



Затверджено на засіданні кафедри
онкології та радіології з радіаційною
медициною
протокол № _____ від _____ р.

Зав. кафедри _____ Баштан В.П.

Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів
під час підготовки до практичного заняття
та на занятті

<i>Навчальна дисципліна</i>	Радіаційна медицина
<i>Модуль №</i>	I
<i>Тема заняття</i>	Медичні, соціальні, екологічні та психологічні аспекти великомасштабних аварій на атомних виробництвах. Диспансеризація персоналу, який працює з джерелами іонізуючого випромінювання.
<i>Курс</i>	V
<i>Факультет</i>	Медичний

I. Актуальність теми. Внаслідок аварії на ЧАЕС у навколишнє середовище потрапило близько 100МБК радіонуклідів, які розповсюдились та забруднили землю, воду. Тому студенти всіх факультетів повинні знати радіаційну ситуацію, яка склалася після аварії на ЧАЕС в Україні та інших країнах. Повинні вміти визначати рівень забрудненості води, землі, харчових продуктів, одягу та іншого.

II. Конкретні цілі.

Знати:

- особливості радіаційної ситуації, що склалася після аварії на ЧАЕС.
- способи визначення забрудненості у навколишньому середовищу;
- принципи роботи основних приладів, що зумовлюють встановлення дози та активності радіонуклідів;

Вміти:

- оцінити рівень забрудненості навколишнього середовища;
- оцінити рівень забрудненості води, харчових продуктів, одягу та інше.

Орієнтовна основа дії: основні базові знання, вміння та навички, необхідні для самостійного засвоєння теми.

Знати:

- види радіоактивних випромінювань;
- одиниці радіоактивності доз;
- принципову схему устрою радіометру.

Карта орієнтовної дії студентів

№ п/п	Зміст учбових дій	Вказівки до учбових дій
1	Радіаційна аварія на ЧАЕС та її наслідки	Вивчити основні положення та записати в зошит.
2	Медичні аспекти аварії на ЧАЕС.	*****
3	Санітарно-гігієнічні аспекти аварії на ЧАЕС.	*****
	Оцінка ступеню забрудненості радіонуклідами навколишнього середовища, харчових продуктів.	*****
5	Взяття проб для радіометричного аналізу та вимірювання.	*****
6	Визначення забрудненості радіонуклідами води, продовольчих товарів.	*****
7	Визначення доз сонячного опромінення.	*****
8	Визначення доз внутрішнього опромінення.	*****

Зміст заняття. Після багатьох ядерних випробувань, бомбардувань Хіросіми, Нагасакі у 1946р., після аварій на ядерних виробництвах, реакторах, та особливо аварії на ЧАЕС, виникла необхідність вести години викладання радіаційної медицини, особливо на Україні. В інших країнах, ще до цієї катастрофи, радіаційна медицина викладалась та мала успіх.

26 квітня 1986р о 1год. 23хв. сталася аварія на 4 блоці атомного реактору ЧАЕС РБМК-1000. Реактор великої потужності, каналний, 1000МВт (електричної потужності), 3200МВт (теплової потужності), звідки коефіцієнт корисної дії 31%.

Реактор – це циліндр, заповнений водою. У діаметрі 11,8м, висотою 7м. Уповільнювач - графіт 1700т, паливо: уран 235 - 2%, уран 238 - 98%, масою 115т у 1661 каналі, де $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow 90\text{Kr}$ (криптон) + 211^{140}_{56}Ba (барій) + 5^1_0n + тепло. Тепло відводиться за допомогою теплоносія – води, яка циркулює у цирконієвих трубах. 211 стержнів уповільнювач реакції поділу з бору або кадмію, які необхідні для управління реакцією. Теплоносій – вода, що циркулює у цирконієвих трубах під тиском в 70атм та при $t = 284$. Після виходу з реактора, вода, що складається з 14% пари та 86% води, потрапляє на 4 барабани сепаратора, який відділяє пару від води. Пара йде на 4 турбіни. Після проходження через турбіну пара конденсується до води $t = 165\text{C}$, змішується з водою, отриманою на сепараторах і далі, головними циркуляційними насосами, знову попадає у реактор. Є система аварійного охолодження.

Серед уламків розпаду урану 235 (15 варіантів) утворюється телур 135, який перетворюється на йод 135, потім у ксенон 135, а він, у свою чергу, в цезій 135. Внаслідок бета - розпаду криптон 90 перетворюється у рубідій 90, а він у стронцій 90. Таким чином, утворюються основні елементи, що викликають опромінення населення: йод, цезій та стронцій.

На станції, яку мали зупинити на плановий профілактичний ремонт, був проведений експеримент, суть якого полягала в тому, щоб перевірити можливість турбогенератора виробляти енергію у короткий період відключення подачі електроенергії на циркуляційні насоси охолодження при зупинці турбіни. За цей період мають бути запущені дизельні електрогенератори. Внаслідок експерименту наступило перегрівання реактора, що призвело до розплавлення стінок цирконієвих труб, тому вода, яка застосовувалась для охолодження реактора попала на розкалений графіт. Вона розклаталась на кисень та водень. Утворилась “тримуча” суміш, яка й вибухнула. Внаслідок вибуху заклинило стержні управління і реактор перестав підлягати управлінню, що спричинило подальше підвищення температури. Практично зразу виник повторний вибух, ще більшої потужності, який зірвав кришку реактору. Суміш пару, води та уламків реактору почала викидатись у атмосферу (1,2 км). Радіоактивні речовини з потоком повітря розповсюдились за межі станції. 26 – 27 квітня вітер дув на північний захід: Фінляндія, Швеція, Білорусія, Калузька область.

