобелсенділігі неге тәуелді?
8. Атмосфералық ауаның радиобелсенділігі.

Сабақ 5 Тақырып 2.2: Радиобелсенді минералды шикізатты игеру және қайта өңдеу.

Жоспар:

1. Уранды кендерді игерудің радиобелсенді қалдықтарының қоршаған ортаға әсері.
2. Гидрометаллургиялық өндірістің әсері.

Уранды кендерді игерудің радиобелсенді қалдықтарының қоршаған ортаға әсері.

Барлық уранөндіруші кешеннің ішінен уранды кендерді игеру және қайта өңдеу физикалық күйі бойынша қатты және сұйық деп бөлінетін радиобелсенді қалдықтардың ең үлкен көлемін береді. Уранды және торийлі өндірістің спецификалық ерекшелігі – қалдықтардың барлық түрлерінде жартылай ыдыраудың үлкен периоды бар радионуклидтердің болуы.

Әдетте, кендердегі уранның өндірістік мөлшері 0,02 – 0,03% аралығында болады. Бұл радиобелсенді элементтің аз концентрациясы бар кендер *забалансты* деп саналады. «Бос» жыныстар құрамында уранның мыңнан бір пайызы болады. Минералды заттың екі соңғы категориясы балансты кендердің өзі сияқты, қоршаған ортаға қауіп төндіретін материалдарға жатады, себебі олар беттен 10 см қашықтықта эквивалентті дозаның 0,1 мЗв/сағ астам қуатын тудырады.

Қазіргі уақыттағы кеніштерде шахталық әдіспен игерілген кеннің 1 тоннасына бос жыныстың 0,3 тоннасы келеді, ал карьерлерде бұл мән 1,5-2 тоннаға және одан көп мөлшерге дейін өседі. Сондықтан уранды кеніштердің қатты қалдықтары – бос жыныстардың және забалансты кендердің үйінділері шаң және эманация есебінен өнеркәсіп маңындағы атмосфералық ауаның ластануының негізгі көзі болып табылады.

Радионуклидтердің мөлшері кларктан асатын бос жыныстардың үйінділері кеніштер мен карьерлерде көптеген шаршы метрлерді алып жатыр және жергілікті жердің локальді ластануының көзі болып табылады. Жел эрозиясы нәтижесінде үйінділердің бетінен шаңның үрленуі жүреді, сондай-ақ әрдайым бөлінетін радонның ыдырауының қатты өнімдері үрленеді және оның біршама қашықтықтарға тасымалдануы жүреді. Бұл үрдістің салдары ретінде топырақтың үйінділерден 100 м-ге дейін радиуста гамма-сәулеленуінің экспозициялық дозаның қуаты фондықтан 3-5 есеге асады, ал өсімдіктердің меншік альфа-белсенділігі 110-250 Бк/кг жетеді.

Балансты кендердің және бос жыныстардың үйінділері атмосфералық жауын-шашындардың әрдайым әсеріне ұшырайды, олар радионуклидтерді сілтілейді және олармен грунт суларын және гидрографиялық торды ластайды, бұл соңғы нәтижесінде түп шөгінділерінің радиобелсенді заттармен қалыптан тыс ластануына алып келеді.

Жер бетінде сақталатын қатты қалдықтардың мөлшерін азайту үшін оларды жерасты қазындыларына қазылған кеңістікті толтыру үшін қайтарған жөн.

Шахталық сулар жатқызылатын, радионуклидтармен байытылған сұйық қалдықтар қоршаған ортаны және ең алдымен жербетілік су қоймаларын қосымша ластау көздері болып табылады.

60 жылдардың соңынан бастап, уранды игеру үшін жерастылық қышқылдық сілтілеу әдісі пайдаланылады. Нәтижесінде уран игеруші өнеркәсіптердің аудандарында жер беті аса аз деңгейде ластанады. Алайда, бұл жағдайда радионуклидтармен және қышқылдармен біршама ластануға жер асты сулары ұшырайды.

Гидрометаллургиялық өндірістің әсері.

Уран өндірісінің басқа құраушысы болып байыту өнеркәсіптері және радиобелсенді кендерді қайта өңдеу бойынша гидрометаллургиялық завод табылады, ондағы қалдықтардың басты түрі – радиобелсенді сұйықтықтармен байытылған кенді массаны қайта өңдеу қалдықтары.

Гидрометаллургиялық үрдіс күкірт қышқыл ерітіндісін дайындау үшін қажет үлкен су мөлшерін пайдаланумен сипатталады. Бұл реагенттің көмегімен кеннен уранды сілтілеу жүзеге асырылады. Сілтіленетін кеннің бір тоннасына 3-4 м³ дейін ерітінді келеді. Ары қарай алынған ерітіндіден уранды ионалмасушы смолалардың көмегімен алады. Таулы-металлургиялық комбинаттардың соңғы өнімі болып құрамында шамамен 85% уран бар уранның тотығу-тотықсыздануы U₃O₈ табылады. Алынған соңғы өнім изотоптық байыту заводына жеткізіледі.

Гидрометаллургиялық үрдістің қатты қалдықтары ұсақ ұнтақталған кенді массадан уранды алғаннан кейін қалған *шламнан* тұрады. Шламдағы сияқты әр сұйық пульпада уран және торийдің мыңнан бір пайыз бөлігі бар. Осы барлық материал уран және торийдің гидрометаллургиялық өнеркәсібінің ажырамас бөлігі және қоршаған ортаның радионуклидтермен жергілікті ластануының көзі болып табылатын шайғыш *қалдықсақтағышта (хвостохранилище)* жойылады.

Қалдықсақтағыштың маңында уақыт өте келе әрдайым жұмыс істейтін жер бетілік те, жер астылық та радионуклидтердің таралу ореолдары пайда болады.

Әдеттегідей, уранды кеніштерде және оларға қатысты территорияларда жиі деңгейлерді бірнеше есе асып түсетін радионуклидтердің жоғары концентрациялары анықталады.

Одан басқа, радиобелсенді кендер жиі қауіпсіздік техникасын өрескел бұзулармен темір жол арқылы тасымалданады.

Осылайша, игеру, қоймалау, радиобелсенді шикізатты қайта өңдеу, кеніштердегі «бос» жыныстардың үйінділер және кенді тасымалдау жолдарының пункттері қауіптілік тудырады.

АЭС ядорлы жанармайда екінші қайта өңделген және қаруланған плутоний химиялық комбинаты және радионуклидтер қоршаған ортаны ластауға аз үлесін қосқан жоқ.

Бұл өнеркәсіптердегі жоғары белсенділікке сулар герметикалық контейнерлерге жиналады, ал аз белсенді сулар ашық су қоймаларына төгіледі.

Бақылау сұрақтары.

1. Уранды өндірістің әдісі неде?
2. Бос жыныстардың үйінділерінің қоршаған ортаға әсері.
3. Гидрометаллургиялық үрдіс немен сипатталады?
4. Гидрометаллургиялық үрдістің қатты қалдықтары немен келтірілген? Олардың қоршаған ортаға әсері.

Сабақ 6 Тақырып 2.3: Көмірсутекті шикізатты игеру және қайта өңдеу.

Жоспар:

1. Құрамында радионуклидтер бар мұнайгаз кешенінің қалдықтары.
2. Мұнайшламда радионуклидтердің болуы.
3. Радиобелсенді заттарды басқарудың негізгі шаралары.

Құрамында радионуклидтер бар мұнайгаз кешенінің қалдықтары.

Табиғи көмірсутектерінің құрамында табиғи радионуклидтердің біраз мөлшері бар. Уранның, радийдің, торийдің және радонның біршама мөлшерімен мұнай және газ сыйыстырушы шөгінді қаттар ерекшеледі. Мұнайгазсыйыстырушы шөгінділерінің жоғары радиобелсенділігіне байланысты көмірсутекті шикізатты игеру және тасымалдау табиғи радионуклидтердің біршама мөлшерін жер бетіне шығарумен қоса жүреді. Табиғи радионуклидтердің қауіпті концентрациясы игеру және көмірсутекті минералды шикізатты бірінші реттік қайта өңдеу сатыларында өндірістік қалдықтарда жүреді, әсіресе мұнай игеру ұзақ уақыт жұмыс сітеген жағдайда.

Құрылғылардың эксплуатациясының бірнеше жылының ағымында оның бетінде уран және торийдің жанұясының табиғи радионуклидтері бар заттар жиналады. Сонымен бірге мұнайгаз кешенінің өндірістік қалдықтары үшін радий жағына қарай радиобелсенді тепе-теңдіктің ығысуы тән.

Көмірсутекті шикізатты игеру және қайта өңдеуге арналған қондырғыларда табиғи радионуклидтердің жинақталу себебі болып екі үрдіс табылады:

- Мұнайды игеру және қайта өңдеу қондырғыларына келіп түсетін сулы фазадан радий тұздарының (карбонаттарының және сульфаттарының) тұнуы. Құрамында радий-226, радий-228, торий-232, торий-228 бар мұндай тұнбалар қаттық сумен түйісетін барлық беттерде пайда болуы мүмкін. Бұл

құбырлардың қосылыстары, фазалық сепараторлар, сорғыштар, клапандар және басқалары.

- Радон-222 ыдырауының қатты өнімдерінің тұнуы (басты түрде ұзақ өмір сүретін қорғасын-210) және осының нәтижесінде газды қайта өңдеу және тасымалдау қондырғыларының қабырғаларында радиобелсенді қабықшалардың пайда болуы.

Мұнайшламда радионуклидтердің болуы.

Бірақ радионуклидтердің көп мөлшері мұнайды игеру және қайта өңдеудің әр түрлі технологиялық сатыларында пайда болатын мұнай шалмдарда жиналады. Ұңғымалардан сорылатын мұнай, газ және қаттық судың қоспасы мұнай жинау пункттеріне келіп түседі, онда резервуарларда тұндыру есебінен жоғарыда айтылған компоненттерді бірінші реттік көпсатылы бөлу жүреді. Жолаушы газ құбыр жолы бойынша газды қайта өңдеу зауытына бағытталады. Бөлінетін қаттық су арнайы ұңғымалар арқылы қаттық қысымды ұстап тұру үшін қатқа қайта құйылады. Әр резервуарда қаттық судан және мұнайдан мұнай шламды құрайтын жұқа дисперсті бөлшектер тұнады. Соның өзінде басты көзі қаттық сулардан, онда еріген радийдің сульфаттары мен карбонаттарының тұнбаға түсуі болып табылатын табиғи радионуклидтер жинақталады. Осы үрдіс есебінен мұнай шламдағы табиғи радионуклидтердің концентрация коэффициенті 10 000 –ға жетуі мүмкін.

Органикалық және минералды фазалардың қатынасына тәуелді мұнай шламның тығыздығы 1,5-тен 3 т/м³ дейін ауытқуы мүмкін. Резервуарларда және сақтау орындарында жинақталу үрдісінде мұнай шлам жоғарғы бөлігінде органикалық құрамдасының бөлінуімен қабатталады. Бұл кезде радионуклидтер мұнай шламның минералды бөлігінде (төменгі қабаттар) жинақталады. Ары қарай, қабатталған мұнай шлам пайдалы өнімдерді алуға пайдалануы мүмкін: парафинді, битумды, асфальтендерді, сирек және радиобелсенді элементтерді. Қабатталған мұнай шламның минералды бөлігі 4 классқа бөлінеді. Радионуклидтерге аса байытылған 4 класс мұнай шламы, ол одан радиобелсенді және сирек элементтерді алу үшін қолданылуы мүмкін. 1, 2 және 3 класс мұнай шламдары оны құрылыс материалы ретінде пайдалану үшін НРБ-99 талаптарына сәйкес кондиционирленеді.

Мұнай игеруші өнеркәсіптерде мұнай шлам уақытша жинақтағыштарда сақталады. Бұл кезде 1, 2 және 3 класс мұнай шламдары ашық секцияларда, ал 4 класстың – жабық секцияларда сақталуы мүмкін.

Мұнай игерудің негізгі құрылғылары 2525ета2525 (эллиптикалық түбі бар көлемі 100 м³дейін болатын цилиндрлі сосудтар (ыдыстар)), резервуарлардан (жазық түпті көлемі 5 000 м³ цилиндрлі сосудтар (ыдыстар)), орталық сорғыштардан және құбыр жолдарынан тұрады. Буллиттер үзіліссіз 2-3 жыл қолданылады, содан соң сызбадан өшіріледі және жинақталған мұнайшламнан тазартылады. Резервуарларды мұнайшламнан тазарту үзіліссіз жұмыстың әр 5-7 жылында жүргізіледі.

Табиғи радионуклидтердің жинақталуында маңызды рольді ағулар және жер бетіне мұнайды және игеру суларын шарасыз төгулері атқарады. Мұнай игерудің жұмыс ғимараттарының ауасына бір уақытта радонның изотоптарының және оның ыдыраудың туынды өнімдерінің жоғары мөлшері, сондай-ақ құрамында табиғи радиоизотоптар жоғары болатын өндірістік шаң түсуі мүмкін.

Радиобелсенді заттарды басқарудың негізгі шаралары.

