

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

імені О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

„Затверджено”
на методичній нараді
кафедри радіології та
радіаційної медицини

Завідувач кафедри

професор _____ М.М. Ткаченко

„_____” _____ 2009р.
протокол № 16

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПРИ ПІДГОТОВЦІ ДО ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ**

Навчальна дисципліна - радіаційна медицина.

Тема заняття : Природа, види і властивості радіаційного випромінювання. Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Принцип будови дозиметрів, радіометрів, їх типи. Оцінка ступеня забруднення радіонуклідами навколишнього середовища, ґрунту, води, продуктів харчування.

Курс - 5
Факультет – медичний

Київ - 2015

Актуальність теми:

Нова концепція розвитку медичної освіти в Україні, яка враховує сучасні методики підготовки фахівців, прийняті в інших країнах, передбачає значні зміни у визначенні цілей та завдань у підготовці студентів, в тому числі важлива роль радіаційної медицини в підготовці майбутніх лікарів. Постійне розширення сфери контакту людини з джерелами іонізуючого випромінювання, можливість виникнення аварійних ситуацій, що супроводжується надмірним опроміненням професіоналів і населення, зробило актуальним вивчення дії цього фактору на здоров'я людини. Аналіз наслідків аварії на Чорнобильській АЕС розкрив низку недоліків у знаннях лікарів, що призвели до помилок у наданні медичної допомоги і профілактиці постраждалим внаслідок ядерної катастрофи. В останні десятиріччя радіаційна медицина поповнилася новими підходами у діагностиці і лікуванні променевої патології. У зв'язку з цим державні стандарти вищої медичної освіти (ОКХ і ОПП) вимагають від випускника вищого медичного навчального закладу вміння своєчасно та в достатньому обсязі проводити діагностичні та лікувальні заходи у випадку аварійного опромінення людини. Державні стандарти вищої медичної освіти також передбачають, що лікар-клініцист повинен вміти прогнозувати перебіг гострого періоду радіаційних уражень, а також оцінити ризик виникнення різноманітних віддалених наслідків дії радіації, що робить актуальним вивчення радіаційної медицини.

Радіаційна медицина - це комплексна наукова дисципліна, тісно пов'язана з низкою теоретичних та прикладних сфер знання. Оптимальне засвоєння матеріалу з радіаційної медицини студентами 5-го курсу можливе за умов попереднього вивчення відповідних розділів на інших кафедрах: медичної фізики, генетики, біохімії, клінічної фармакології, патологічної фізіології та морфології, терапії, хірургії, гігієни, соціальної медицини і організації охорони здоров'я та інших дисциплін, що дозволяють зрозуміти процеси, які відбуваються в організмі людини під впливом іонізуючого опромінення.

Вивчення даної теми дозволить студентам освоїти знання щодо існування природних і штучних джерел іонізуючих випромінювань, видах контакту з ними, ступені небезпеки при цьому, принципах зменшення ризику виникнення наслідків опромінення.

Мета заняття:

Засвоєння фізичних і радіобіологічних основ радіаційної медицини та діагностичних методів індикації доз опромінення організму людини.

Конкретні цілі:

1. Зрозуміти мету та завдання радіаційної медицини як науки, її зв'язок з іншими науками та медичними дисциплінами.
2. Визначити радіоактивність як фізичне явище, види ядерних перетворень, загальні властивості, характеристику та взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.
3. Класифікувати методи визначення радіоактивності та іонізуючого випромінювання.
4. Розібрати поняття дози в радіаційній медицині (експозиційна, поглинута, еквівалентна ефективна, інтегральна та одиниці їх вимірювання), принципи роботи радіо та дозиметричної апаратури.
5. Оволодіти навичками користування дозиметрами і радіометрами, визначення забрудненості радіонуклідами води, продуктів харчування та придатності їх до вживання, використання індивідуальних та колективних засобів захисту від іонізуючого випромінювання.

План та організаційна структура заняття:

1. Підготовчий етап – 40 хвилин.

- вступне слово викладача (з організації навчального процесу, критеріях оцінювання здобутих знань);
- визначення цілей заняття;
- контроль рівня базових знань.

Організація навчального процесу здійснюється за кредитно-модульною системою відповідно до вимог Болонського процесу.

На першому занятті модуля студент отримує докладний план його роботи.