Тому шведи та фіни підняли тривогу ще до того, як наше керівництво повідомило про аварію. Так увесь світ узнав про цю величезну ядерну катастрофу.

30 квітня вітер дув на південний схід – Київ. 1 – 2 травня на захід – Польща, Великобританія, на південний захід – Румунія, на південний Кавказ, на південний схід – Індія. 3 травня підвищення радіації реєструється на Філіппінах, у Японії та Китаї, 5 – 6 травня – в Індії та на Американському континенті.

У південній півкулі підвищення радіоактивності не реєструвалося. У 30 – кілометрову зону було викинуто 70т палива: за перший день – 25%, за решту 9 днів - 75%. Графіту було 1700т, а залишилось 800т, викинуто біля 50%. За різними даними викинуто 10^6 Ки ($92,5 - 18,5 \cdot 10^{17}$ Бк) радіоактивних речовин. Це 2 – 4% від усієї активності. 20 – 25 % вийшло за межі станції та забруднило навколишню територію, з них: на промисловому майданчику осіло 0,3 - 0,5% від 0 до 20км – 1,5 – 2%, більше 30км – біля 1,5%.

Основні елементи випаду

Назва елементу	Відсоток
Цезій – 137 та 134.	70%
Йод 131 та інші.	20%
Стронцій - 90 та інші.	4%
Плутоній, радій, стронцій та інше У складі випадів, тільки в межах колишнього СРСР	2 – 5%

Потенційні шляхи опромінення, фази аварії та контрзаходи, для яких можуть бути встановлені рівні втручання.

Потенційні шляхи опромінення		Фаза аварії	Контрзахід
1	Зовнішнє опромінення від радіоактивної хмари, аварійного джерела (установки)	Рання	Укриття, евакуація, обмеження режиму поведінки
2	Зовнішнє опромінення від шлейфу опадів із радіоактивної хмари	Рання	Укриття, евакуація, обмеження режиму поведінки
3	Вдихання радіонуклідів, які містяться у шлейфі	Рання	Укриття, герметизація приміщень, включення зовнішньої вентиляції
4	Надходження радіоізоотопів йоду інгаляційно, з продуктами харчування та питною водою	Рання	Укриття, обмеження режимів поведінки та харчування. Профілактика надходження радіоізоотопів йоду за допомогою препаратів стабільного йоду
5	Поверхнєве забруднення радіонуклідами шкіри, одягу, інших поверхонь	Рання Середня	Укриття, евакуація, обмеження режимів поведінки та харчування, дезактивація
6	Зовнішнє опромінення від випадінь радіонуклідів на ґрунт та інші поверхні	Середня	Евакуація, тимчасове відселення, переселення, обмеження режимів поведінки та харчування, дезактивація територій, будівель та споруд.
7	Інгаляційне надходження радіонуклідів за рахунок їх вторинного підняття з вітром	Середня Пізня	Тимчасове відселення, переселення, дезактивація територій, будівель та споруд
8	Споживання радіоактивно - забруднених продуктів харчування та води	Пізня	Сільсько – господарські та гідротехнічні контрзаходи

Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії для прийняття рішення про переселення.

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза, відвернута за період переселення, Зв	0,2	1
Доза, відвернута за перші 12 місяців після аварії, Зв	0,05	0,5
Щільність радіоактивного забруднення території довгоживучими радіонуклідами, кБк м ² <ul style="list-style-type: none"> • ¹³⁷Cs, • ⁹⁰Sr, • α-випромінювачі (^{238, 239, 240}Pu, ²⁴¹Am та інші. 	400	4 000
	80	400
	0,5	4
Потужність дози гамма – випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно забрудненій місцевості, нГр·сек. ⁻¹ <ul style="list-style-type: none"> • мононуклідне забруднення ¹³⁷Cs • забруднення свіжою осколочною сумішшю(на 15 – день після початку аварійних випадінь) 	0,3	3
	5	50

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про тимчасове відселення.

Критерії для прийняття рішення	Найнижчі межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Сумарна відвернута доза за період тимчасового відселення ¹ , Зв	0,1	1
Середньомісячна доза на протязі періоду тимчасового відселення ¹ , мЗв·місяць ⁻¹	5	30
Потужність дози гамма – випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно забрудненій місцевості, нГр·сек. ⁻¹	3	30

¹ дивись пункт Д.8.7а. НРБУ – 97.

Рівні забруднення по йоду:

Рівні	Кількість опромінених людей		Поглинута доза у щитовидній залозі	
	дорослих	дітей	дорослі	діти
I. Найбільший	1,5 · 10 ⁶	150 · 10 ³	15 Бер 0,15 Зв – зі-	70Бер

			верт	0,7 Зв-зіверт
II. Середній	15,6·10⁶		9,2 Бер /0,0923в/	10 Бер 0,13в
III. Малий	75 ·10⁶	8· 10⁶	0,6 Бер 0,006 Зв	2,5 Бер 0,0253в

Найбільший рівень забрудненості по йоду - 131 у Києві був 1 - 2 травня 1986р. 380 кБк/м², норма по α - забруднювачим від 1 до 100 частинок на 1 см² по β – частинках від 100 до 8 000 часточок.