Көрсетілген үрдістердің нәтижесінде бетке табиғи изотоптардың түсуі гамма-сәулеленудің дозасының қуаты табиғи фоннан 100 және одан көп есе асатын деңгейлерге жетеді. Осының барлығы өндіріс үрдісінде жинақталатын радиобелсенді заттарды басқару бойынша шараларды қабылдаудың аса қажеттілігін тудырады. Бұл шараларға радиометриялық мониторинг және құрылғыларды дезактивациядан, жоғары радиацияға ие өндірістік қалдықтарды жинау, сорттау, қайта өңдеу, қоймалау, тасымалдау және көмуден тұратын араластыру кіреді. Ішінде жинақталған мұнайшламдары бар сорғыштар және құбырлар радиациялық бақылауға және сорттауға ұшырауы тиіс. Бақылау деңгейінен жоғары ластанған құрылғы радиобелсенді мұнайшламның төгілуін тоқтату үшін заглушками герметизациялануы керек және арнайы технологиялармен радионуклидтерден тазарту (дезактивация) жинақтаушыға шығарылады.

Мұнайгазигеру өнеркәсіптерінде радиоэкологиялық мониторингке міндетті түрде табиғи радионуклидтердің, әсіресе радийдің басты тасымалдаушыларының бірі болып табылатын қаттық сулардың сараптамасы кіреді. Сынамаларды ұңғыманың ернеуінде алу қажет. Одан басқа қоса жүретін судағы радионуклидтердің құрамын анықтау мақсатында мұнай сынамаларын алады.

Игерілетін газдың сынамаларын сараптау үшін газбен тасымалданатын ең қауіпті элемент қорғасын-210 (радон-222-нің жартылай ыдырау өнімі) белсенді гамма-сәулелендіруші болып табылатындықтан гамма-спектрометрияның жоғары сезімталдықты әдістері қолданылады. Табиғи газдағы радонның өзін анықтау үшін эманациялы әдістері қолданылады. Бұл кезде бұл радионуклидтің жартылай ыдыраудың кішкене периодын есепке алу керек (3,82 тәул.), яғни сынаманың сараптамасы оны алғаннан кейін әлбетте орындалауы керек.

Өрекеттегі мұнай игерулерде құрамында табиғи радионуклидтері бар материалдардың ағымдағы есебі ұйымдастырылуы керек. Мысалы, Например, 262бета26 - ға және резервуарларға радиобелсенді заттардың тәуліктік келіп түсуін келесі өрнек көмегімен есепке алынуы мүмкін:

$$A=P_1*M*C/P_2 \text{ кБк/сут.},$$

мұнда:

P_1 – қаттық судың ағымдағы шығымы, м³/тәул.;

P_2 – алдыңғы мұнай шламын түсіруге дейін жұмыс уақытында қаттық судың жалпы шығымы, м³;

M – алдыңғы тоқтатуда түсірілген мұнайшламның массасы, кг;

C – алдыңғы тоқтатуында түсірілген мұнайшламда радионуклидтердің меншікті әсер белсенділігі, кБк/тәул.

Бақылау сұрақтары

1. Мұнайгаз кешенінің қалдықтары.
2. Мұнайшламда радионуклидтердің болуы.
3. Радиобелсенді заттарды басқару бойынша қандай негізгі шаралар сізге белгілі?

Сабақ 7 Тақырып 2.4: Ядролық жанармай айналымы (циклы).

Жоспар:

1. Ядролық жанармай циклының сызбасы.
2. Ядролық жанармай циклының өнеркәсіптерінің қоршаған ортаға әсері.

Ядролық жанармай циклының сызбасы.

Ядролық энергетика – бұл тек атомды электростанциялар емес, бұл уранды кенді игеру және байыту, ядролық жанармай алу, оны тасымалдау және АЭС-да қолдану, сондай-ақ арнайы зауыттарда өңделген ядролық жанармай регенерациясы, радиобелсенді қалдықтарды сақтау және көму.

Уранды кенді игеруден радиобелсенді қалдықтарды жоюға дейінгі – ауыр атомды ядролардың бөліну есебінен жылу және электрикалық энергияны алудың барлық үрдісін – *ядролық жанармай циклы* (ЯЖЦ) деп атайды.

Әдеттегідей, уранды кеннің құрамында 0,1-ден 3%-ға дейін өздік уран болады.

Уранды кенді игеру *шахталық та, карьерлік* те әдіспен жүзге асырылуы мүмкін. Соңғы жылдары уранды жынысты өзінің игеру орнында концентрлеу арқылы кенді жерасты қайта өңдеу әдістері қолданыла бастады.

Уранды кенді қайта өңдеуге кіреді:

- Бос, бірақ құрамында ураны бар жынысты бөліп алу;
- Кеннен уранды алу және уранды концентратты алу – уранның, құрамы уранды алу әдісіне тәуелді анықталған химиялық қосындысы;
- Уранды концентратты қоспалардан тазарту.

Уранды алу әдісін және алынған қоспаны тазарту әдісін таңдау кеннің құрамымен анықталады. Тазарту үрдісінде қосалқы элементтер және жинақталған уранның табиғи изотоптарының ыдырауының өнімдері анықталады.

Энергетикалық ядролық реакторлардың басым көпшілігінде тек ^{238}U тұратын, құрамында бөлінетін радионуклид ^{235}U мөлшері табиғи уранға (0,7%) қарағанда, әлдеқайда жоғары (2-4%) болатын уран қолданылады.

Уранның изотоптарын бөлу бойынша байыту зауыттарында ^{235}U концентрациясы қажетті мөлшерге дейін ұлғаяды. Ертерек, құрамында жеңілдеу ^{235}U радионуклидтің және ^{238}U ауыр радионуклидтің атомдары бар уранның газ тәрізді қосылысының – уран гексафторидінің UF_6 әр түрлі материалдар арқылы диффузиясының ір түрлі жылдамдығына негізделген әдіс қолданды. Диффузионды ұяшық арқылы UF_6 бір рет өткізген кезде газды қоспа жеңілдеу молекулалармен байытылады, және ^{235}U мөлшері 1,0043 есеге ұлғаяды. Байыту деңгейін көтеру үшін газды қоспаны сол тәрізді көптеген ұяшықтардан бірізді өкізеді және уранды ^{235}U радионуклидімен қажетті байыту деңгейіне жеткізеді.

Изототарды бөлуді қазіргі уақытта *қарама-қарсы газды ағымдарда ауыр* ($^{238}\text{UF}_6$) *және жеңілдеу* ($^{235}\text{UF}_6$) *молекулалардан тұратын газды қоспаны центрифугалау* әдісімен жүзеге асырады.

Уранның әр түрлі изотоптары бар молекулалар қоспасынан тұратын газ ағымы айналатын жүйенің перифериясы бойынша төмен жіберіледі, ал шығатын ағым оның айналу осі маңында жоғары көтеріледі. Газды қоспаны центрифугалау нәтижесінде көтерілетін ағым жеңіл молекулалармен, ал төмен түсетін - ауыр молекулалармен байытылады.

Байытылған уран жылу бөлетін (ЖБЭЛов) дайындау бойынша зауытқа келіп түседі. ЖБЭЛ ядролық реактордың маңызды болып табылады. Оның көмегімен ядролық реакторға ядролық жанармай құйылады және жылу бөлінетін материалдардан жылу тасымалдағышқа бұрылады. Көбінесе, уран UO_2 түйіршіктерінен пресстелген таблеткалар түрінде зауытқа келіп түседі. ЖБЭЛ-дің дайындалу кезінде бұл таблеткалар цилиндрлі формадағы арнайы металл қабыққа орналастырылады. Қабық ретінде нейтронды әлсіз жұтатын, нейтронды және қуатты *гамма*-сәулеленудің және нейтронды ықпалы кезінде мезаникалық беріктілігін және геометриялық өлшемдерді сақтайтын материалдар қолданылады.

ЗЖЦ қорытынды бөлігіне кіреді:

- Өңделген жанармайды сақта. Хранение отработанного топлива;
- Өңделген жанармайды АЭС-тен радиохимиялық зауыттарға оны қайта өңдеу үшін тасымалдау.
- Регенерация мақсатында (қалыпқа келу) өңделген жанармай ды қайта өңдеу;
- Радиобелсенді қалдықтарды сақтау және көму.

Регенерацияның бар технологиялары өңделген ЖБЭЛ-ах-два уранның және плутонийдің 90% дейін қалыпқа келтіруге мүмкіндік береді. Существующие технологии регенерации 90% дейін қалыпқа келтіруге мүмкіндік береді. Жыл сайын мұндай ЖБЭЛ-ах-тардан плутонийдің шамамен 20 т-сын шығарады (плутонийді АЭС-ға жанармай ретінде және ядролық қару жасауда қолданады; ядролық жанармай ретінде 1 кг плутонийді қолдану шамамен 140 кг табиғи уранды үнемдейді).

Уранды кенді игеру және қайта өңдеу, АЭС-да электроэнергиясын өндіру және өңделген жанармай регенерациясы үрдісінде *радиобелсенді қалдықтар және шартты түрде радиобелсенді емес деп санайтын қалдықтар* түзіледі.

Іс әрекеттің кез келген түрінің үрдісінде түзілетін, төмен белсенділікке ие, өңдеуді қажет етпейтін, қалдықтады қарапайым өңдеуден ажыратылатын отличной қарапайым қалдықтармен жұмыс істеуде, қоздырушы заттарды шартты түрде *радиобелсенді емес* деп санайды.

Ядролық жанармай циклының өнеркәсіптерінің қоршаған ортаға әсері.

ЯЖЦ жұмыс істеуі қоршаған ортаға оның химиялық және жылулық ластануға, сондай-ақ радионуклидтермен ластануға алып келе отырып ықпал етеді.

Химиялық ластану кенді және өңделген ядролық жанармайды қайта өңдеу кезінде болуы мүмкін, себебі бұл сатыларда улы химиялық реагенттердің көп мөлшері қолданылады.

Жылулық ластану АЭС-те жылу энергиясының электрлікке толық емес айналуы нәтижесінде болады. Нәтижесінде реакторда бөлінген жылу энергиясының 70%-на дейін мөлшері қоршаған ортаға түседі.

Табиғи түзілген *радионуклидтермен жергілікті ластану* уранды кенді игеру және қайта өңдеу кезінде болуы мүмкін. Ластану көздері уранды кеніштер және уранды кенді қайта өңдеу бойынша зауыттар болып табылады. Өндірісте түзілетін, құрамында полоний (*Po*), радий (*Ra*) және басқа радионуклидтері бар радиобелсенді қалдықтар қоршаған ортаға жел және су эрозиясының нәтижесінде түсуі мүмкін, бұл кезде атмосфераға сондай-ақ газ тәрізді радон (*Rn*) бөлінеді.

Реактордың жұмысы кезінде *криптон, ксенон, йод*, ауаның құрамына кіретін нейтрондармен белсендірілген *аргон* сияқты газ тәрізді бөліну өнімдерінің біраз ағып кетуі болуы мүмкін.

Уранды кенді, уранды концентратты, уранның гексафторидін және уран оксидін тасымалдау қоршаған ортаға қауіптілік тудырмайды. Уранды кендер уранның төмен мөлшерімен сипатталады, сондықтан оларды қарапайым самосвалдарда және вагондарда тасымалдайды. Байытылған кендер және уранды концентраттар – уранның мөлшері жоғары заттар – арнайы контейнерлерде тасымалдайды.

АЭС-тің жұмысы үрдісінде ядролық реакторларда жасанды *түзілген радиобелсенді заттардың* көп мөлшері пайда болады.

Пайдаланылған жанармайды 3-4 жыл барысында АЭС-те арнайы бассейн-сақтандырғыштарда ұстайды. Бұл уақытта жанармай құрамындағы радионуклидтердің бір бөлігі ыдырайды және оның радиобелсенділігі азаяды. Қалған радиобелсенді өнімдерді таттанбайтын болаттан жасалған қорғаныс контейнерлеріне орналастырады және қайта өңдеу зауытына жібереді.

ЯЖЦ жұмысы кезінде уранды кенді игеру, байыту, қайта өңдеумен, ядролық жанармайды алумен байланысты сатыларында радионуклидтер қоршаған ортаға *газ тәрізді, сұйық және қатты* күйде түсуі мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай үрдісті ядролық жанармай циклы деп атайды?
2. Уранды кенді қайта өңдеуге не кіреді?
3. Уран изотоптарын бөлудің қандай әдістері Сізге белгілі?
4. Ядролық жанармай циклының қорытынды бөлігіне не кіреді?
5. Ядролық жанармай циклының өнеркәсіптерінің қоршаған ортаға әсері.

Сабақ 8 Тақырып 2.5: Радиобелсенді қалдықтар.

Жоспар:

1. Радиобелсенді қалдықтардың (РБҚ) жіктелуі.
2. РБҚ-мен, олардың агрегаттық күйіне байланысты жұмыс істеу тәсілдері.
3. РБҚ көму.
 - Теңіздер мен мұхиттардың астына көму.
 - Тұзды шөгінділерде қайтымсыз көму.
 - Геологиялық көму.

Радиобелсенді қалдықтардың (РБҚ) жіктелуі.

Радиобелсенді қалдықтар (РБҚ) физикалық күйі бойынша қатты, сұйық және газ тәрізді деп бөлінеді.