План включає:

- методи дослідження, які має засвоїти студент (або ознайомитись);
- алгоритми обстежень, постановки діагнозу, лікування відповідно до стандартів доказової медицини, профілактики та шляхів мінімізації дії іонізуючого опромінення на організм людини;
- курацію хворого, який переніс гостру променевою хворобу або має внутрішні хвороби, розвиток яких пов'язаний з впливом радіаційного фактору;
- доповідь історії хвороби пацієнта у навчальній групі, на клінічних обходах, практичних конференціях.
- Індивідуальну та самостіну роботу студента (СРС).

СРС та індивідуальна робота студентів складає 30% у навчальному плані.

Вона містить:

- опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять;
- роботу студентів у відділеннях клінічної бази кафедри, лабораторіях та відділеннях (кабінетах) функціональної діагностики, в тому числі у кабінетах індивідуальної спектрометрії людини, інтерпретацію даних лабораторних та інструментальних методів дослідження при внутрішній патології у позааудиторний час;
- засвоєння практичних навичок та роботи з хворим (згідно переліку);
- індивідуальну роботу (написання історії хвороби, доповідь реферату на практичному занятті, тощо);
- робота в комп'ютерному класі по підготовці до Кроку-2.

Оцінка успішності студента з дисципліни є рейтинговою і виставляється за багатобальною шкалою з урахуванням оцінок засвоєння окремих тем.

Підсумковий модульний контроль здійснюється по завершенню вивчення всіх тем модуля на останньому контрольному занятті з радіаційної медицини.

До підсумкового модульного контролю допускаються студенти, які відвідали усі передбачені навчальною програмою з дисципліни аудиторні навчальні заняття, та при вивченні модуля набрали кількість балів, не меншу за мінімальну (50 балів). Студенту, який з поважної причини мав пропуски навчальних занять, вносяться корективи до індивідуального навчального плану і дозволяється відпрацювати академічну заборгованість до певного визначеного терміну. Для студентів, які пропустили навчальні заняття без поважних причин, рішення про їх відпрацювання приймається деканом факультету.

Форма проведення підсумкового контролю стандартизована і включає контроль теоретичної та практичної підготовки.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент при складанні підсумкового модульного контролю, становить 80.

Підсумковий модульний контроль вважається зарахованим, якщо студент набрав не менше 50 балів.

Бали з дисципліни для студентів, які успішно виконали програму з радіаційної медицини, конвертуються на кафедрі у традиційну чотирибальну шкалу за абсолютними критеріями:

Оцінка за чотирибальною шкалою	Бали з дисципліни
«5» (відмінно)	170-200
«4» (добре)	140-169
«3» (задовільно)	50-139
«2» (незадовільно)	Нижче мінімальної кількості балів яку повинен набрати студент з дисципліни – 50

Оцінювання поточної навчальної діяльності:

Форми оцінювання поточної навчальної діяльності стандартизовані і включають контроль теоретичної та практичної підготовки.

Поточна навчальна діяльність студента оцінюється за 4-ри бальною шкалою, яка конвертується у бали таким чином:

Оцінка за чотирибальною шкалою	Бали
5	22
4	14
3	10
2	3

В началі та кінці кожного заняття проводиться тестовий контроль початкового (10 ТЗ) та кінцевого (14 ТЗ) рівня знань. За кожен вірну відповідь студент отримує 0,5 бала.

Рівень знань	«5»	«4»	«3»
Початковий	5 балів	3 бали	2 бали
Кінцевий	7 балів	5 балів	3 бали

2. Основний етап – 100 хвилин.

Радіаційна медицина – наука, яка вивчає особливості впливу іонізуючого випромінювання на організм людини, принципи лікування радіаційних уражень та профілактики можливих наслідків опромінення населення.

Радіаційна медицина своїм існуванням зобов'язана насамперед відкриттям Х-променів, природної радіоактивності урану, а також радіоактивних властивостей полонію та радію.

Дія іонізуючої радіації на живий організм цікавила світову науку з моменту відкриття, від перших кроків застосування радіоактивного

випромінювання. Це не випадково, оскільки від самого початку дослідники зіткнулися з його негативними ефектами.

В другій половині ХХ ст. в результаті виникнення атомної промисловості, атомної енергетики, створення медичної та побутової радіаційної апаратури в середовище мешкання внесена невпинно наростаюча кількість штучних радіонуклідів. Забруднення Землі цими речовинами під час випробувань ядерної зброї і великих аварій на ядерних установках призвело до появи регіонів із підвищеним рівнем радіації. Велика кількість людей змушена існувати в умовах гранично допустимих доз, розроблених для професіоналів, і доз, що перевищують зазначений вище рівень.