Рівень забрудненості у продуктах за йодом.

Продукти	Після аварії	Норма
Вода	10Бк/л	18,5Бк/л
Овочі	4· 10 ⁵ Бк/кг	1· 10 ³ Бк/кг дорослі 1· 10 ² Бк/кг діти
Молоко	4· 10 ⁴ Бк/л	3,7· 10 ² Бк/л

Рівні забруднення за цезієм – 137, виходячи з дозової межі 10 Бер на рік від внутрішнього опромінення.

Зони	Назва	Площа	Ступень забруднення
I	відчуження	10 км в радіусі	
II	відселення	30 км в радіусі	Більше 40 Ки/км ² 14,8 · 10 ¹¹ Бк/1 км ²
III	постійного жорсткого контролю		15 - 40 Ки/км ² 55,5 · 10 ¹⁰ Бк/км ² 14,8 · 10 ¹¹ Бк/км ²
IV	періодичного радіонуклідного контролю		до 15 Ки/км ² 55,5 · 10 ¹⁰ Бк/км ²

Цезію осіло: в Білорусії 7000 Ки/25,9 · 10¹² Бк.; в Росії 2000 Ки/7,4· 10¹³ Бк.; на Україні 1000 Ки/3,7 · 10¹³ Бк.

Рівень забрудненості за цезієм.

Продукти	Після аварії	Норма
Овочі	4·10 ⁴ – 10 ⁵ Бк/кг	592Бк/кг
Молоко	4·10 ⁴ Бк/л	370Бк/л
М'ясо	До 4·10 ³ Бк/кг	740Бк/кг
інші	До 4·10 ³ Бк/кг	370Бк/кг по хлібу

Найбільший ступінь забрудненості був: 1 категорія – у Гомельській, Могилевській, Житомирській, Чернігівській, Брянській, Орловській, Рівненській, Брестській областях. Постраждало всього 17 · 10⁶ людей, з них 2 · 10⁶ дітей.

Активність викинутого палива із завалу склала 5 · 10³ Р/год., а біля станції після аварії 0,1р/год. У Прип'яті потужність дози на місцевості 27 квітня досягла 1,3Бер/год (0,0013 зв/год). Потужність еквівалентної дози, що використовується при проектуванні захисту від зовнішнього іонізуючого випромінювання М/Бе/год ОСП - 72.

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження¹ вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування.

Критерії для прийняття рішення	Найнижчі межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Відвернута доза внутрішнього опромінення за рахунок вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
• за перший після аварійний	1	30
• за другий і наступні роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока ² , кБк · л ⁻¹		
• ¹³¹ I для дорослих	0,4	1
• для дітей	0,1	0,2
^{134,137} Cs	0,1	0,4
⁹⁰ Sr для дорослих	0,02	0,2
для дітей	0,005	0,05

Найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості для невідкладних контрзаходів.

	Відвернута доза за перші 2 тижні після аварії
--	--

Контрзахід	Межі виправданості			Рівні безумовної виправданості		
	мЗв	мГр		мЗв	мГр	
	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру
Укриття	5	50	100	50	300	500
Евакуація	50	300	100	500	1000	3000
Йодна профілактика Діти Дорослі	-	50 ¹	-	-	200 ¹	-
	-	200 ¹	-	-	500 ¹	-
Обмеження перебування на відкритому повітрі Діти Дорослі	1	20	50	10	100	300
	2	100	200	20	300	1000

Фонове опромінення до 230 мБер/рік, тех. до 400 мБер/рік, у деяких місцях земної кулі є ділянки де фонове опромінення досягає 1200 мБер/рік (Індія). Опромінення від медичних джерел до 165 мБер/рік.

Критерії доз за захистом населення на випадок аварії атомного реактора 1963р.

Критерії	Доза	Щитовидна залоза	Заходи
	Зовнішнього		
I	25 Бер (250мЗв)	30 – 250 Бер.	Йодна профілактика. Міри загального гігієнічного характеру.
II	25 – 75 Бер (250-750мЗв)		Йодна профілактика та захист населення.
III	75 Бер (750мЗв)		Евакуація.

27 квітня рівень радіації у м. Прип'яті досяг 10 мЗв/год., у зв'язку з чим склалася загроза перевищення ГДД опромінення 0,25Зв (25 Бер) на все тіло і щитовидну залозу, а потім верхнього рівня опромінення 0,75Зв (75Бер), що встановлено, як межа опромінення, що вимагає евакуація, у зв'язку з чим вона і почалась. Було організовано дезактивацію людей, почалась йодна профілактика людей у забруднених територіях.