Қатты РБҚ-ға өз ресурстарын толық пайдаланған радионуклидті көздер, ары қарай пайдалануға жарамсыз материалдар, бұйымдар, құрылғылар, биологиялық объектілер, грунт, сондай-ақ НРБ-99-да келтірілген мәндерден радионуклидтердің меншікті белсенділігі асатын сұйық қатайтылған РБҚ жатады. РБҚ-ға белгісіз радионуклидті құрам кезінде меншікті белсенділігі мына мәндерден жоғары материалдарды жатқызған жөн:

100 кБк/кг – бета-сәулелену көздері үшін;

10 кБк/кг – альфа-сәулелену көздері үшін;

1 кБк/кг – тарнсуранды радионуклидтер үшін (периодтық жүйеде ураннан кейін орналасқан химиялық радиобелсенді элементтер, яғни атомдық саны 92-ден көп болатын. Олардың барлығы жасанды жолмен алынған, табиғатта тек Np және Pu өте аз мөлшерде кездеседі).

Сұйық РБҚ-ға одан ары қолдануға жарамсыз органикалық және бейорганикалық сұйықтықтар, пульпа және шламдар, оларда радионуклидтердің меншікті белсенділігі НРБ-99-да келтірілген сумен бірге келгендегі араласу деңгейінің мәндерінен 10 еседен асады.

Газ тәрізді РБҚ-ға қолдануға жарамсыз, көлемді белсенділікті өндірістік үрдістер кезінде пайда болатын радиобелсенді газдар және аэрозольдер, олардың мәні НРБ-да келтірілген мүмкін орташа жылдық көлемдік белсенділіктен (МОЖКБ) асады.

Сұйық және қатты РБҚ меншікті блсенділігі бойынша 3 категорияға бөлінеді: төмен -, орта-, жоғары белсенділікті.

Сұйық және қатты РБҚ-дың жіктелуі

Қалдықтар категориясы	Меншікті белсенділік, кБк/кг		
	бета- сәулеленетін	альфа- сәулеленетін	трансуранды
Төмен	10^3 аз	10^2 аз	10^1 аз

белсенділікті			
Орта белсенділікті Жоғары белсенділікті	10^3 –нан 10^7 дейін 10^7 көп	10^2 -нан 10^6 -дейін 10^6 көп	10^1 -нан 10^5 дейін 10^5 көп

РҚ түзіледі:

- Радиобелсенді минералды шикізатты игеру және қайта өңдеу үрдісінде;
- АЭС жұмысы кезінде;
- Ядролық қондырғылары бар кемелерді эксплуатациялау және жою үрдісінде;
- Өңдеуші ядролық жанармайды қайта өңдеу кезінде;
- Ядролық қаруды өндіру кезінде;
- Зерттеуге арналған ядролық реакторларды және бөлу материалдарын қолданумен ғылыми жұмыстарды жүргізу кезінде;
- Радиоизотоптарды өнеркәсіпте, медицинада, ғылымда қолдану кезінде;
- Жерасты ядролық жарылыстар кезінде.

РБҚ-мен олардың түзілу орындарында жұмыс істеу жүйесіне оларды сорттау, қаптау, уақытша сақтау, кондиционерлеу (концентрлеу, қатайту, тығыздау, жағу), тасымалдау, ұзақ уақыт сақтау және көму жатады.

РБҚ-ды жинау үшін ұйымда арнайы жинақтағыштар болуы керек. Жинақтағыштардың орналасу орындары шектерінен тыс мүмкін деңгейге дейін сәулеленуді төмендету үшін қорғаныс құралдарымен қамтамасыз етілуі тиіс.

РБҚ-мен, олардың агрегаттық күйіне байланысты жұмыс істеу тәсілдері.

Жер бетінде 2 мГр/сағ-тан асатын гамма-сәулеленудің дозасын тудыратын РБҚ-ды уақытша сақтау үшін арнайы қорғаныс құдықтары немесе нишалары қолданылуы тиіс.

Сұйық РБҚ арнайы ыдыстарға жиналады, одан соң көмуге бағытталады. Сұйық РБҚ-ды шаруашылық-тұрмыстық және нөсерлік канализацияларға, құдықтарға, ұңғымаларға, суландыру егістіктеріне, сүзілу егістіктеріне және Жер бетіне төгуге тыйым салынады.

Реактордың белсенді зонасында жүріп жататын ядролық реакциялар кезінде радиобелсенді газдар бөлінеді: ксенон-133, криптон-85, радон-222 және басқалары. Бұл газдар сүзгіш-адсорбцереге түседі, онда өзінің белсенділігін жоғалтады және тек осыдан кейін ғана атмосфераға шығарылады. Қоршаған ортаға сондай-ақ ^{14}C және ^3H кейбір мөлшері түседі.

Құрамында жартылай ыдырау периоды 15 тәуліктен кем радионуклидтері бар РБҚ жеке жиналады және белсенділігін қауіпсіз

деңгейге дейін төмендету үшін уақытша сақтау орындарында ұсталынады, содан соң қарапайым өнеркәсіптік қалдықтар ретінде жойылады.

РБҚ-ды олардың агрегаттық күйіне байланысты жою әдістері

<i>РБҚ</i>	<i>РБҚ-мен жұмыс істеу әдістері</i>
<i>Газ тәрізді:</i> • Инертті газдар (ксенон, криптон, аргон); • Тритий; • Көміртегі диоксиді және басқалары	<i>Газ тәрізді радиобелсенді заттар</i> арнайы сүзгіштерден өткізген кезде сығады. Сүзгыштермен сығылмайтын радиобелсенді заттардың бөлігі атмосферада 100 м және жоғары биіктікте вентиляция құбырлары арқылы жайылады.
<i>Сұйық:</i> • Өңделген жанармайды қайта өңдеу үрдісінде түзілетін жоғары минералданған ерітінділер; • Жылу тасымалдағыш ретінде қабылданатын су; • Өңделген ЖБЭЛов-ды сақтауға арналған бассейндердегі су.	<i>Сұйық РБҚ-ды буландыру</i> жолымен концентрлейді немесе құрамындағы қиын еритін қосылыстар түріндегі радионуклидтерді тұндырады. Алынған радиобелсенді өнімдер арнайы жабдықталған сақтау орындарына сақтауға бағытталады. Көму үшін қалдықтарды мына жолдармен қатты күйге ауыстырады: • Цементтеу, • Химиялық инертті заттармен араластыру (битуммен, бетонмен, полимерлермен). • Шынылау (шыны тәрізді массамен жабу), кеуекті керамикалық материалдарға орналастыру.
<i>Қатты:</i> • Өңдеуші құрылғылар, вентиляциялық жүйенің қолданылған сүзгіштері; • Ластанған құрылыс материалдары; • Ластанған ветошь, арнайы киім және басқа.	<i>Жанғыш материалдарды</i> күлін жинап, газдарды тазартып жағады. <i>Жанғыш емес</i> материалдарды тығыздайды, бұл кезде олардың көлемдері 3-10 есе кішірейеді. Үлкен габаритті құрылғыларды шашады, кеседі және тығыздайды. Қатты қалдықтарды арнайы жерасты сақтау ойрындаына орналастырады.

РБҚ-ды көму.

РБҚ-ды көмудің екі жолы бар:

Жергілікті жолы РБҚ-ды олардың пайда болу орындарында көмуді қарастырады. Бұл көп жағынан ыңғайлы, бірақ қауіпті зоналардың ауқымдарының ұлғаюына алып келеді.

Аймақтық жолы РБҚ-ды сақтау үшін жарамды орындарды таңдауды және орталықтанған сақтау орындарын жасауды қарастырады. Мұндай әдіс қымбатырақ тұрады және қалдықтарды көму орындарына тасымалдау кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз етуді талап етеді.

Жоғары белсенді қалдықтарды терең жерасты сақтау орындарында орналастыру қалдықтарды көмудің негізгі әдісі болып табылады. Мұндай сақтау орындарын жасау кезінде жасанды жасалған кедергілерді де (қалдықтарға арналған ыдыстардың қалың төзімді сыртқы қабаты, сақтау орнын ұршаған ортадан сазды материалдардың көмегімен изоляциялау), радионуклидтердің қоршаған ортаға шығу мүмкіндігін төмендететін табиғи кедергілерді де (сазды, әктасты көкжиектер, тас тұздардың жатыстары, гранитті және басқа жартасты формациялар) қолданады.

РБҚ сақтау орындары терең жер астында орналастырылады (300 м кем емес), сонымен қатар оларға әрдайым бақылау орнатылады, себебі радионуклидтер көп мөлшерде жылу бөледі.

РБҚ-дың жер асты сақтау орындары жүздеген және мыңдаған жылдарға есептелген ұзақ уақытты болуы керек. Олар сейсмикалық тыныш аудандарда, біртекті жартасты массивтерде, жарықтарда орналастырылады. Бұл үшін мұхит жағалауына қарасты таулы массивтердің гранитті геологиялық кешендері жарамдырақ болып табылады. Оларда РБҚ үшін жер асты туннельдерін салу ыңғайлы. РБҚ сенімді сақтау орындары көпжылдық жыныстарында орналастырылады.

Көмуді жеңілдету үшін және сенімділік үшін сұйық жоғары белсенді РБҚ қатты инертті заттарға айналдырады. Қазіргі уақытта цементтен және жер астында бірнеше жүздеген метр тереңдікте сақталатын болат контейнерлерде ары қарай сақталумен шынылау сұйық РБҚ-ды қайта өңдеудің негізгі әдістері болып табылады.

Теңіздер мен мұхиттардың түбінде көму. Көптеген елдермен тәжірибеленді. Оны бірінші болып 1946 жылы АҚШ іске асырды, содан соң 1949 жылы Ұлыбритания, 1955 жылы Жапония, 1965 жылы Нидерланды іске асырды.

Жер шарының аймақтар суммарлы белсенділік шамасы бойынша келесідей бөлінеді:

- Солтүстік Атлантика – 430 кКи;
- Алыс Шығыс теңіздері – 529 кКи;
- Арктика -700 кКи.

РБҚ бухталардың ойпаттарында батырылады, онда ағыспен және жауынды сулармен бұл қабаттар тиісілмейді. Сондықтан, РБҚ сонда

«отырады» және ешқайда таралмайды, тек арнайы жауын-шашындармен жұтылады.

Сондай-ақ жоғарырақ белсенділікті РБҚ қатаятын қоспалармен консервіленгендігін есепке алу қажет. Бірақ егер радионуклидтер теңіз суларына түссе де, олар бату объектісіне жақын жерде түп шөгінді болып жиналады.

РБҚ көмулері үшін орташа тереңдігі 5 км кем емес болатын терең бассейндерде көмуді қолдану ең жиі айтылатын мүмкіндігі болып табылады. Мұхиттың терең сулы жартасты түбі шөгінділер қабатымен жабылған, және ондаған метр шөгінділер астында терең емес қазынды қарапайым контейнерді борттан түсіру арқылы алынуы мүмкін. Жүздеген метр шөгінділер астында терең қазынды жасау бұрғылауды және қалдықтарды төсеуді талап етуі мүмкін. Шөгінділер ондаған немесе жүздеген жылдан соң пайдаланылған жанармайдан алынған жанармайлық элементтері бар канистраларды жеп қоюы (коррозия нәтижесінде) мүмкін теңіз суымен қаныққан. Алайда, шөгінділердің өзі бөлінудің сілтілік өнімдерін, олардың мұхитқа енуіне бөгет жасап адсорбциялайды деп жорамалданады. Контейнер сыртының шөгінділер қабатына түскеннен кейін әлбетте бұзылуының соңғы жағдайының салдарын есептеу, құрамында бөліну өнімдері бар жанармай элементтерінің диспергациясы, шөгінділер қабатының астында, 100-200 жылдан кем емес уақыттан соң жүзеге асатынын көрсетті. Сол уақытқа дейін радиобелсенділіктің деңгейі бірнеше қатарға төмендейді.

Тұзды шөгінділерде қайтымсыз көму. Тұзды шөгінділер РБҚ-ды ұзақ уақыт көму үшін оңтайлы болып табылады. Тұз геологиялық қабатта қатты формада болатындығы бірнеше жүздеген миллион жыл бұрын пайда болған сәтінен грунт суларының айналымы болмағандығын көрсетеді. Осылайша, мұндай шөгіндіде орналастырылған жанармай грунт суларымен сілтіленуге ұшырамайды. Мұндай типті тұзды шөгінділер өте жиі кездеседі.

Геологиялық көму. Ішінде өңделген жанармайлық элементтері бар контейнерлерді тұрақты қатта, әдетте 1 км тереңдікте орналастыруды білдіреді. Мұндай жыныстарда олардың жатыс тереңдігі грунт суларының айналымынан біршама төмен болғандықтан су болуы мүмкін деген ойды жіберуге болады. Алайда, контейнерлерден жылу берілу кезінде су үлкен роль ойнамайды деп күтіледі, сондықтан сақтау орны канистр бетінде температураны 100⁰С-тан асырмай немесе соның маңында ұстап тұру мүмкіндігін есепке ала отырып жобалануы керек.

Сонда да грунт суларының болуы сақталатын блоктардан сілтіленген материал қат арқылы сумен өтіп кетуі мүмкін дегенді білдіреді. Жыныс арқылы ұзақ уақыт бойы айналуы бөліну өнімдерінің көшуін анықтау үшін маңызды. Бұл үрдіс өте баяу, және сондықтан одан аса жағымсыз жағдайлар болуы мүмкін деп күтілмейді. Алайда, ұзақ уақытқа көму жүйелері үшін оған міндетті түрде мән берілуі керек.