26 квітня 1986 р. у Чорнобилі за 140 км. від Києва відбулася найбільша у світі радіоекологічна катастрофа, яка не має аналогів у медичному, радіобіологічному і дозиметричному аспектах. Вона відрізняється від інших випадків масового опромінення людей (Японія, США, Бразилія, Росія) кількістю потерпілих, структурою та складністю джерел опромінення в поєднанні з комплексом несприятливих факторів традиційного походження, які супроводжували аварію.

РАДІОАКТИВНІСТЬ. РАДІОАКТИВНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ.

Радіоактивність – перетворення ядер атомів одних елементів в ядра інших, з виділенням енергії у вигляді іонізуючих випромінювань.

Розрізняють наступні види радіоактивних перетворень:

1. Альфа-розпад.
2. Електронний бета-розпад.
3. Позитронний бета-розпад.
4. К-захват.
5. Самовільне поділ ядер.
6. Термоядерний синтез.

Іонізуючі випромінювання – це випромінювання (електромагнітні, корпускулярні), які при взаємодії з речовиною чи опосередковано спричиняють іонізацію і порушення її атомів та молекул. Атом будь-якого хімічного елемента складається з двох основних частин: позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів, які обертаються навколо нього по різних орбітах. Ядро атома має складну структуру, воно складається з позитивно заряджених частинок – протонів, які мають однакову масу, і електрично нейтральних нейтронів. Різновиди одного елемента, що мають різну атомну масу (через різну кількість нейтронів), але однаковий заряд атомних ядер і ідентичні хімічні властивості, дістали назву ізотопів, або нуклідів.

Всі нукліди поділяють на дві групи: стійкі (стабільні) і нестійкі (радіоактивні). Найважливішою властивістю радіонуклідів є внутрішньоядерні перетворення, внаслідок яких відбувається спонтанне

випромінювання частинок і променів, іонізуючих навколишнє середовище. Іонізуюче випромінювання буває такого походження:

1. Гальмівне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що виникає під час розсіювання (гальмування) швидко зарядженої частинки в кулонівському полі атомних ядер або електронів. Є істотним для легких частинок – електронів і позитронів. Спектр гальмівного випромінювання безперервний, максимальна енергія дорівнює початковій енергії заряджених частинок.
2. Рентгенівське випромінювання – це електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі $10^{-5} - 10^{-2}$ нм, виникає при гальмуванні швидких електронів у речовині (безперервний спектр) і при переходах електронів із зовнішніх електронних оболонок на внутрішні (лінійний спектр).
3. Гамма – випромінювання – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше 0,1 нм, яке виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, при взаємодії швидких заряджених частинок із речовиною, анігіляції електронно-позитронних пар тощо.
4. Корпускулярні випромінювання:

Нейтронне. Нейтрони – єдині незаряджені частинки, які утворюються при будь-якому радіоактивному перетворенні, з масою такою ж, як і у протона, але не мають електричного заряду. Оскільки вони електронейтральні, вони глибоко проникають в будь-яку речовину, включаючи й живі тканини.

Електронне випромінювання часто існує під час радіоактивного розпаду речовини (бета-промені). Електрони легкі незаряджені частинки з швидкістю, яка наближається до швидкості світла. Бета-випромінювання – корпускулярне електронне чи позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при перетворенні ядер або нестабільних частинок (наприклад, нейтронів).

Протони – позитивно заряджені частинки, виявлені в ядрах всіх атомів. Їхня маса приблизно дорівнює масі нейтрона і майже в 2000 разів більша за масу електрона. Протони виявлено у чималій кількості у відкритому космосі.

Альфа-частинки – ядра атомів гелію, складаються з двох протонів і двох нейтронів. Мають позитивний заряд, відносно важкі. Альфа-промені – корпускулярне іонізуюче випромінювання, що випромінюється при радіоактивному розпаді або при ядерних реакціях, перетвореннях.