Із Київської області евакуйовано 88 000 чол., з них 21 000 дітей. З Гомельської обл. 25 000, з них 6 000 дітей. Із Житомирської та Брянської областей по 1 000 чоловік. Всього 115 000 чол.. Випадків захворювання на ГПХ у евакуйованих не зареєстровано. Після аварії радіація поблизу станції перевищувала 100мР/год, через 5 днів на відстані 50 – 60 км від станції доза складала 0,005 р/год. 2 травня в Києві у повітрі потужність дози була 0,0005 р/год., на дорогах – 0,015 – 0,02 р/год. Наприкінці травня у Києві потужність дози складала 0,0005 р/год.. В залежності від потужності дози на місцевості виділено 3 зони опромінення, виходячи з нормативу аварійного опромінення 10 Бер за перший рік після аварії.

Зони опромінення

Зона	Потужність дози
1 – відчуження	0,02 р/год.
2 – евакуації	0,005 – 0,02 р/год.
3 – жорсткого контролю	0,003 – 0,005 р/год.

Норма – 0,001р/год.

На час аварії у районі станції було 268 будівельників та 176 чоловік обслуговуючого персоналу. Госпіталізовано 300 чоловік, в тому числі і пожежників.

Кількість хворих на ГПХ та померлих

Ступінь променевої хвороби	Кількість	Померло	Доза
I	50	-	1–2 гр.(100-200 Бер)
II	53	1	2–4 гр.(200-400 Бер)
III	21	7	4–6гр.(400- 600 Бер)
IV	21	20	6–16гр(600-1600 Бер)
Всього	145	28	

Серед решти населення випадків ГПХ не було.

- 1 – все тіло, статеві органи, червоний кістковий мозок;
- 2 – м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина;
- 3 – шкіра, кістки, кісті, передпліччя, гомілки, ступні.

Ліміти доз опромінення (мЗв/рік⁻¹), згідно НРБУ-97.

	Категорії осіб, які зазнають опромінення		
	А а/б	Б а/	В а/
Лде (ліміт ефективної дози)	20 (0,02 Зв/р)	2 (0,002 Зв/р)	1 (0,001 Зв/р)

Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення

ЛД lens	150 (0,15 Зв/р)	15 (0,015 Зв/р)	15 (0,015 Зв/р)
ЛД skin	500 (0,5 Зв/р)	50 (0,05 Зв/р)	50 (0,05 Зв/р)
ЛД extreme	500 (0,5 Зв/р)	50 (0,05 Зв/р)	

А – персонал, працюючий з ІВ. Б – обмежена частина населення. В – решта населення.

За постановою Верховної Ради України в зв'язку з аварією на ЧАЕС. Протягом року людина може отримувати з різних джерел опромінення 0,0043в. За ВОЗ людина отримує, за рік 0,0047 Зв.

Дози поглинутого опромінення, встановлені для ліквідаторів та населення в 1986, 1987р.р. на рік для проживаючих у забруднених місцевостях.

Роки	Ліквідатори	Населення
1986	0,25 Зв (25Бер)	0,13в(10Бер)зовнішнього та внутрішнього 0,053в(5Бер)
1987	0,1 Зв (10 Бер)	0,03 Зв (3 Бер)
1988	0,05 Зв (5 Бер)	0,03 Зв (3 Бер)

Населення різних районів країни отримало від 0,00003 Зв (0,003 Бер) до 0,01 Зв (1 Бер) від зовнішнього опромінення. Від внутрішнього опромінення за цезієм - 137 від 0,03 Зв (для мешканців Полісся). Населення Прип'яті з моменту аварії отримало 0,15-0,2 Зв (15-20 Бер) зовнішнього опромінення на шкіру від β – випромінювання, та 0,015-0,02 Зв (1,5-2 Бер) зовнішнього опромінення від γ – випромінювання.

Колективна доза зовнішнього опромінення за $50р = 2 \cdot 10^5$ людино – зивертів. Колективна доза внутрішнього опромінення від Цезію - 137 за 70 років склала $2 \cdot 10^6$ людино – зивертів. При колективній дозі $1 \cdot 10^6$ людино – зивертів (1 зиверт отримало 10^6 людей) слід очікувати 125 випадків злоякісних пухлин та 40 випадків генетичних дефектів у 2 –х поколіннях. Період розвитку цих пухлин 20 років. Це значить, що у $1 \cdot 10^6$ людей, кожен з яких отримав 1 зиверт протягом 20 років, може виникнути 125 пухлин, приблизно 6 пухлин на рік, але вони можуть і не виникати. Параметр ризику $1 \cdot 10^{-4}$. Для порівняння вкажемо, що смертність від злоякісних новоутворень (які виникають від усіх інших причин) по СНГ знаходиться на рівні 1270 випадків на $1 \cdot 10^6$ населення на рік. Параметр ризику $1 \cdot 10^{-3}$.

Дія радіоактивного забруднення оточуючого простору на людей, визначається 3 факторами:

- А – зовнішнє опромінення:
- γ випромінювання радіоактивної хмари;
- γ та β – випромінювання речовини, що випала на Землю.
- Б – внутрішнє опромінення:
- внутрішня дія γ , β , J випромінювання всередині організму від радіоактивних речовин, що потрапили в нього.

Вклад різних джерел радіації, що приймали участь у формуванні дози опромінення на забруднених територіях за 50 років.

- Зовнішнє 15%: А – 14% від хмари (γ), В - 1% від пилу(β).
- Внутрішнє 85%, при умові, що населення поступово вживає місцеві продукти харчування.