Бақылау сұрақтары.

1. РБҚ жіктелуін беру.
2. РБҚ меншік белсенділігі бойынша қандай категорияларға бөлінеді?
3. РБҚ ненің нәтижесінде түзіледі?
4. РБҚ-мен олардың түзілу орындарында жұмыс істеу жүйесіне қандай әрекеттер жатады?
5. РБҚ-ды олардың агрегаттық күйіне байланысты жоюдың қандай әдістері Сізге мәлім?
6. РБҚ көмудің негізгі жолдарын ашу.
7. РБҚ-ды теңіздер мен мұхиттар түбінде көму спецификасы.
8. РБҚ-ды тұзды шөгінділерде көмудің оңтайлылығы неде?
9. Геологиялық көму дегеніміз не?

Сабақ 9 Тақырып 2.6: Радиометрлік аспаптардың жұмыс істеу принциптері.

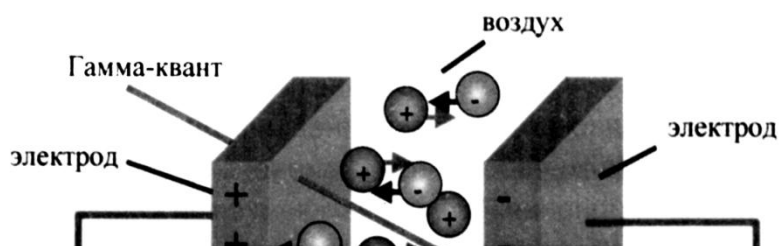
Жоспар:

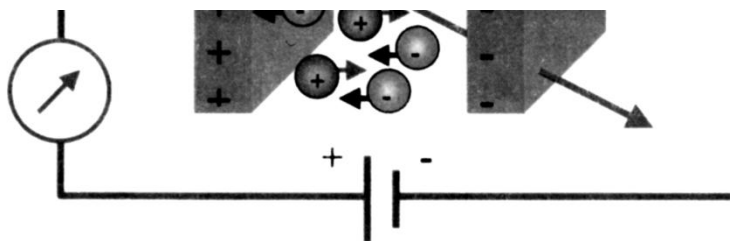
1. Ионизационды детекторлар.
2. Жартылай өткізгіштікті детекторлар.
3. Сцинтилляционды детекторлар.

Кез келген радиометрлік құралдың негізгі бөлігі ретінде күшейткіш – өлшегіш схемаға иондаушы бөлшектер немесе гамма-кванттардың келіп түсуі жайлы белгі беретін детекторы болады. Ионизационды, жартылай өткізгіштікті және сцинтилляционды детекторлар бар.

Ионизационды детекторлар.

Бұл типтің ең қарапайым құрылғысы **ионизационды камера** болып табылады. Ол бір-бірінен қандай да бір қашықтықта орналасқан, потенциалдар айырымы қосылған екі металл пластинадан тұратын ауалы конденсатор болып табылады. Желіге гальванометр қосылған (вольтметр). Тізбекте тоқ радиациясы болмайды, себебі ауа оқшаулағыш болып табылады. Радиобелсенді бөлшектер конденсатордың ішіне түсіп, ауаны электр тогын өткізгішіне айналдыра иондайды. Тоқ күші (J) гальванометрмен өлшенеді. Тоқ күші және түзілген иондар жұптары (N) арасында тура тәуелділік бар: $J=N \cdot e$, мұнда e –ион заряды.

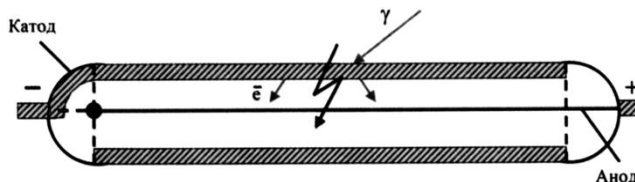




Ионизационды камераның жұмыс істеу сызбасы

Тоқ күші бойынша сәулелену интенсивтілігі анықталады. Сәулелену түріне байланысты ионизационды камералар қандай да бір ерекшеліктерге ие болады.

Гейгер-Мюллер есептеуіші аргонның және галоид қосындысы бар спирттің газды қоспасымен толтырылған герметикалық баллон (трубка) болып келеді. Трубка осі бойынша анод ретінде қызмет ететін жіп тартылған. Баллонның ішкі металл жабыны катод болып табылады. Электродтарға тұрақты тоқтың жоғары кернеуі беріледі (400-1000 В). Есептеуіштің қабырғаларынан гамма-сәулелермен шығарып алынған бета-бөлшектер немесе электрондар баллон ішіне түскен кезде газ ионизациясы жүреді. Нәтижесінде электрондар арасында иондар тасқыны пайда болады, және қысқа уақытты электрлік заряд болады. Есептеуіш тізбегінде кернеу импульсі тіркеледі. Есептеуіштердің сезімталдығы ең алдымен гамма-сәулелер электрондарды шығырып алатын катодтың материалына тәуелді.



Счетчик Гейгера-Мюллера

Гейгер-Мюллер есептеуіші – әр зарядталған бөлшекті немесе гамма-квантты тіркеуге мүмкіндік беретін біршама сезімтал қондырғы.

Жартылай өткізгіштікті детекторлар.

Олар ионизациондыға ұқсас, бірақ ионизациялық камераның ролін бұл жағдайда қатты жартылай өткізгіштер атқарады.

Жартылай өткізгіштер – бұл кристалл заттар, олардың электр өткізгіштігі қалыпты температура кезінде металлдардың және диэлектриктер электрөткізгіштігінің аралық мәніне ие болады. Радиобелсенді бөлшектердің әсерінен жартылай өткізгіштікті детекторларда электрондардың валентті зонадан өткізгіш зонасына өту жүреді. Нәтижесінде зарядтардың бос тасушылар пайда болады: электрондар (n – өтімділік) және (p- өтімділік). Жартылай өткізгішке қарасты сыртқы электр өрісінің әсерінен электрондар және тесіктер сәйкес келетін электродтарға зарядтың жиналуын

шарттай отырып тартылады. Соңғысы кернеу импульсін береді, ол аспаптың күшейткіш-өлшеу сызбасына беріледі.

Радиометриялық аспаптарда жартылай өткізгіш ретінде көбінесе германий монокристаллдарын қолданады. Оның көмегімен жоғарғы энергетикалық гамма- және бета-сәулелерді тіркейді. Альфа-бөлшектерді, төмен энергетикалық гамма-кванттарды және рентген сәулелерін тіркеу үшін кремнийлі детекторларды пайдаланады (кремний монокристаллдары).

Температура өскен сайын электр өткізгіштігі төмендейтін металлдарға карама-қайшы жартылай өткізгіштерде бұл көрсеткіш өскен сайын электр өткізгіштігі шұғыл өседі. Сондықтан жартылай өткізгіштікті материалдардың көбі жұмыс кезінде қатты суытуды талап етеді, ол құралдардың құрылысын, олардың эксплуатациясын қиындатады және олардың құны қымбаттайды.

Қалыпты температураларда жұмыс істей алатын материалдарға кадмий теллуридi, галлий арсенидi және сынап йодидi жатады, олар ең заманауи радиометрлер мен спектрометрлерде қолданылуда. Жартылай өткізгіштікті материалдардың тығыздығы газдардың тығыздығынан біршама жоғары болғандықтан, оларда ионизациялық камераларға қарағанда жұтылатын бөлшектердің энергиясы толығырақ пайдаланылады. Сондықтан, жартылай өткізгіштікті детекторлар өте жоғары рұқсаттық қабілетке ие.

Сцинтилляционды детекторлар.

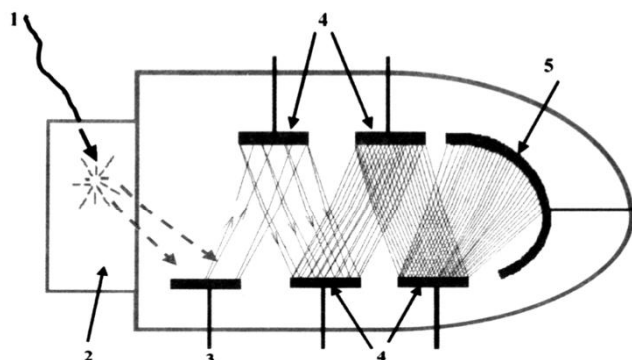
Сцинтилляционды есептеуіштің жұмысының мәні кейбір кристаллдарда, органикалық сұйықтықтарда немесе пластмассаларда оларға зарядталған бөлшектер немесе гамма-кванттардың түсуі кезінде пайда болатын **люминесценция** жарқылдарын тіркеуде жатыр.

Кристаллдардағы жарқылдар **фотокатодпен** фиксацияланады және тізбекте электр тогының импульсі туындайды.

Алайда, өздерінен өзі жарқылдар өте әлсіз болуы мүмкін. Оларды фиксациялау үшін **фотозлектронды көбейткіштер (ФЭК)** қолданылады. Олар фотокатодтың бетінен жарық жарқылымен шағылған электрондарды көбейту жүйесі бар вакуумды электронды аспаптар болып табылады. Көбейткіш жүйе арнайы қабатпен жабылған бірнеше бірінен соң бірі орналасқан **динодтардан** (эмиттерден) тұрады. Диодтарды атқылайтын электрондар саны бірінші реттік электрондардың санынан минимум 2 есе асатын олардан екінші реттік электрондарды шығарады. Осылайша, әр келесі динод электрондар санын көбейтеді. Соңғы динодтан аспаптың күшейткіш-өлшеу сызбасына электрондардың ағыны келіп түседі. ФЭК арқасында сцинтилляционды есептеуіштер газ толтырылған есептеуіштермен салыстырғанда аса көп сезімталдылыққа ие.

Альфа-бөлшектерді тіркеу үшін сцинтилляторлар (люминофор) ретінде күкіртті цинкты жұқа қабатын қолданады, ал бета-бөлшектерді тіркеу антраценнің, стильбеннің кристаллдарының, сондай-ақ сцинтилляторлайтын пластмассалардың көмегімен жүзеге асырылады. Гамма-кванттарды кезінде

таллиймен белсендірілген йодты натрий және йодты цезий монокристаллдары қолданылады.



Фотозлектронды көбейткіш сызбасы:

1 – гамма-квант; 2 – кристалл-люминофор; 3 – фотокатод; 4 – эмиттерлер (динодтар); 5 – коллектор.

Бақылау сұрақтары.

1. Қандай детекторлар бар?
2. Ионизационды детекторлардың жұмыс сызбасы.
3. Гейгер-Мюллердің есептеуішінің жұмыс істеу принципі.
4. Жартылай өткізгіштікті детекторлардың жұмыс сызбасы.
5. Сцинтилляционды есептеуіштің жұмысының мәні неде жатыр?
6. Фотозлектронды көбейткіштің жұмыс сызбасы.

Сабақ 10 Тақырып 2.7: Радиометрия әдістері. Зертханалық әдістер.

Жоспар:

1. Радиобелсенді сәулеленуді тіркеу әдістері және құралдары.
2. Радиометрия әдістері. Зертханалық әдістер.

Радиобелсенді сәулеленуді тіркеу әдістері және құралдары.

Радиобелсенді сәулеленуді тіркеу оның затқа әсер ету эффектісі бойынша жүргізіледі.

Тіркеудің негізгі әдістері болып табылады:

Фотографиялық әдіс, А. Беккерельге радиобелсенділік құбылысын ашуға мүкіндік берген ең алғашқы әдіс. Фотосезгіш материалдарға радиобелсенді сәулеленудің әсеріне негізделген (фотопластинаға жарық кванттардың әсер ету принципі бойынша).

Ионизационды әдіс, газдардың ионизация деңгейін өлшеуге не болмаса қатты денелерде электронды-тесікті жұптардың пайда болуына негізделген. Өлшеу үшін электроскоптар, ионизационды камералар (Вильсон камерасы және басқалары), газталдағыш есептеуіштер (Гейгер-Мюллер есептеуіштері және т.б.), кремний германий негізіндегі жартылай өткізгіштікті

есептеуіштер қолданылады. Бұл ең кең таралған радиобелсенді сәулеленулерді өлшеу әдістерінің бірі. Оны қолданумен аспаптардың әр түрлі типтерінің көп мөлшері жасалды.

Люминесцентті әдіс қандай да бір ықпалдың әсерінен жарықтанудың пайда болуымен шартталған (фотолюминесценция, радиолюминесценция, хемиллюминесценция, триболюминесценция, термоллюминесценция и т.д.). Жарықтанудың пайда болуы және интенсивтілігі сәулеленудің затпен әсерлесу кезінде энергия жинақталуымен шартталған. Радиобелсенді сәулеленуді тіркеу үшін әр түрлі типті сцинтилляционды детекторлар қолданылады, оларда альфа-, бета-бөлшектердің және гамма-кванттардың түсуі кезінде әр түрлі интенсивті, ұзақтығы әр түрлі және т.б. жарық жарқылдары пайда болады, олар фотодетектормен тіркеледі. (фотодиод, фотокөбейткіш және т.с.с.). Қатты денелі (ZnS, белсендірілген Ag; NaI, белсендірілген Tl және т.с.с.), сұйықтықты, газды (ксенон және т.с.с.) детекторлар бар. Бұл сондай-ақ радиобелсенді сәулеленуді тіркеу үшін қолданылатын әдістердің ең кең қолданылатындардың бірі.