Фізичні властивості іонізуючих випромінювань наведено в таблиці:

Фізичні властивості	Вид випромінювання			
	Альфа	Бета	Гамма	Нейтрони
Енергія випромінюва	1-10	0,1-2,0	0,1-20	0,05-10

ння	20 000	270 000	300 000	0,001- 1 000 000
Швидкість поширення у вакуумі, км/с	До 20 см	До 15 м.	Сотні метрів	Сотні метрів
Довжина пробігу в повітрі	До 50 мкм	До 1 см	Десятки см.	Сантиметри-метри
Довжина пробігу в тканинах	20 000 пар/мм	5-10 пар/мм	1 пара/см	Сотні-тисячі пар/мм
Іонізуюча здатність				

Опромінення реалізується при дії іонізуючих випромінювань, які відрізняються від інших із-за своєї здібності викликати іонізацію молекул і інших структур, що призводить до порушення їх життєдіяльності.

Гамма-випромінювання являється найбільш проникаючим, і при віддаленні від джерела і при достатній його потужності самоекранування не виникає, опромінення підходить до рівномірного.

Нейтронне і протонне випромінювання достатньо добре спиняється водородзмістовними структурами і залишає свою ефективність на глибині до 10 см. Але, так як це – частки, то вони несуть велику енергію і відносно порушення структур вище, в середньому, в 10 разів. Максимум порушення реалізується в місцях, які обернені до джерела опромінення на глибині до 3-4 см, дуже часті реальні ефекти самоекранування.

Альфа-випромінювання має порушуючу здібність, до 20 разів більшу гама- або рентгенівського випромінювання великої потужності, але має мінімальну проникаючу здібність, може проявити дію тільки при безпосередньому попаданні на слизові або в рану.

Бета-випромінювання (електронне) проникає на глибину до 1 см, має більшу, ніж гамма-дію, пошкоджуючу здібність, коефіцієнт якого залежить від енергії частинок.

Основні поняття та одиниці виміру в радіаційній медицині.

Активність (А)- міра кількості активної речовини, що виражається числом радіоактивних перетворень в одиницю часу.

Кюрі (Ки) – активність препарату, в якому відбувається $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів в секунду.

СІ

Бекерель (Бк) – активність препарату, в якому відбувається 1 розпад в сек.

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

Експозиційна доза (X) – доза квантового випромінювання, що визначається по іонізації повітря в умовах електричної рівноваги.

Рентген (Р) - доза рентгенівського або гамма-випромінювання, яка створює в 1 куб.см. повітря при 0°C та тиску 760 мм рт. ст $1 \cdot 10^9$ пар іонів з зарядом в 1 електростатичну одиницю кожного знаку.

СІ

Кулон на кілограм (Кл\кг)

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл\кг}$$

Поглинаюча доза (Д) Одоза любого існуючого випромінювання, яка відповідає кількості енергії, що передається речовині на одиницю маси в даній точці.

Рад - поглинаюча доза іонізуючого випромінювання , при якій 1г речовини поглинає 100 ерг енергії.

СІ

Грей (Гр) = 1Дж\кг

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Еквівалентна доза (Н) – поглинаюча доза з поправкою на коефіцієнт біологічної активності випромінювання.

Бер – поглинаюча доза любого виду випромінювання, яка при хронічному опромінюванні визиває такий же біологічний ефект, що і 1 рад рентгенівського або гамма- випромінювання.

$$1 \text{ Бер} = 1 \text{ рад} \cdot Q$$

СІ

1Зіветр (Зв) = 1Гр *Q

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$$

Коефіцієнт якості Q для різних видів випромінювання:

Вид випромінювання	Q	Вид випромінювання	Q
Рентгенівське і гамма	1	Нейтрони з енергією	10
Електрони, позитрони (бета-випромінювання)	1	0,1-10 MeV	
Протони з енергією менше 10 MeV	10	Альфа-випромінювання з енергією менше 10MeV	20
Нейтрони з енергією менше 20 KeV	3	Тяжкі ядра віддачі	20

Ефективна еквівалентна доза - сума середніх еквівалентних доз (Нт) в різних органах, зважених з коефіцієнтами $t \cdot H_e = t \cdot H_t$

t -зважені коефіцієнти, які характеризують відношення ризику стохастичного ефекту опромінення даного органу тіла (тканини) до сумарного ризику стохастичного ефекту при рівномірному опроміненні усього тіла. Вони дозволяють вирівняти ризик опромінення понад залежності від того, опромінюється все тіло рівномірно або нерівномірно.