У розвитку радіоактивної обстановки виділяють 2 періоди в залежності від кількості і складу радіоактивних речовин, що мають найбільше біологічне значення:

Йодний (продовжується 2 місяці - T/2 8,3 доби);

Цезієвий та стронцієвий – T/2 30р.

Зразу після аварії вміст йоду - 131 у пробах повітря та ґрунту складав 8 – 40%. У йодний період, крім зовнішнього опромінення, основне значення мало внутрішнє опромінення через молоко, молокопродукти та листяні овочі.

Профілактика:

Rp. Sol. Kalii iodati 0,5 : 200,0

По одній чайній ложці 1-2р. на день після їжі, запити молоком.

В сумі променевої навантаження від випромінювання йоду складало 45% дози за перший рік. Слід враховувати динаміку розпаду йоду при обчисленні дози на щитовидну залозу, оскільки T/2 йоду 131 = 8,05 – 8,3 дні; T/2 йоду 132 = 2,3 год.; T/2 йоду 133 = 28,8 год.; T/2 йоду 134 = 52,6 хв.; T/2 йоду 135 = 6,6 год.. Існують перевідні дозові коефіцієнти для перерахунку від активності до дози опромінення. Ці коефіцієнти різні для дорослих і дітей.

Через 10 періодів напіврозпаду активність йоду знизилась в 10^3 рази. Тому наприкінці червня йоду не стало і далі почався цезієвий період. Період напіврозпаду цезію 134 = 28,3р; цезію 137 = 30р. Розрізняють період зовнішнього позакореневого забруднення у листі шавлю, шпинату, смородини, агрусу.

З 1987р. забруднення від рослин відбувається в основному через кореневу систему. Вміст цезію 137 на місцевості і в повітрі після аварії складав від 1% до 20%, але були місця, де забруднення ґрунту цезієм складало 50% (цезієві плями в Білорусії).

Для дотримання дозової межі 10 Бер у рік за рахунок внутрішнього опромінення, при проникненні радіонуклідів всередину організму з продуктами харчування і через легені, щільність забруднення по цезію - 137 не повинно перевищувати 15 Кюри на 1 км².

Площа забруднення по цезію – 137.

Щільність кКи/км ² Райони	Площа забруднення в кілометрах квадратних (км ²)				Населення
	5 –15	15 – 40	Більше 40	Всього	
Білорусія	10 160	4 210	2 150	16 520	2 400 000
Росія	5 760	2 060	310	8 130	800 000
Україна	1 960	820	640	3 420	1 800 000
Всього	17 880	7 090	3 100	28 070	5• 10⁶

Рівень забрудненості цезієм – 137 був відносно високим за рахунок випадання на Землю радіоактивних опадів після випробування ядерної зброї. Вміст цезію – 137 у продуктах харчування деяких країн до аварії складав: США – 25 пКи (1970р); Данія – 31 пКи (1970р); СРСР – 14 пКи (1981р); Україна – 51 пКи, а в деяких районах і до 900 - 1200 пКи (1974р). Північ СРСР – 3 000 – 10 000 пКи; Білорусія – 2 050 пКи (1974р) ІпикоКи = 10⁻¹²Ки..

Визначення зовнішнього опромінення.

Доза зовнішнього опромінення складається з: дози гама - випромінювання від радіоактивної хмари; дози гама – випромінювання від радіоактивних продуктів на місцевості (слід радіоактивної хмари); дози бета – випромінювання на шкіру людини від радіоактивного забруднення; нейтронного випромінювання. Для визначення усіх видів випромінювання можливе використання дозиметрів, які вимірюють гама -, бета – та нейтронне випромінювання ІАД2, Гнейс (тканинну дозу), ДП – 70М, ДРС – 01, ІФКУ (еквівалентну дозу); гама – та рентгенівське випромінювання ІДК – 4, КІД – 6 (експозиційна доза), нейтронне випромінювання ДП – 70М (поглинута доза).

Визначення доз внутрішнього опромінення.

Радіонукліди попадають в організм, загалом з водою, харчовими продуктами(молоком, м'ясом, особливо яловичиною). Радіонукліди, особливо цезій, можуть накопичуватись в деяких овочах: картопля, буряк та інші. У цих випадках дозиметричний контроль є важливим міроприємством у радіаційному захисті. Доза внутрішнього опромінення людини в основному визначається: дозою опромінення щитовидної залози від ізотопів радіоактивного йоду; дозою опромінення легень від радіонуклідів, які у них потрапили; дозою опромінення травного каналу від радіонуклідів, які в нього потрапили; дозою опромінення м'яких тканин при концентрації в них ізотопів цезію, які надходять в організм головним чином з продуктами харчування; дозою опромінення кісткових тканин, за рахунок надходження в них радіонуклідів стронцію.

Радіаційний контроль за внутрішнім опроміненням (інкорпорація) здійснюється трьома основними засобами:

1. Для визначення прямого дозового навантаження використовується спектрометр типу “СИЧ”(прилад, який оснащений комп'ютером, дозволяє швидко визначити дозу, що знаходиться в організмі людини)гама випромінювання.
2. Альфа, бета - випромінювання вимірюється за допомогою радіохімічного аналізу проб крові, сечі, слини, мокрот, видихуваного повітря. Цей метод є посереднім з наступним визначенням з допомогою розрахунків дози поглинання за даний період.
3. Розрахунковий метод полягає у порівнянні допустимих рівнів питомої радіоактивності харчових продуктів та води до отриманої дози.