Оптикалық әдіс радиобелсенді сәулеленудің ықпалынан материалдардың оптикалық қасиеттерін өзгерту эффектісінде іске асырылады. Бұл мақсаттар үшін шынылардың түрлі типтері (фосфатты, борлы, белсендірілген Ag не болмаса Bi және т.б.), полимерлі материалдар (түсті целлофан, ацетил целлюлоза және т.б.) қолданылады. Бұл әдісте жоғары интенсивтілікті радиациялық өрістерді өлшеу үшін аспап жасалған. Қараю интенсивтілігі радиобелсенді сәулеленудің дозасына тура пропорционалды. Бұл принципте индивидуалды дозиметрлердің көбі жұмыс істейді. Бұл әдіс радиобелсенді заттарды зертханалық зерттеулерде, оларды анықтау және кеңістіктік локализациялау үшін кең қолданылады (макро- және микро-радиография әр түрлері).

Калориметриялық әдіс радиобелсенділікті өлшеу радиобелсенді ыдырау кезінде немесе сәулелену затпен әрекеттескенде бөлінетін жылуды өлшеуге негізделген. Әдіс салыстырмалы сирек қолданылады, бірақ оның негізінде дозиметрлерді градуирлеу, реакторлы дозиметрде гамма- және нейтронды сәулелену қуатты ағымдарын өлшеу үшін құралдар жасалған, олар онда ионизационды және басқа әдістермен салыстырғанда артықшылыққа ие, себебі сәулеленудің энергетикалық сипаттамаларына тәуелді емес.

Химиялық әдістер сұйықтықтар мен аздардың радиобелсенді сәулеленулермен әрекеттескендегі химиялық құрамының өзгеруіне негізделген. Мұндай реакцияның қарапайым мысалы H^+ және OH^- түзілуімен судың радиолизі немесе N_2 , O_2 и NO_2 түзілуімен азот тотығының ыдырауы болып табылады. Бұл принципте сұйықтықты (ферросульфатты және басқа), газды химиялық дозиметрлері қуатты гамма-кванттарды өлшеу үшін жасалды.

Қандай да бір тіркеу әдістеріне негізделген радиобелсенді сәулеленудің сандық және сапалық сипаттамалары радиометрлермен, дозиметрлермен, спектрометрлермен және спектрометрлік кешендермен өлшенеді.

Радиометр – уақыт бірлігінде радиобелсенді ыдыраудың акттер санын өлшеуге арналған құрал (белсенділігін). Иондаушы сәулеленулердің ағым тығыздығын және басқаларын анықтайды. Фотонды сәулеленудің экспозициялық дозасының қуатын өлшеу кезінде радиометр және дозиметр функциялары сәйкес келеді.

Дозиметр – радиобелсенді сәулеленулердің дозаларын немесе дозалармен байланысты шамаларды (экспозициялық дозаның қуаты, жұтылған доза қуаты және т.с.с.) өлшеуге арналған құрылғы. Бір (гамма-дозиметр, нейтронды дозиметр және т.б.), не болмаса аралас сәулеленуді (гамма-бета дозиметр және т.б.) өлшеу үшін қызмет ете алады.

Спектрометр – радиобелсенді сәулеленудің энергия (гамма-, альфа-спектрометрлер және т.б.), масса және заряд бойынша таралуын өлшеуге мүмкіндік беретін құрылғы.

Гамма-спектрометрлер, мысалы, гамма-сәулеленетін қоспаларда сай энергиясы бойынша нақты радиоизотоптардың болуын анықтауға мүмкіндік береді. Осылай, торий энергиясы 2,165 Мэв ^{208}Tl , энергиясы 1,46Мэв ^{40}K туынды изотоптарының гамма-кванттың энергиясы бойынша анықталады, ал ^{137}Cs – 0,662 Мэв энергиясы бойынша және т.б.

Радиометрлік, дозиметрлік және спектрометрлік құралдардың түрлері және модельдерінің көп мөлшері бар.

Берілген аппаратура тасымалданатын (габариттері мен массасы бір адамға тасымалдауға мүмкіндік береді), қозғалмалы (автомобильді, тікұшақты және серіктік нұсқалары), стационарлы (тұрақты).

Ол функционалды арналуы бойынша да бөлінуі мүмкін: газдар жіне аэрозольдердің радиобелсенділігін өлшеу; сұйық және сусымалы материалдардың радиобелсенділігін өлшеу; беттің радиобелсенді ластануын өлшеу; әрдайым адаммен бірге жүретін индивидуалды өлшеу құралдары.

Аспатар бір немесе көп функционалды арналуы мүмкін.

Радиометрия әдістері. Зертханалық әдістер.

Радиометрлік әдістердің негізінде α -, β -, γ –сәулеленулердің интенсивтілігі бойынша табиғи және жасанды радионуклидтердің радиобелсенділігін өлшеуде жатыр. Радиометрияның әдістері зертханалық және далалық деп бөлінеді.

Топырақтардың, судың, ауаның, түп шөгінділердің, өсімдіктердің, тағам өнімдерінің, құрылыс материалдарының зерттелетін сынамаларының жалпы және меншік радиобелсенділігін анықтауға мүмкіндік беретін ионизационды және импульсті α -, β -, γ -өлшеулерді қолдануға негізделген зертханалық әдістер. Ерекше мән әр радионуклидтің жекеше меншік және жалпы белсенділігін анықтайтын зертханалық әдістерге беріледі. Ол үшін α -, β -, γ – бөлшектердің спектрлерін қолданады.

Гамма – спектрлер. Радиобелсенді ядро ядроның қозу деңгейіне тәуелді әр түрлі энергетикалық жағдайда болуы мүмкін квантты жүйе болып табылады. Ядроның қарапайым жағдайын – *негізгі*, ал қалғандарын – *қозған*

деп атайды. Ядроны негізгі жағдайдан қозған жағдайға келтіру үшін оған белгілі бір энергия (квант) мөлшерін беру қажет. Әр ядроның өзінің *энергетикалық деңгейлердің* сызбасы болады. Әдетте ядро қозған күйде ұзақ уақыт бола алмайды және одан төменірек энергетикалық деңгейлерге секіріп өтеді. Жоғары деңгейден төменірек деңгейге әр өту кезінде γ -квант шығарылады, оның энергиясы осы қозған күйдің энергиясына қатаң сәйкес келеді. Қозға күйде ядроның өмір сүру уақыты өте аз. Ол 10^{-17} - 10^{-9} с шектерінде ауытқиды. Қанағаттанарлықтай жиі (әсіресе бета-ыдырау кезінде) туынды ядролар қозған күйдің энергетикалық деңгейлерін айналыа өтіп туындайды. Бұл жағдайда γ -кванттар шығарылмайды. Бірақ көп жағдайларда, тұрақсыз ядролардың α -, β -ыдырауы кезінде соңғылары туынды ядроның негізгі энергетикалық жағдайына сәйкес келетін төменгі деңгейге әлбетте жете қоймайды. Бұл кезде ядро әр нақты деңгейге сәйкес келетін қатаң анықталған энергияларының γ -кванттарын шығара отырып, кез келген энергетикалық деңгейден негізгі жағдайына көше алады. Мұның нәтижесінде радиометриялық аспаптардың γ -кванттарының детекторы түрлі энергиялы фотондардың бүтін спектрін тіркейді. Ядролардың энергетикалық деңгейлерден негізгі жағдайына өту энергиялары өте үлкен. Сондықтан γ -кванттардың спектрі қисық болып табылады, оның арасында туынды ядроның әр түрлі қозған күйлерден негізгі (нольдік) деңгейге көшуіне сәйкес келетін тар пиктары жылдам жоғарылайды (көтеріледі). Бұл пиктердің биіктігі әр топтың γ -кванттарының қатысты қарқындылығын көрсетеді.

Әр радионуклид өзінің γ -сәулеленудің спектральді құрамына ие. Бұған радиоизотоптардың идентификациясының гамма-спектрометриялық әдісі негізделген.

Бета-спектрлер. β -ыдырау кезінде ядродан 2 бөлшек ұшып шығады – *позитрон (немесе электрон) және нейтрино (немесе антинейтрино)*. Бұл кезде β -бөлшектердің энергиясы әр түрлі болуы мүмкін. Бұл β -бөлшегі және нейтрино арасындағы босаған ыдырау энергиясының таралуы статистикалық сипатқа ие және әр түрлі болуы мүмкін. Бұның нәтижесінде β -бөлшек кез келген энергияға қарулануы мүмкін – МэВ-тың бірінші бірліктерінен нольге дейін. Сондықтан β -бөлшектердің энергетикалық спектрлері γ -спектрлер сияқты тар пиктерден тұрмайды, дөңес қисық болып табылады.

Альфа – спектрлер. Қандай да бір химиялық элементтің ядроларынан ұшып шығатын альфа-бөлшектер, әдетте, 1 эВ-тан кем айырмашылығы бар бірдей дерлік энергияға ие. Сондықтан α -ыдыраудың энергетикалық спектрі 1 өте тар пикке ие. Тек кейде α -бөлшектің спектрлері жақын орналасқан пиктердің сериясынан тұрады. Соңғы жағдайда α -ыдырау γ -сәулеленумен жүреді.

Бақылау сұрақтары.

1. Радиобелсенді сәулеленуді тіркеудің негізгі әдістерін атау.

2. Радиобелсенді сәулеленудің сапалық және сандық сипаттамалар қандай құралдармен өлшенеді?
3. Радиометрияның зертханалық әдістері неге негізделген?
4. Гамма-спектрлердің әрекет ету принципі?
5. Альфа- және бета-спектрлердің әрекет ету принципі?

Сабақ 11 Тақырып 2.8: Ластанған территорияларды экологиялық картографиялау.

Жоспар:

1. Экологиялық картографиялау түсінігі.
2. Экологиялық карталардың жіктелуі.

Экологиялық картографиялау түсінігі.

Табиғатты қорғау шараларын жоспарлау және өткізу тек зерттелетін территорияның экологиялық жағдаяты жайлы объективті ақпаратты ғана емес, сондай-ақ оның көрнекі және түсінікті түрінде болуын талап етеді. Қазіргі уақытта танудың картографиялық әдісі биосфераның және оның жеке компоненттерінің жағдайын зерттеудің ең маңызды әдістерінің бірі болып келе жатыр. Оны қолдану одан арғы экологиялық зерттеулерді тиімді жоспарлауға көмектеседі. Сондықтан табиғатты қорғау және табиғатты игеру әрекетін зерттеу және жоспарлау сәйкес картографиялық қамтамасыз етусіз тиімді емес және қиындаған.

Экологиялық картографиялау – «Адам – табиғат» жүйесінде нәтижелерді объективті, ақпаратты және көрнекі көрсетудің әдістері мен технологияларын жасайды. (разрабатывает) Бұл ғылыми пәннің *мақсаты* қызықтыратын барлық экологиялық ақпаратты жалпылау, оны территориалды бекіту және сараптама мен салыстыру үшін ыңғайлы флормада көрсету болып табылады. Экологиялық картографиялаудың негізгі өнімі нақты территориалды бірліктер шегінде экологиялық мәселелердің құрылымы мен маңыздылығын көрсететін экологиялық карталар болып табылады. Бұл карталардың арналуы картографияланатын территорияларды қалыптасқан мәселелерді шешудің және жаңаларының пайда болуын тоқтатудың әсерлесуі болып табылады. Мұндай карталар экологиялық комитет, санитарлы-эпидемиологиялық бақылау, табиғатты қорғаудың ғылыми-зерттеу ұйымдарының мамандарымен қоршаған ортаның сапасын жақсарту бойынша нақты шешімдерді қабылдау кезінде ғылыми-нұсқаулық әдістеме ретінде қолданылады.

Экологиялық карталардың жіктелуі.

Зерттеуді қабылдау бойынша *экологиялық карталар* аналитикалық (салалық), синтетикалық (интегралды) және кешенді деп бөлінуі мүмкін.

Аналитикалық, немесе **салалық экологиялық карталар** қазіргі уақытта кеңірек таралған. Олар қоршаған ортаның жеке компоненттерінің ағымдағы жағдайын сипаттайды. Мұндай карталардың тақырыптары әр түрлі: мұнда жеке өзендер мен көлдердің өндірістік қалдықтармен ластану карталары, топырақтың ластанулылығының картасы, геолого-экологиялық карталар және басқалары кіреді. Әр жеке алынған салалық экологиялық карта өзінің тақырыбына сәйкес табиғи ортаның қандай да бір компонентінің жағдайын жалпылама немесе толықтай (подробно) көрсетеді. Мұндай карталардың мысалы болып «1992жылға И1980-1992 ж.ж. Жаңасібір қаласы бойынша атмосфералық ауаның, жер үсті суларының, топырақтардың, қар жамылғысының, атмосфералық жауын-шашындардың химиялық және радиобелсенді ластануының атласының» карталарының көбі табылады.