Деякі значення t , рекомендовані Міжнародною комісією радіаційного захисту МКРЗ для різних органів та тканин організму людини можуть бути представлені слідуючою таблицею :

Орган та тканина	T
Статеві залози	0,25
Молочна залоза	0,15
Червоний кістковий мозок	0,12
Легені	0,03
Щитовидна залоза	0,03
Кістка(поверхня)	0,06
Шлунок	0,06
Тонкий кишечник	0,06
Висхідна частина товстого кишківника	0,06
Нисхідна частина товстого кишківника	0,06

Ефективний період напіввиведення (T_{ef})- час, за який вихідна активність радіонукліда в організмі зменшується вдвічі в результаті радіоактивного розкладу та біологічного виведення.

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{ф}} * T_{\text{б}} / (T_{\text{ф}} + T_{\text{б}})$$

$T_{\text{ф}}$ -період напіврозкладу

$T_{\text{б}}$ - період біологічного напіввиведення

Критичний орган-життєво важливий орган, в якому при попаданні в організм даного радіонукліду створюється найбільш небезпечна для організму доза опромінення внаслідок його особливої радіо чуттєвості або накопичення в ньому радіонукліда в першу чергу.

Критичні органи розділяються на групи по радіо чуттєвості:

- 1 група – усе тіло, гонади, червоний кістковий мозок;
- 2 група - шлунково- кишковий тракт, щитоподібна залоза, хрусталики очей, печінка, нирки, селезінка, , легені,;
- 3 група – кісткова тканина, шкірний покрій, жирова тканина кісті рук, передпліччя, ступні

Прибори виміру та контролю іонізуючого випромінювання.

Прибори та установки, які використовуються для виміру та контролю іонізуючих випромінювань, по функціональному призначенню діляться на дозиметричні, радіометричні, спектрічні, сигналізатори та багатоцільові (універсальні) прибори.

Дозиметри (Д) - прибори, які вимірюють експозиційну або поглинаючу дозу опромінення абр потужність цих доз , інтенсивність опромінення, перенос енергії.

Радіометри (Р) - прибори, які виміряють активність нукліда в радіоактивному джерелі, питому об'ємну активність, щільність потоку іонізуючих частинок або квантів, радіоактивне забруднення поверхонь.

Спектрметри (С) - прибори, які виміряють розподілення іонізуючих випромінювань по енергії, в часі, по масі та заряду елементарних частинок та інше.

Універсальні прибори (М - поєднують функції дозиметра і радіометра, радіометра і спектрметра і інш.

В основі роботи дозиметричних і радіометричних приборів використовуються слідуєчі методи індикації: іонізаційний, сцинтиляційний, фотографічний, хімічний, калориметричний, нейтронно-активізаційний.

Принципова схема любого дозиметричного чи радіометричного приладу однакова. Вона включає три обов'язкових блока: детекторний прилад, реєструючий прилад, блок харчування. Конструктивна відміна радіометра від дозиметричного приладу може бути в тому, що часто джерело іонізуючих випромінювань (пробу землі, води, продуктів) та лічильник (детектор) поміщають в свинцевий будиночок, який захищає ці

елементи від зовнішнього радіоактивного фону, що дозволяє вловити незначне випромінювання від досліджуваних об'єктів та зафіксувати величину питомої активності навіть дуже низьких проб.

Джерела опромінення населення, в мЗв / рік

Джерело опромінення	Середня ефективна еквівалентна доза
Космічне опромінення	0,32
Гамма-випромінювання натуральних радіонуклідів	0,48
Внутрішнє опромінення за рахунок натуральних радіонуклідів і організмі	0,27
Медичні процедури (рентгенодіагностика)	2,37
Дочірні продукти радону і торону	1,2
Ядерна енергетика (без ЧАЕС)	0,0002
Аварія на ЧАЕС	0,024
Енергетика на вугіллі	0,02
Професійне опромінення	0,006
Випробування ядерної зброї	0,02
Інші джерела	0,005
Сумарна (округлена) доза	2,2

Частіше всього при аварії на енергоблоках або експериментальних установках іонізуюче випромінювання має змішаний характер. Так, термічний вибух реактора 4-го блоку Чорнобильської АЕС призвів до радіаційної аварії з ушкодженням людей, в основному, внаслідок дії гамма-, бета-випромінювання, що виділяє його з ряду інших із-за своєрідності сукупності ушкоджень окремих органів і тканин, сукупність яких дозволяє виділити цей, в деякому разі, специфічний варіант гострої променевої хвороби.

Сама аварія – результат послідовних і розтягнутих по часу повторних порушень технологічної дисципліни, техніки безпеки – так називає мий “людський фактор”.