Ідентифікація радіонуклідів та визначення дози внутрішнього опромінення здійснюється за допомогою стінциліяційним гама – спектрометрів випромінювання людини (СВЛ). Це сталеві камера з товщиною стін до 20см, у якій розміщується детектор зі стінциліяційним кристалом 200мм у діаметрі та висотою 100мм. Який розташований у центрі дугоподібного ложа з радіусом 1,75см. Або цей детектор переміщується над горизонтально розташованою людиною – сканер. Радіометричний аналіз проб проводять з допомогою приладів: ДП – 5А; ДП – 5Б; СРП – 68 – 01 та інших. Вміст окремих радіонуклідів у продуктах визначають з допомогою спектрометрів або за допомогою радіохімічного дослідження. Кількість надходження радіонуклідів в організм та ступінь зовнішнього забруднення регламентують НРБ - 92 (норми радіаційної безпеки), в яких проведені межі річного надходження в організм радіонуклідів та допустимий рівень зовнішнього забруднення радіонуклідами. У зв'язку зі значним підвищенням радіоактивної забрудненості в окремих районах України після аварії та дотримуючись міжнародного регламенту для аварійної ситуації у 1988 були встановлені “Тимчасові гранично допустимі рівні” опромінення населення, яке мешкає у регіонах, що підпали під радіоактивне забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, які надалі були переглянуті у 1991р.

Дозиметричний контроль за зовнішнім середовищем здійснюють санітарно-епідеміологічні станції, Державні ветеринарні та агрономічні служби та іншими відомчими лабораторіями, відділами радіаційної безпеки, науково-дослідними організаціями.

Проведення аналізу досліджень радіоактивності складається:

1. З відбору проб та відправлення їх в лабораторію;
2. з виготовлення відібраних проб;
3. з вимірювання активності препаратів;
4. з розрахунку активності досліджуваних проб.

Проби беруть у місцях найбільшого радіоактивного забруднення, нумерують, вказують місце де взята проба.

- Відбір проб води з водойма проводять водозабірником з поверхневого шару та коло дна. Об'єм проби залежить від активності яку ми виявляємо.
- Проби снігу відбирають на рівному місці на всю глибину снігового шару, та поміщають його в склянку об'ємом 0,5 – 1,0л.
- Відбір проб зерна проводять з авто механічним пробозбірником або щупом. Відбирають з 4 - 8 мість на відстані 0,5 – 1.0м від переднього та заднього бортів та на 0,5м від бокових. Кількість проб із лантухів пропорційна кількості лантухів. Загальна маса коло 2кг.
- Відбір проб клубнів та коренеплодів (з машин, сховищ, поїздів) проводять вручну по діагоналі бокової поверхні борта або середньої лінії кузова у трьох точках (1 – 1,5кг).З них роблять середню пробу - 1,5кг.
- Відбір проб трави беруть з пасовищ або перед сінокосом: 8 –10 проб із різних ділянок.
- Відбір овочів та фруктів – аналогічно відбору клубнів.
- Відбір проб харчових продуктів кількісно залежить від партій: при масі 500кг – 1зразок; 0,5 – 3т – два зразка; понад 20т – 10 зразків. Залишки утилізують.
- Проби м'яса та риби з одної партії забирають кусками по 30 – 50гр коло шийних хребців туші, по 200 – 300гр коло лопаток. Малу рибу цілими тушками, у великої - середню частину по 300 – 500гр.
- Яйця – 2шт від партії у 100шт.
- Молоко – до 1л після ретельного перемішування.
- Сметани 0,5л.

Радіометричний аналіз складається із:

- Взяття проб та доставки їх у лабораторію;
- приготування препаратів із проб;
- вимірювання препаратів із проб;
- розрахунку питомого забруднення із проб.

Порядок оформлення бланку забору досліджуемого матеріалу

№ п/п	Вид проби	Місце відбирання проби	Дата, години, хвилини забруднення	Дата, години, хвилини забору	ПП того, хто взяв пробу	Примітки
1	М'ясо	Продовольчий склад	15.05.1970р 15год.15 хв.	16.05.1970р 10год.40хв.	Іванов Г.Г.	З поверхні, Із внутрішньої частини.
2	Вода	Водойм(із поверхневих та донних шарів)	*****	*****	*****	Беруть водозабірником. Із скаламу-ченим донним ґрунтом – 0,5л.
3	Сніг	На рівній ділянці на всю глибину	*****	*****	*****	В скляну банку 0,5л.
4	Хліб, овочі, фрукти	Поштучно, з верхнього шару чи ряду	*****	*****	*****	В поліетиленові мішки, маркірують. Хліб поштучно, овочі – 0,5кг.
5	Інші продукти	З поверхневого шару	*****	*****	*****	Всього 0,3кг,завтовшки 10мм. Маркірують.
6	М'ясо, тверді жири –	З поверхневого слою	*****	*****	*****	В банки або поліетиленові пакети зрізають по 10мм. Маркірують.
7	Рідкі продукти	Перемішати	*****	*****	*****	Беруть ложками 0,5 кг.
8	Сушені овочі, фрукти, печиво	Із поверхневого шару	*****	*****	*****	Із брикетів зрізають слій 10 мм.
9.	Соління	Із поверхневого шару	*****	*****	*****	Не перемішувати 0,5 кг.