Синтетикалық, немесе **интегралды экологиялық карталар** жергілікті тұрғындардың денсаулығы үшін ластану қауіптілігінің деңгейі бойынша немесе қоршаған ортаның бұзылу деңгейі бойынша территорияны экологиялық зоналау нәтижелерін көрсетеді. Осындай карталардың негізгі мазмұны картографияланатын территорияның ластану қауіптілігінің деңгейінің қандай да бір кешенді көрсеткіші болып табылады, ол өз кезегінде картографияланатын территория шектерінде әрекет ететін әр экологиялық фактордың қауіптілігін суммарлы бағалау негізінде жасалады.

Кешенді экологиялық карталар берілген территорияда экологиялық қауіптіліктің барлық көздерін бір уақытта көрсетуге, олардың қоршаған ортаға әсерін бағалауға, қалыптасқан экологиялық жағдайды сараптауға және қоршаған ортаны қорғау бойынша нақты шараларды қабылдау үшін қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл карталардың кешенді сипаты экологиялық картографиялаудың өзінің табиғатымен шартталады, оның негізінде табиғатты қорғау, медико-географиялық, рекреациялық картографиялау, табиғатты игеруді картографиялау сияқты бағыттардың теориялық түсініктерінің, әдістерінің және тәжірибелік жолдарының үйлесімі жатыр. Мұндай карталарды жасау заманауи экологиялық картографиялаудың маңызды тапсырмалардың бірі болып табылады.

Экологиялық карталар әр түрлі *масштабтарда* құрылуы мүмкін.

Ұсақ масштабты экологиялық карталар ауданы бойынша үлкен территориялардың жалпы экологиялық жағдайын көрсетеді (жалпы мемлекеттің, географиялық ауданның, ірі әкімшілік субъектілердің, жеке әкімшілік бірліктердің жиынтығын). Олар кең территорияларда генералды табиғатты қорғау шараларын негіздеу және жасау үшін ақпараттық база қызметін атқарады.

Орта масштабты немесе **аймақтық экологиялық карталар** жеке әкімшілік бірліктердің (аймақтардың, облыстардың, облыс аудандарының) ағымдағы экологиялық жағдайын көрсетеді. Қазіргі уақытта аймақтық экологиялық карталар талап етілетін болып табылады, себебі тапсырмалардың кең аумағын шашуға мүмкіндік береді:

1) Картографияланатын аймақ шегінде қоршаған ортаға теріс әсер ететін негізгі техногенді объектілерді және факторларды;

2) Берілген аймақтың табиғи ортаны қорғау және тиімді пайдалану бойынша нақты шараларын негіздеу;

3) Қоршаған орта және жергілікті тұрғындар денсаулығы үшін техногенді ластанудың қауіптілік деңгейі бойынша аймақ территориясын экологиялық аудандауды жүргізу ;

4) Жергілікті тұрғындардың өндірістік әрекетімен тудырылған теріс экологиялық үрдістерінің даму тенденцияларына негізделген аймақтық масштабтарда болжау.

Ірі масштабты экологиялық карталар экологиялық қатынаста аса ластанған және аса қауіпті, ауданы бойынша үлкен емес территорияларды көрсетеді (ірі өнеркәсіптік орталықтар, қала агломерациялары, пайдалы қазбаларды игеру бассейндері және т.б.).

Бақылау сұрақтары.

1. Экологиялық картографиялаудың мақсаты не болып табылады?
2. Экологиялық карталардың жіктемесін беру.
3. Аналитикалық карталарды не сипаттайды?
4. Синтетикалық карталар нені көрсетеді?
5. Кешенді экологиялық карталар дегеніміз не?
6. Ұсақ масштабты және ірі масштабты экологиялық карталар нені көрсетеді?
7. Орта масштабты және аймақтық экологиялық карталар нені көрсетеді?

БӨЛІМ 3.

Әрекеттегі радиациялық объектілердегі радиациялық бақылауды ұйымдастыру және жүргізу.

Сабақ 12 Тема 3.1: Радиоэкологиялық мониторинг.

Жоспар:

1. Қозғалмалы радиометриялық зертханалар.
2. Топырақтардың радиациялық мониторингі.
3. Суағарлардың және су қоймаларының радиациялық мониторингі .
4. Атмосфералық ауаның радиациялық мониторингі.

Қозғалмалы радиометриялық зертханалар.

Тұрғындардың радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету оның тұрғылықты жерінде тұрақты радиациялық мониторингті жүргізуді талап етеді. Үлкен территорияларда сыртқы ортаны радиациялық бақылау үшін автокөліктерде, вездеходтарда, тікұшақтарда орнатылған қозғалмалы радиометриялық зертханаларды қолданған мақсатты болып келеді. Олар өлшеудің тұрақты да, тасымалданатын да аспаптарымен жабдықталып толықтырылған. Мұндай мобильді зертханалар жеке елді мекендерде, өнеркәсіптік алаңдарда және ядролық жарылыстарды жүргізу орындарында

мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай зертханалар көмегімен оперативті түрде радиациялық жағдаяттың келесі көрсеткіштерін периодты түрде өлшеуге болады:

- а) ашық мекендерде, тұрғын және қоғамдық ғимараттарда және өнеркәсіптік бөлмелерде гамма-сәулеленудің дозасының қуатын;
- б) топырақтағы техногенді радионуклидтердің беттік белсенділігін;
- в) беттік көздердегі және ауыз сумен қамту көздеріндегі радионуклидтердің меншік альфа- және бета-белсенділігін;
- г) тамақ өнімдерінде техногенді радионуклидтердің меншік белсенділігін;
- д) тұрғын және өндірістік ғимараттардың ауасындағы радонның изотоптарының және оның қысқа өмір сүретін туынды өнімдерінің болуын;
- е) құрылыс материалдарында радионуклидтердің болуын.

Топырақтың беттік радиобелсенді ластануы сынама алу құралдарымен жабдықталған тіркелетін энергиялардың диапазоны 30-3000 кэВ далалық гамма-спектрометрмен өлшенеді.

Қозғалмалы зертхана судың сынамасын алудың стандартты құралдарымен және алынған сынамаларды сақтауға арналған әр қайсысының салмағы 20 литр болатын ыдыстармен, сондай-ақ суды буландыру құралдарымен жабдықталған.

Атмосфералық ауадағы суммарлы бета-белсенділікті анықтау үшін радиометрлік зертхана сорылатын ауа көлемін бақылайтын өнімділігі 10 м³/сағ-тан кем емес аэрозольді фильтрлер арқылы ауаны соруға арналған қондырғымен және сынамалардың суммарлы бета-белсенділігін бағалауға арналған құралдармен жабдықталады.

Радонның және оның қысқа өмір сүретін ыдырау өнімдерінің бөлмелердің ауасындағы көлемді белсенділігі сәттік әрекетті аспаптармен өлшенеді.

Бақылаудың барлық нүктелері мекенге координаттарды анықтаудың серіктік жүйесіне бекітіледі.

Қозғалмалы зертхана кернеуі 220 В электр қорек жүйесімен және бортты персоналды компьютермен жабдықталған.

Топырақтардың радиациялық мониторингі.

Топырақтардың радиациялық мониторингі бағдарламасына ену керек:

- Бақылау нүктелерінен алынған топырақтардың сынамасындағы цезий -137 беттік белсенділігін өлшеу. Соңғылары мекеннің целинді участоктарында адамдардың тұратын немесе шаурашылық әрекетінің орындарына жақын жерлерде орналасу керек. Содан басқа, мекеннің потенциалды ластаушыларға жақын жерден сынамаларды сынамалау орындары таңдалады: жерасты ядролық жарылыстарды жүргізу участоктарының, мұнай игеру, РБҚ сақтау орындарының участоктарының және т.б.

- Бақылау нүктелерінен сынамланған топырақ сынамаларындағы табиғи радионуклидтердің (калий-40, радий-226, торий-232) меншікті белсенділігін өлшеу.

Ауыл шаруашылық жерлерде бақылау нүктелері топырақтардың жайылымдарда да, жыртылатын участоктарда да барлық түрлері сынамаланатындай етіп таңдалады.

Суағарлардың және су қоймаларының радиациялық мониторингі.

Ашық су қоймаларының радиациялық мониторингі келесі мақсаттарды көздейді:

- Бақыланатын ауданға техногенді радионуклидтердің белгілі бір территориялардан келетін өзендердің суларымен келіп түсуі жайлы ақпаратты.

- Потенциалды ластаушылардың маңында орналасқан техногенді радионуклидтер мөлшері жайлы мәліметтер.

- Ашық су қоймаларындағы табиғи радионуклидтардың мөлшері жайлы ақпаратты.

Судың сынамалары олармен бақылау территорияларын қию маңындағы негізгі өзендерді, сондай-ақ шаруашылық пайдаланылу деңгейіне байланысты негізгі өзендерді қамтитын бақылау нүктелерінен алынады. Потенциалды лаустаушылардың маңында орналасқан өзендер мен су ағарларға ерекше мән беріледі.

Су қоймаларының радиациялық мониторингіне кіру керек:

- Тізімі ластаушының түріне байланысты нақтыланатын цезий-137, стронций-90 және басқа техногенді радионуклидтердің көлемдік белсенділігін өлшеу.

- Су сынамаларындағы меншік суммарлы альфа- және бета-белсенділікті және табиғи радионуклидтердің меншікті белсенділігін өлшеу. Ауыз суындағы радионуклидтердің шекті мүмкін деңгейінен (альфа-белсенділік үшін 0,1 Бк/кг және бета-белсенділік үшін 1,0 Бк/кг) асатындығы анықталған сынамалар табиғи радионуклидтердің болуына радиохимиялық әдістермен толық сараптамаға ұшырайды.

Өзендерде сынамаларды алу нүктелері өзенге лықсыма сулардың келіп түсу орындарынан жоғары және олардың ағу орындарынан төмен орналасу керек, содан соң елді мекендер пунктінің ары қарай ластау көзінен жоюмен қатарында. Ағыс болған жағдайда сынамалар на тездеткіштерде, айналмаларында, сужинағыштарда, суқұламаларында алынады. Ені 100-ден кем өзендерде сынамалар ортасынан және жағалауларынан 1-2 м қашықтықта алынады. Одан ені үлкен өзендерде сынамаларды алу әр 100 м сайын және жағалауларында да жүргізіледі. Тереңдігі 3 м-ден аспайтын өзендерде сынамаларды 0,3-0,5 м тереңдіктен алынады. Одан терең өзендерде сынамалар әр 2 м тереңдік сайын алынады.

Көлдер мен көлшіктерден сынамаларды су қоймасын қоректендіретін өзен немесе бұлақ басының маңынан, көлден ағып шығатын өзеннің бастауынан, сондай-ақ лықсыма сулардың түсу орынынан алу ұсынылады. Сынамаларды алу периодтылығы – жылына 4 ретке дейін (қысқы құрғау периодында, көктемгі су тасуда, жазғы құрғау кезеңінде және күзде мұз басу алдында). Суда жасанды радионуклидтер – тритий, йод, цезий, стронций және басқалары болған жағдайда олардың меншік белсенділігі анықталады.

Атмосфералық ауаның радиациялық мониторингі.

Атмосфералық ауаның радиациялық мониторингі келесі мақсаттарды көздейді:

- Атмосфералық ауаның аэрозольдерінде ұзақ өмір сүретін табиғи және техногенді радионуклидтің меншікті белсенділігінің орташа мәндерін анықтау.
- Атмосфералық ауаның меншікті белсенділігінің максималды мәнін анықтау және мұндай участоктарды жергіліктендіру.
- Тұрғын елді мекендердің атмосфералық ауасында ұзақ өмір сүретін табиғи бета-белсенді радионуклидтердің болуын анықтау.

Атмосфералық ауаның радиациялық мониторингі бағдарламасына бақылау нүктелерінен алынған атмосфералық ауаның сынамаларындағы цезий-137-нің, стронций-90-ның, тритийдің көлемдік белсенділігін және жалпы бета-белсенділігін анықтау кіруі тиіс. Бақылау нүктелері негізгі тұрғын пункттерінде адамдардың тұрғын және шаруашылық әрекеттерінің орындарына жақын таңдалуы тиіс.

Атмосфералық ауаның жалпы бета-белсенділігін өлшеу жазда құрғақ ыстық ауа-райында жылына 1 рет өткізіледі. Ауаны барлық аэрохольді фракцияларды ұстап қалатын сүзгіш арқылы сорады.

Мониторингті жүргізуге арналған бақылау нүктелерінің желісі алдын ала құрылуы тиіс. Әр нүкте үшін мекенге және географиялық координаттарға байланған егжей-тегжейлі бейнелеу дайындалады. Әр нүкте бойынша барлық жылдарда жүргізілген өлшеулер нәтижелері бар төлқұжат жүргізіледі.

Радиациялық мониторинг аттестатталған әдістемелер бойынша тексерілген аспаптар көмегімен жүргізіледі. Ашық мекенде гамма-фонды анықтау үшін нольдік фонның ең кіші шамасына ие сцинтилляционды есептеуіштері бар дозиметрлерді (ДКС-1117А; ДКС-1119С; ДКС-АТ1121) және СРП-88Н радиометрлерін қолдану ұсынылады. Барлық өлшеулер жер бетінен 1 м биіктікте гамма-дозиметрдің датчигін орналастыру кезінде жүргізіледі. Радиометристің денесімен датчиктің экрандалу әсерін болдырмау үшін созылған қолмен ұстап тұру қажет. Елді мекендерде өлшеулерді жүргізген кезде аспаптан жақын маңдағы ғимаратқа дейінгі қашықтық 30 м-ден кем болмауы тиіс. Табиғи фон деңгейінде гамма-сәулелену дозасының қуатын өлшеуді жүргізу кезінде қателік біршама болуы мүмкін. Оны болдырмау үшін әр бақылаулар нүктесінде 6-20-дан кем емес өлшеулер жүргізу керек, содан соң орташа мәнді табу керек.