Недостатня технічна освіченість декількох змін персоналу привела до ряду спроб підвищити потужність реактора за рахунок температурного режиму. Для реалізації цього послідовно були відключенні аварійні сигнальні системи, змінена геометрія полів опромінення в реакторі при виведенні надкритичної кількості регулюючих стержнів, вимкнено рух води по реактору, що визвало її гідроліз та виникнення гримучого газу – і вибух.

Зруйнування реактора привело до створення потоків гамма-випромінювання від залишків установки та її фрагментів, що були розкидані вибухом. Викид радіоактивних йодів, благородних газів, аерозолів та

радіонуклідів призвів до забруднення навколишньої території, інших зон земної кулі.

Заключний етап – 40 хв.

- Контроль рівня засвоєння матеріалу заняття.
- Завдання на наступне заняття.

Контрольні питання по темі № 1.

1. Що вивчає радіаційна медицина?
2. Доведіть комплексність та зв'язок радіаційної медицини з іншими науками.
3. Радіоактивність. Ядерні перетворення.
4. Охарактеризуйте основні види ядерних перетворень.
5. Назвіть загальні властивості іонізуючих випромінювань.
6. Що таке основний закон радіоактивності?
7. Назвіть властивості електромагнітних іонізуючих випромінювань.
8. Фізичні властивості корпускулярних випромінювань (альфа-, бета-променів, протонного, нейтронного).
9. Методи визначення активності.
10. Дозиметрія, поняття дози в радіаційній медицині.
11. Еквівалентна ефективна доза, одиниця виміру.
12. Експозиційна доза, потужність дози.
13. Поглинута, інтегральна дози, одиниці виміру.
14. Методи визначення дози.
15. Біологічні методи визначення дози.
16. Порядок проведення дозиметричних вимірювань проб ґрунту, води, продуктів харчування.
17. Джерела іонізуючого випромінювання.
18. Природні джерела випромінювання, їх вклад в зовнішнє і внутрішнє опромінення людини.
19. Штучні джерела радіоактивності, основні види контакту людини з ними.
20. Вклад природних та штучних джерел іонізуючих випромінювань в сумарну дозу опромінення людини (річна, за все життя).
21. Опромінення в медичних цілях, дозове навантаження, внесок в загальну дозу, отриману за все життя.
22. Аварії на атомному виробництві, загальні положення дій по ліквідації наслідків аварій.
23. Катастрофа на ЧАЕС.

Рекомендована література:

1. Поляченко Ю.В., Передерий В.Г., Волосовець О.П. та інші «Медична освіта у світі та в Україні».- Київ, «Книга плюс». 2005.-С 344-348.
2. Тимчасова інструкція з оцінювання навчальної діяльності студентів при впровадженні кредитно-модульної системи організації навчального процесу (листи МОЗ України від 16.06.2005 р. №08.01-22/1258, від 21.01.2008 № 08.01-22/65, рішення Вченої Ради НМУ від 14.02.2008 р., протокол № 6.
3. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє. Національна доповідь України. - К.: "Атіка", 2006. - 224 с.
4. О.П.Овчаренко, А.П.Лазар, Р.П.Матюшко. Основи радіаційної медицини. // Одеса, Одес.держ.мед.ун-т, 2003. – 208с.
5. В.Ф. Кирилов, В.А. Книжников. Радиационная медицина. М.: Медицина. – 1988. – 334 с.
6. Радиационная защита населения. Рекомендации МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 76 с.
7. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Пер. с англ.. М.: Мир.- 1990.- 79 с.
8. Холл Э. Дж. Радиация и жизнь. – М.: Медицина, 1989. – 256 с.
9. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. (Учебное пособие для студентов медицинских и биологических специальностей ВУЗов) Под ред.. С.П. Ярмоненко – М.: Высш.шк., 2004. – 549 с.
10. Ильин Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков.— М.: Медицина, 1999.— 384 с.
11. Ластков Д. О., В. Ю. Николенко, О. В. Партас. Об интеграции в преподавании радиационной гигиены и медицины // Вестник гигиены и эпидемиологии.— 2002.— Т. 6, № 1.— С. 96–98.
12. Нікберг І. І. Радіаційна гігієна.— К.: Здоров'я, 1999.— 160 с.
13. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000). Київ, 2000.- 80 с.
14. Радіаційна медицина. За ред. А. П. Лазаря. К.: Здоров'я, 1993.— 222 с.