Товстошаровий препарат 10 мм, тонкошаровий менше 10мм.

Вимірювання активності: $A = N/p \times Sd$;

A- питома активність препарату;

N- частота проходження імпульсів рахунку;

p – ефективність підрахунку імпульсів;

S- площа препарату см²;
d- товщина препарату г/см².

Приготування препарату із ґрунту

1. При визначення поверхневого зараження ґрунту:

- А. Визначають масу проби;
- Б. Відбирають середню лабораторну пробу масою 10-15г.

Для відбирання середньої лабораторної проби:

Висипати ґрунт на аркуш кальки. Розрівняти шаром завтовшки 0,5см. Розділити на квадрати 3×3см. З центру кожного квадрату ложкою беруть невелику кількість зразка на всю товщину шару. Якщо маса відібрана менше 10г, операцію взяття проби повторюють до 15г. Висушують при t 105-110, пробу зважують, повторно зважують, визначають % вологі. Висушену пробу розтирають в фарфоровій ступці, переносять у чашку Петрі. Готують препарат: беруть по 20-25мг. речовини з різних ділянок чашки і переносять у ванночку. Наважку змочують етиловим спиртом і шар її скляної Г- подібної палички розрівнюють. Закріплюють пробу у ванночці краплями 2-3 розчину целулоїду чи шолоку в етиловому спирті.

Тонкошарові препарати:

1. проба в ванночці щільністю не більше 20мг/см²;
2. від проби беруть наважку із чашки Петрі по 20-25мг(на всю глибину шару);
3. зважують її;
4. далі переносять її у ванночку;
5. змочують етиловим спиртом;
6. шар її за допомогою скляної палички розрівнюють;
7. закріплюють пробу у ванночці 10 краплями 2-3% розчину целулоїду чи шолоку в етиловому спирті.

Товстошарові препарати готують так:

1. ванночку заповнюють частиною середньої лабораторної проби із чашки Петрі ;
2. ванночки заповнюють попелом, після спалювання певної кількості проби, взятої на аналіз, тоді вводять коефіцієнт концентрації (В), який визначають за формулою: $V = \frac{m}{s}$; (m- маса до спалювання, грам; s- маса наважки після спалювання, грам).

Перший спосіб приготування товстошарових препаратів рекомендують для вимірювання зараження ґрунту і орієнтовного визначення заражених харчових продуктів, якщо неможливо перетворити їх на попіл.

Із фільтру картону, на який відібрані з проби повітря, препарати не виготовляють. Відомості, що характеризують пробу заносять у картку, перед тим, як передати товстошарові препарати на вимірювання, а при виготовленні тонкошарових – перед їх закріпленням, попередньо оцінюють ступінь забруднення.

Якщо швидкість рахунку більше 50 000 імп/хв., то:

- а - наважку зменшують, або
- б - пробу розбавляють неактивним наповнювачем;
- в - потім пробу ретельно перемішують.

Готують новий препарат за описаним способом. При наявності діафрагм пробу не розбавляють, а визначають коефіцієнт.

K_d – число, яке вказує, у скільки разів діафрагма зменшує число b часточок. $K_d = N/N_g$;

N - швидкість підрахунку від препарату без фону імп/хв..

N_g – швидкість підрахунку від препарату із діафрагмою (без фону імп/хв). Потім одержаний показник питомої активності проб помножують на значення K_d .

Перед передаванням препарату на вимірювання заповнюють картку.

№ проби	Підложка		Кількість речовини в гр. на Підложці	При визначенні щільності за-бруднення в розпадах за	При визна-ченні щільно-сті забруднен-ня в Кюрі/м ²	Дата	Хто готував пробу
	N	I в		1хв/см ²	за		
				S- площа в см ² з якої взято про-бу	Загальна маса взятої проби м/гр		

Проби води до 1мл випарюють безпосередньо у ванночці. Препарати з великої кількості води безпосередньо випарюють спочатку в хімічній склянці до 10мл, а далі у ванночці. Для зняття накипу склянку обмивають кількома мл 0,5% азотної кислоти і 3 хв. випарюють (у тій же ванночці). При наявності великого осаду понад 500мл - воду фільтрують, фільтр з осадом спалюють, передають на вимірювання.

Матеріали для самоконтролю.

Питання для самоконтролю.

1. Взяття проб для радіометричного аналізу.
2. Що таке середня лабораторна проба?
3. Як готують препарати для проведення радіометричного аналізу?
4. Як готують препарати з проб ґрунту?
5. Які препарати готують з проб вод?
6. Як готують препарати з проб круп, борошна та інших сипких речовин?
7. Як готують препарати з проб хліба?
8. Як готують препарати з проб м'яса, риби, жиру?
9. Як готують препарати з молока, готових страв?
10. Як готують препарати з проб овочів, фруктів, ягід?
11. Як готують препарати з проб страв та кормових культур?
12. Як вимірюють бета - активність препаратів, розраховують активність радіо нуклідів?
13. Визначення доз зовнішнього випромінювання: фотонного випромінювання; бета - випромінювання; нейтронного випромінювання.
14. Визначення доз внутрішнього випромінювання: від альфа -, бета - випромінюючих радіонуклідів; від гама - випромінюючих радіонуклідів.
15. Радіаційна аварія на ЧАЕС: коли і від чого трапилось? періоди викиду радіонуклідів; евакуація населення.
16. Медичні аспекти аварії на ЧАЕС.
17. Санітарно - гігієнічні аспекти аварії на ЧАЕС.