Бақылау сұрақтары.

1. Үлкен территорияларда радиациялық бақылау үшін қандай зертханаларды қолданған мақсатты?
2. Қозғалмалы радиометриялық зертханалардың көмегімен радиациялық жағдаяттың қандай көрсеткіштерін өлшеуге болады?
3. Қозғалмалы зертхан қандай стандартты құралдармен жабдықталады?
4. Топырақтың радиациялық мониторингі бағдарламасына не кіреді ?
5. Су қоймаларының радиациялық мониторингісі қандай мақсаттарды көздейді?
6. Атмосфералық ауаның радиациялық мониторингісі қандай мақсаттарды көздейді?

Сабак 13 Тақырып 3.2: Радиациялық қауіпсіздік ауданында қалыптау принциптері

Жоспар:

1. Радиоэкологиялық қалыптау принциптері.
2. «НРБ-99» нормативті актісі.
3. «ОСПОРБ-99» нормативті актісі.

Радиоэкологиялық қалыптау принциптері

Қалыптау адамдардың сәулеленудің кейбір мүмкін деңгейлерін бекітуді жорамалдайды, олардан асатын сәулеленумен адамға тигізілетін шығын жағымсыз болады.

Радиациялық қауіпсіздікпен қамтамасыз ету 3 принципке негізделеді:

Қалыптау принципі – барлық сәулелену көздерінен азаматтардың жеке сәулелену дозаларының мүмкін шектерінен асырмау.

Негізделу принципі – адам үшін алынған пайда қосымша сәулеленумен келтірілген мүмкін зиян тәуекелінен аспағандағы сәулелену көздерін пайдалану бойынша әрекеттің барлық түрлеріне тыйым салу.

Оптимизация принципі – экономикалық және әлеуметтік факторларды, жеке сәулелену дозаларын және сәулеленетін адамдардың санын есепке ала отырып мүмкін төмен жіне қол жетімді деңгейде ұстап тұру.

Сәулелену көзерінің жұмысының қалыпты жағдайлары үшін сәулеленетін адамдардың 3 категориясы бекітілген: А және Б топтарына бөлінетін персонал, және персоналды қосатын тұрғындар және персонал адамдары, бірақ олардың өндірістік әрекетінің сферасынан тыс.

Нормативтердің 3 класын анықтайды:

Дозалардың негізгі шектері – персонал және тұрғындар үшін. Б тобының персоналы үшін доза шектері А тобының персоналдың $\frac{1}{4}$ мәніне тең ($B <$)

Әсерлі және эквивалентті дозалар адамның ағзасының сәулеленуінің жеке салдарын сипаттайды: *әсерлі* жалпы ағза үшін; *эквивалентті* жеке органдар мен тіндер үшін.

Жылдық әсерлі (эквивалентті) доза Годовая эффективная (эквивалентная) доза – бұл күнтізбелік жылда алынған сыртқы сәулеленудің әсерлі (эквивалентті) дозасының және сол жылда ағзаға радионуклидтердің келіп түсуімен шартталған ішкі сәулеленудің күтілетін дозасының суммасы.

Коллективті әсерлі доза – бұл жеке коллективті дозалар суммасына тең сәулеленудің стохастикалық әсерлерінің туындауының коллективті тәуекелінің шамасы; адам-зивертпен өлшенеді (адам-Зв.).

Бақылау деңгейлері (дозалар, деңгейлер, белсенділіктер, ағымдар тығыздығы және т.с.с.) олардың мәндері ұйымда қол жетілген радиациялық қауіпсіздік деңгейін есепке алу керек және радиациялық әсер мүмкін деңгейден төмен болатын жағдайлармен қамтамасыз етуі керек.

Радиациялық қауіпсіздік принципін жүзеге асыру үшін санитарлы ережелер, нормалар, гигиеналық нормативтер орнату, радиациялық қауіпсіздік, мемлекеттік стандарттар ережелерін, радиациялық қауіпсіздік бойынша әдістемелік және нұсқаулық құжаттар дайындау жолымен мемлекеттік қалыптау жүргізіледі. Барлық осы нормативтер ҚР Денсаулық сақтау Министрлігімен бекітіледі.

«РҚН-99» нормативті актісі.

Негізгі нормативті акт болып **«Радиациялық қауіпсіздік нормасы– 99» (РҚН-99)** табылады. Оларда адамға иондаушы сәулеленудің әсерінің мүмкін деңгейлері көрсетілген. Басқа ешқандай нормативті және әдістемелік құжаттар РҚН-99 талаптарына қарсылық көрсетпеуі тиіс. РҚН-99-да бекітілген талаптар барлық тұлғаларға міндетті болып табылады.

РҚН-99 талаптары олармен жұмыс істегенде тудыратын сәулелену көздеріне таралмайды:

- 10 мкЗВ-тан аспайтын индивидуалды жылдық әсерлі дозасын;
- терідегі 50 мЗВ-тан және хрусталикта 15 мЗВ-тан аспайтын индивидуалды жылдық эквивалентті дозасын;
- 1 адам-Зв-тан аспайтын коллективті жылдық әсер дозасын, не болмаса, 1 адам-Зв-тан аспайтын коллективті доза кезінде оптимизация принципі бойынша бағалау коллективті дозаның төмендеуінің мақсаттылығын көрсетеді.

РҚН-99 Жер бетіндегі ғарыштық сәулелерге және әсер ету мүмкін емес табиғи калиймен тудырылатын адамның ішкі сәулеленуіне таралмайды.

Мемлекеттік қалыптаумен келесі ҚР-ның территориясындағы иондаушы сәулеленулердің көздерін пайдалану нәтижесінде сәулеленудің дозаларының мүмкін шектерін орнатады.

- тұрғындар үшін орташа жылдық әсерлі дозасы 0,001 Зв-қа тең немесе өмір ұзақтығында әсерлі дозасы (70 жыл) – 0,07 Зв; жеке жылдарда 5 жыл

қатарында есептелген орташа жылдық әсерлі дозасы 0,001 Зв-тан аспайды деген шартпен әсерлі дозаның үлкен мәндері мүмкін.

- жұмысшылар үшін орташа жылдық әсерлі дозасы 0,02 Зв-ке тең немесе жұмыс әстеу уақытының периодында (50 жыл) әсерлі дозасы – 1Зв; жеке жылдарда 5 жыл қатарында есептелген орташа жылдық әсерлі дозасы 0,001 Зв-тан аспайды деген шартпен 0,05 Зв –ке дейін жылдық әсерлі дозасында сәулелену мүмкін.

Сәулеленудің дозаларының негізгі шектерінің регламенттелген мәндеріне табиғи радиациялық және техногенді өзгерген радиациялық фонмен тудырылатын дозалар, сондай-ақ азаматтармен медициналық, рентгенологиялық шараларды жүргізу және емді қабылдау кезінде алатын дозалар жатады.

«ОСПОРБ-99» нормативті актісі.

Иондаушы сәулеленудің көздерінің радиациялық әсерінен адамдарды қорғау бойынша талаптарды орнататын басқа маңызды құжат «Радиациялық қауіпсіздікпен қамтамасыз етудің негізгі санитарлы ережелері -99» (РҚҚЕНСЕ-99) болып табылады. Оларда сәулеленудің техногенді көздерін эксплуатациялау кезінде, сәулеленудің табиғи көздерінің әсері кезінде тұрғындар мен персоналдың радиациялық қауіпсіздігін, медициналық сәулелену, радиациялық апаттар және тағы басқалары кезінде науқастар мен тұрғындардың радиациялық қауіпсіздігін регламенттейтін радиациялық қауіпсіздікті бақылауға жалпы талаптар бар.

РҚҚЕНСЕ-99 сәйкес иондаушы сәулеленудің көздері міндетті есеп және бақылауға жатқызылады. Радиациялық бақылаудан босатылады:

- Максималды энергиясы 5 кэВ аспайтын иондаушы сәулеленуді генерациялайтын электрофизикалық қондырғылар;

- 0,1 м қашықтықта кез келген қол жетімді аппаратураның бетіндегі нүктедегі эквивалентті дозаның қуаты 1,0 мкЗв/сағ-тан аспайтын қалыпты эксплуатация шарттарында иондаушы сәулеленуді генерациялайтын басқа электрофизикалық қондырғылар;

Иондаушы сәулелену көздерімен жұмыс сітеу ауданында әрекетің жүзеге асыратын ұйымдарда бұл жұмыстарды жүргізу құқығына арнайы жолдауы (лицензия) болу керек. Сәулеленудің көздерімен жұмыс істеуге рұқсат мына жағдайда талап етілмейді, егер:

- жұмыс орнында радионуклидтің меншікті белсенділігі минималды мәнді меншікті белсенділіктен (МММБ) кем болса, немесе сәулеленудің ашық көзінде радионуклид белсенділігі минималды мәнді белсенділіктен (ММБ) аз, немесе жеке радионуклидтердің белсенділіктерінің олардың кестелік мәндеріне қатынасының суммасы 1-ден кем болса;

- ұйымда сәулеленудің ашық көзінде радионуклидтердің жалпы белсенділігі ММБ-тен немесе әр түрлі радионуклидтердің белсенділіктерінің олардың кестелік мәндеріне қатынастарының суммасынан 10 реттен аса мөлшерде аспайды;

- сәулеленудің жабық радионуклидті көзінің бетінен 0,1 м қашықтықта орналасқан кез келген нүктесіндегі эквивалентті дозаның қуаты фоннан 1,0 мкЗв/сағ-тан аспайды. Бұл кезде қондырғының ішінде орналасқан радиобелсенді заттардың сенімді герметизациясы қамтамасыз етілуі керек, ал оның нормативті-техникалық құжаттамасы санитарлы-эпидемиологиялық қорытындыға ие болуы керек.

Бақылау сұрақтары.

1. Радиоэкологиялық қалыптау нені жорамалдайды?
2. Радиациялық қауіпсіздік қандай принциптерге негізделеді?
3. Персонал және тұрғындар үшін қандай класстар орнатылады?
4. «НРБ-99» нормативті актісі, негізгі бөлімдері?
5. «РҚҚЕНСЕ -99» нормативті актісі.

Сабақ 14 Тақырып 3.3: Ионданушы сәулеленудің биологиялық әрекеті.

Жоспар:

1. Радиация көздері.
2. Сәулеленулердің тірі ағзаларға әсері.
3. Адамның сәулелік ауруы.
4. Ағза ішіне түскен радионуклидтердің биологиялық әрекеті.

Радиация көздері.

Тірі ағзалар табиғи және жасанды радиобелсенді көздердің әсеріне ұшырайды.

Біріншісіне атмосфера, гидросфера, литосферада болатын табиғи радионуклидтар жатады. Радиацияның табиғи көздерінің негізгі массасы жерде жаратылған және тек бір бөлігі ғана – ғарыштық.

Иондаушы сәулеленудің Табиғи көздері болып уран-радий және торий, калий-40 жанұяларының радионуклидтары табылады.

Тұрғындар негізгі мөлшерін табиғи сәулелену көздерінен алады. Тұрғындардың сәулеленуінің суммарлы дозасына көбірек үлесті бөлмелер ауасында және атмосфералық ауада болатын радонның изотоптарының және олардың туынды өнімдерінің ингаляциясы қосады.

Табиғи көздерден сәулелену дозасына үш құрамдас коспонент біршама әсер етеді: 1) табиғи радионуклидтердің сыртқы гамма-сәулеленуі; 2) бөлмелер ауасындағы радонның изотоптары; 3) тағамда және ауыз суда болатын табиғи радионуклидтер.

Сыртқы сәулелену сыртқы орта объектілерінде болатын табиғи радионуклидтармен шартталған гамма-сәулелену есебінен, сондай-ақ ғарыштық фотондық сәулелену есебінен қалыптасады. Осы құраушылардың екеуі де әдеттегі дозасының қуаты 5-тен 20 мкР/сағ ауытқитын табиғи радиациялық фонды анықтайды. Оның мәні қоршаған ортадағы табиғи

радионуклидтердің концентрациясына, мекеннің биіктігіне және географиялық ендігіне тәуелді, себебі соңғы 2 фактор ғарыштық сәулеленудің дозасының қуатын анықтайды.

Бөлмелердің ішіндегі гамма-өріс біршама деңгейде ғимарат салынған құрылыс материалдарындағы табиғи радионуклидтардың (уранның, торийдің, калийдің) болуына тәуелді.

Екінші, сәулелену дозасының аса мәнге ие бөлігі адамдар жүретін бөлмелердің ауасындағы радонның изотоптарының концентрациясына тәуелді. Қатты және сұйық радиобелсенді көздерге қарағанда, радон газ ағза ішіне өкпе арқылы түседі. Тыныс алғаннан кейін бірнеше секундтан соң бұл радиобелсенді газ және оның ыдырауының қатты өнімдері қанда пайда болады. Радон әсіресе жабық бөлмелерде қауіпті, онда оның концентрациясы сыртқы ауаға қарағанда 500 рет жоғары болуы мүмкін. Тұрғын және өндірістік ғимараттардың фундаментін төсейтін тау жыныстарынан әрдайым бөліне отырып, ол еден арқылы өтеді, нашар желдетілетін ғимараттардың бірінші этаждарында жинақталады.

Ағзаның ішкі сәулеленуін шарттайтын табиғи радионуклидтердің біршама бөлігі тағам өнімдерімен және сумен келіп түседі. Негізінен бұл уран -238 және торий-232 (қорғасын-210, полоний-210, радий-226, радий-228) қатарларының радиоизотоптары. Бұл бөлік тұрғысынан сәулеленуге көбірек үлесті қорғасын-210 және полоний-210 қосты, олар радон-222-нің ыдырауының ұзақ өмір сүретін туынды өнімдері болып табылады, сәйкесінше жартылай ыдырау периоды 22 жыл және 138 тәулік. Тағаммен және сумен табиғи радиоизотоптардың түсу есебінен дамдардың ішкі сәулеленуінің әлемдік дозасының аралығы (диапазоны) 0,2-08 мЗв/жылды құрайды.

Радияцияның антропогенді көздеріне радиобелсенді шөгінділерде, ядролық энергетика қалдықтарында, медициналық аспаптарда және дәрі-дәрмекте болатын жасанды радиоизотоптар жатады, сондай-ақ рентген кабинеттерінің сәулелері жатады. Негізгі үлесті медициналық құрылғылар және дәрі-дәрмектер қосады. Рентген кабинеттерінде 1 сеанста алынатын әсерлі эквивалентті дозасы 0,01-1 мЗВ шектерінде жатыр, сонымен бірге көбірек дозаларды науқастар асқазан-ішек жолдарының (АІЖ) рентгенографиясында алады.

Радиобелсенді шөгінділерге кіретін жасанды радионуклидтер арасында цезий-137, стронций-90, цирконий-94, көміртегі-14 аса қауіпті.

Сәулеленулердің тірі ағзаларға әсері.

Радияцияның күшті дозалары тірі ағзаның жасушаларын өлтіреді. Аз дозалары жасушаны толығымен бұзбайды, бірақ оны сезілетіндей өзгертеді. Тірі ағзалардың жасушаларында радиацияның әсерінен жүріп жататын бірінші реттік физико-химиялық үрдістер оларға иондаушы сәулеленудің тікелей және жанама әсеріне міндетті.

Сәулелердің *тікелей әсері* олармен ақуыз молекулаларын ыдыратуында және жасуша ядроларында ДНК-ны бұзуда жатыр. Сонымен бірге, сәулелердің жасуша ядросына түсу мүмкіндігі иондаушы бөлшектің өлшеміне тура тәуелді.

Сәулеленудің ағзаға *жанама әсері* дене массасының 75%-ын құрайтын су молекулаларының, сондай-ақ жасушаларда болатын O_2 молекулаларының иондануы түрінде көрінеді. Пайда болған H^+ , OH^- иондары және радикал O_2^- ионы ақуыз молекулаларын тотықтырады және оны бұзады.

Иондаушы сәулелену ағзаны әлсіретеді және иммунитетті, яғни оның инфекцияларға қарсылық көрсету қабілетін төмендетеді. Радиацияның үлкен дозалары түрдің уақытша немесе толық стерилизациясына, сондай-ақ келесі ұрпақтарда көрінуі мүмкін генетикалық өзгерістерге алып келеді.

Аса сезімтал болып кейбір органдардың (гонадалар, жұлын) тез жаңаратын тіндердің клеткалары табылады. Жасушалардың өлімі жеке органдардың функцияларының бұзылуына алып келеді, ол ары қарай бүкіл ағзаның өмір сүру үрдістерінің бұзылуынан көрінеді.

Радиациялық сәулеленудің тірі ағзаларға әсері сәулелену түріне (α -, β -, γ -сәулелер және т.с.с.), сәулелену жолына және оның ұзақтығына тәуелді. Егер сәулелену көзі ағзадан тыс орналасса, онда тіндерге, басты түрде жоғарғы өтіп кету қабілетіне ие γ -сәулелену әсер етеді. Радиация көзі ағза ішіне түскен жағдайда тек γ -сәулелер ғана емес, сондай-ақ әсірісе толығымен тіндермен жұтылатын α -, β -сәулелер қауіпті болады.

Қысқа уақыт ішінде (минуттар мен сағаттар) ағзамен қабылданатын үлкен дозалар ағза ұзақ ұстап тұратын *созылмалыларға* қарағанда *күшті* деп аталады.

Тірі ағзалар бір бірінен қандай да бір сәулелену дозаларын ұстау қабілеті бойынша қатты ерекшеленеді. Төмен сезімталдыққа вирустар, бактериялар, бүргілер және лишайниктар ие. Олардан кейін жәндіктер тұр. Жануарлар сәулеленуге көбірек сезімтал.

Адамның сәулелік ауруы.

Сәулелі ауру көбінесе күшті дозалармен сәулелену кезінде дамиды. Оны қазіргі заманғы емдеу кезінде жазылу мүмкіндігі бар. Сәулелік аурудың ауырлығының деңгейі қатаң түрде радиацияның жұтылған дозасына тәуелді (бүкіл дененің біркелкі сәулелену жағдайында). Сәулелік аурудың 4 деңгейін ажыратады: жеңіл, орташа ауырлықты, ауыр және аса ауыр. *Жеңіл деңгейі* 100-200 бэр дозасында, *орташа* 200-400, *ауыр* 400-600, *аса ауыр* – 600 бэр-ден жоғары дозаларында сәулелену жағдайларында туындайды. 100-бэр-ден кем дозамен сәулелену кезінде *сәулелік жарақат* жайлы айтады. Жеңіл деңгейі кезінде ауруларды стационарға орналастырады, бірақ жиі антибиотикалық терапияны санамағанда арнайы емдеуді жүргізбейді. Орташа ауырлықта жұлын зақымданады және ауруларда қан түзу депрессиясы байқланады, сондықтан жақсы жабдықталған стационарда күшті антибиотикалық терапияны жүргізу қажет. Сәулелік аурудың ауыр деңгей

жағдайында жұлын, АІЖ және ауыз қуысы зақымданады. Мұндай науқастар арнайы мұндай ауруларды емдеудің сәйкес тәжірибесіне ие стационарларға және клиникаларға орналастырылуы тиіс. Сәулелік аурудың аса ауыр деңгейі кезінде ағзаның қан түзу жүйесі – жұлын істен шығады. Жұлынның зақымдануы қанда эритроциттардың жетіспеушілігіне, ағза тіндерінің оттегілік ашығуына және ауыр ауру – лейкоздың дамуына алып келеді. Бұл жағдайда жұлынды ауыстыру (пересадка) керек, онсыз адам тез өледі.

Адаммен алынған радиация дозасы перифериялық қанның және жұлынның лимфоциттарын хромосомалық талдауы бойынша биологиялық дозиметрия көмегімен анықталады.

Ағзаның бірінші реттік реакциясының көріну уақыты және клиникалық көрінісі сәулелену дозасына тәуелді. Бірінші реттік реакцияның басты белгісі – локусу, ал 600 бэр және одан көп доза кезінде – сұйық зәр.

Емдеу жағдайында қалыпқа келу периоды температураның қалыпқа келуіне дейін 4-8 аптаға созылады. Шаштың өсуі басталады. Бұдан соң алыс нәтижелерінің көріну периоды басталады (қан айналым жүйесінің аурулары, эндокриндік және генетикалық бұзылыстар, катарактаның дамуы және т.с.с.).

Дененің жеке бөліктері бүкіл денеге қарағанда аса үлкен дозаларға төзімді болады.

Ағза ішіне түскен радионуклидтердің биологиялық әрекеті.

Радионуклидтер ағза ішіне үш жолмен енеді: а) АІЖ арқылы; б) тыныс алу органдарымен; в) денедегі жарақаттар арқылы.

Аса қауіпті болып екінші жолы табылады, себебі ингаляция арқылы ағзаға радиобелсенді газдар да, қатты заттардың шаңды бөлшектері де түседі. Газдар жылдам жұтылатын ауадан абсорбцияланады, бірнеше секундтан соң олар қанда және ағзаның жасушадан тыс сұйықтығында пайда болады..

АІЖ арқылы ағзаға қатты заттар және радиобелсенді сұйықтықтар енеді. Бір бөлігі ішек қабырғалары арқылы қанға сорылады, екінші бөлігі ағзадан сыртқа шығарылады. Сорылу деңгейі элементтің қасиеттеріне тәуелді. Ағзамен жеңіл игеріледі - Cs, Th, U, біраз нашарлау - Sr, Ra, Pu, I, Ru.

Бұзылған тері, сырылған және жарақаттанған жаралар арқылы ағзаға түскен радионуклидтердің мөлшері оларың ену тереңдігіне және ластау ұзақтығына тәуелді.

Ағза ішіне түскен радиобелсенді элементтер аса қауіпті, ең алдымен, жоғары иондаушы α - және β -сәулелендірулер әрекетінің дереу өсу себептеріне байланысты. Екіншіден, сәулелену ұзақтығы көп есеге өседі, себебі радионуклидтердің сыртқа шығарылуы үшін біршама уақыт талап етіледі. Одан басқа, кейбір изотоптар жеке органдарда, онда біршама концентрацияларды тудыра отырып ағзада таңдамалы түрде жіктеледі. Мысалы, ағзаға келіп түскен йод үшінші бөлігі дененің барлығы 0,03% -ын құрайтын ұйқы безінде (щитовидная железа) жинақталады, стронций, фосфор және радийдің көп бөлігі қаңқада жиналады, ал цезийдің көп бөлігі

асқазанасты қорытушыда. Радионуклидтердің мұндай жергілікті жинақталу нәтижесінде сәйкес орган сәулелену әсерінен тез бұзылады.

Басқа тұрақты изотоптар сияқты радионуклидтер ағзадан белгілі бір дәрі-дәрмектердің әрекетінен шығарылуы мүмкін. Мұндай препараттар 2 топқа бөлінеді:

- АІЖ-рында радионуклидтардың сіңірілуіне бөгет жасайтын дәрі-дәрмектік құралдар. Мұндай препараттардың әрекет ету принципі – ионалмасу сорбциясы, осыдан оларды *сорбенттер* деп атайды. Мұндай препараттарға пектиндер, көмірлі және органокремнеземды сорбенттер жатады.

- Ағзамен игерілген радионуклидтарды ағзадан шығаруды жылдамдататын дәрі-дәрмектік құралдар. Негізінен бұл мақсатарда әр түрлі қышқылдар және эфирлер қолданылады.

Радионуклидтерді ағзадан шығару жылдамдығын *әсерлі жартылай шығару периодымен* көрсету қабылданған, яғни оның барысында ағзадағы радионуклидтердің мөлшері екі есеге азаяды.

Сәулелік әсердің ауырлығын *радиопротекторлар* деп аталатын – радиациялық қорғаушылар біршама төмендетеді. Мұндай заттарға өзінің құрамында пектиндердің көп мөлшері болатын витаминдер және өсімдіктер жатады: гранат, рябина, қарақат, клюква, қызылша және сәбіз шырыны, жень-шень тұнбалары.

Бақылау сұрақтары.

1. Радиация көздерінің жіктелуін беру.
2. Табиғи көздерден сәулеленудің дозасына қандай құрамдас компоненттер әсер етеді?
3. Қандай сәулеленулер есебінен сыртқы сәулелену қалыптасады?
4. Сәулеленулердің тірі ағзаларға әсері.
5. Адамның сәулелік ауруы қалай дамиды?
6. Радионуклидтердің ағза ішіне түсудің негізгі жолдары.
7. Радионуклидтерді ағзадан шығару үшін қолданылатын препараттардың негізгі топтары.

Қолданылған әдебиет тізімі:

1. Ионизирующее излучение. Радиационная безопасность: нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1. 758-99. – М.: Минздрав России, 1999.
2. Кузин А.М. Прикладная радиобиология / А.М. Кузин, Д.А. Каушанский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 306 с.
3. Леухин А.В. Исследование содержания радионуклидов в объектах окружающей среды методом гамма- и бета-спектрометрии: вопросы экологии, региональный аспект: матер. пост. действ. Всероссийской междисциплинарной научной конференции с международным участием / А.В. Леухин, Г.А. Ситников, А.Р. Сазонов, А.М. Андреев. – М.; Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2004. – Ч. 2. – С. 139-141.
4. Радиобиология / А.Д. Белов, В.А. Киршин, Н.П. Лысенко, В.В. Пак и др.; под ред. А.Д. Белова. – М.: Колос, 1999. – 358 с.
5. Скоробогатько Л.М. Практикум по радиоэкологии / Л.М. Скоробогатько. – Курск: Изд-во Курской ГСХА, 1997. – 150 с.
6. Старков В.Д. Радиационная экология / В.Д. Старков, В.И. Мигунов. – Тюмень: ФГУ ИПП «Тюмень», 2003. – 304 с.
7. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных / С.П. Ярмоненко, А.А. Вайнсон. – М.: Высш. шк., 1988. – 594 с.
8. Александров Ю.А. Основы радиационной экологии: Учебное пособие / Мар.гос. ун-т; Ю.А. Александров. – Йошкар-Ола, 2007. – 268 с.