Задачі для самоконтролю до теми:

ОЦІНКА СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕНОСТІ РАДІОНУКЛІДАМИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ҐРУНТУ, ВОДИ, ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, ПОСТІЙНІ ТА ТИМЧАСОВІ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМІ РІВНІ.

1. Для вимірювання радіоактивності води лаборант взяв пробу води з поверхневого та донного шарів, без каламучення донного ґрунту. Чи вірно він зробив?

Відповідь: Ні, треба забирати пробу води з донного шару після скаламучення донного ґрунту.

2. Для вимірювання радіоактивності зерна лаборант взяв пробу зерна металевим щупом тільки безпосередньо під мішковиною. Чи вірно він зробив?

Відповідь: так, вірно.

3. Для вимірювання радіоактивності лаборант взяв пробу олії з відра без попереднього перемішування. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні.

4. Для вимірювання радіоактивності квашеної капусти лаборант взяв пробу після попереднього перемішування вмісту бочки. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні, пробу треба було брати з поверхневого шару.

5. Для вимірювання радіоактивності проби борошна лаборант приготував товстошаровий препарат в 15мм. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні, товщина повинна бути 10мм.

6. При розрахунку радіоактивності проби м'яса, завтовшки 10мм, користувався формулою: $A = K_2/N - N_0 + A 1/2$ расп. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні, не вірно.

7. Для визначення потужності еквівалентної дози фотонного зовнішнього випромінювання лікар користувався формулою: $P = rДк$. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні, ця формула для вимірювання дози при зовнішньому опроміненні моноенергетичними електронами.

8. Для визначення потужності еквівалентної дози електронного зовнішнього опромінення лікар користувався формулою: $P = 4,8 Пг7q$. Чи вірно він зробив?

Відповідь: ні, це формула для розрахунку фотонного опромінення.

Література:

1. Максимова М. Т., Оджаков Г.О. «Радиоактивные загрязнения и их измерения». М., Энергоатомиздат 1989г.
2. Лазар А.П. «Радіаційна медицина» К., Здоров'я 1993г.
3. Югов В.К. «Методична розробка».

Тести до теми: Радіаційна ситуація, що склалася після аварії на ЧАЕС.

I. Що трапилось на ЧАЕС під час аварії?

1. Пошкодження турбіни АЕС;
2. Вибух реактора;
3. Пошкодження труб 2 контуру охолодження;
4. Прорив дамби водосховища радіоактивних відходів;
5. Обвал будинку над реактором.

II. Якої природи стався вибух при аварії на ядерному реакторі ЧАЕС?

1. хімічний;
2. ядерний;
3. термічний;

4. біологічний;
 5. термолюмінісцентний.
- III. В якому році сталася аварія на ЧАЕС?
а) 1995; б) 1988; в) 1986; г) 1945; д) 1976.
- IV. В наслідок чого стався вибух на ядерному реакторі ЧАЕС?
1. Диверсія;
 2. Механічне пошкодження трубопроводу охолодження;
 3. Розплавлення стінки труби охолодження внаслідок підвищення температури у реакторі;
 4. Бомбардування реактора;
 5. На реактор упав літак;
- V. Нормальний рівень забрудненості за йодом у продуктах?
1. Вода – 18,5 Бк/л;
 2. Вода – $18,5 \cdot 10^2$ Бк/л;
 3. Овочі – $1 \cdot 10^3$ Бк/кг;
 4. Овочі – $4 \cdot 10^6$ Бк/л;
 5. Молоко – $3,7 \cdot 10^2$ Бк/л;
 6. Молоко – $4 \cdot 10^4$ Бк/л.
- VI. Рівень забрудненості території за цезієм – 137, який потребує відселення населення?
1. 15 Ки/км²;
 2. 30 Ки/км²;
 3. 40 Ки/км²;
 4. 4 Ки/км²;
 5. $14,8 \cdot 10^{11}$ Бк/км².
- VII. Гранично допустимий рівень забрудненості за цезієм – 137 для м`яса?
А) 7,4 Бк/кг; б) 740 Бк/кг; в) $740 \cdot 10^3$ Бк/кг.
- VIII. Гранично допустимий рівень забрудненості за цезієм – 137 для овочів?
А) 59,2 Бк/кг; б) 592 Бк/кг; в) 59,2 Бк/кг.
- IX. Гранично допустимий рівень забрудненості за цезієм – 137 для молока?
А) 3,7 Бк/л; б) 370 Бк/л; в) $370 \cdot 10^3$ Бк/кг.
- X. Евакуація населення проводиться при загрозі перевищення погли- нутої дози опромінення на все тіло?
А) 25 Бер; б) 50 Бер; в) 75 Бер.
- 1.(2); 2.(1); 3.(3); 4.(3); 5.(1,3,5); 6.(3,6); 7.(2); 8.(2); 9.(2); 10.(3); 11.(3).**

Методичну розробку підготували:
Проф. Почерняєва В.Ф.
доц. Васько Л.М.