

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
ДУ «Запорізький обласний центр контролю
та профілактики хвороб МОЗ України»

**СЕВАЛЬНЄВ А. І., КОСТЕНЕЦЬКИЙ М. І.,
КУЦАК А. В., ТИЩЕНКО Т. М.,
ФЕДОРЧЕНКО Р. А.**

ГІГІЄНА ТА ЕКОЛОГІЯ

**РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА
ПРИ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Навчальний посібник

Видання друге, доповнене



Львів
Видавець Марченко Т. В.

*Затверджено на засіданні Центральної методичної ради
ЗДМФУ та рекомендовано для використання в освітньому процесі
(протокол №5 від 5 червня 2025 р.)*

Рецензенти:

В. О. Мурашко – кандидат медичних наук, доцент кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки НУОЗ України імені П.Л. Шупика;

О. Г. Алексєєв – завідувач кафедри соціальної медицини, громадського здоров'я, медичного та фармацевтичного права, кандидат медичних наук, доцент.

Автори:

А. І. Севальнев – канд. мед. наук, доцент, завідувач кафедри загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини ЗДМФУ;

М. І. Костенецький – канд. мед. наук, лікар з радіаційної гігієни ДУ «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України»;

А. В. Куцак – канд. мед. наук, доцент кафедри загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини ЗДМФУ;

Т. М. Тищенко – генеральний директор ДУ «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України».

Р. А. Федорченко – канд. мед. наук, доцент кафедри загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини ЗДМФУ.

Р 15 Радіаційна безпека при рентгенодіагностичних дослідженнях : навчальний посібник / А. І. Севальнев, М. І. Костенецький, А. В. Куцак [та ін.]. – 2-ге вид., доповн. – Львів : Видавець Марченко Т. В. – 112 с.

ISBN 978-617-8194-71-0

У навчальному посібнику розглянуті питання радіаційної безпеки при проведенні медичних рентгенологічних досліджень. Надана характеристика рентгенівського випромінювання, описані його фізичні властивості та вплив на організм людини. Видання має на меті сприяти кращому засвоєнню знань з питань дотримання правил радіаційної безпеки та зниження променевого навантаження на персонал і пацієнтів при проведенні рентгенологічних процедур.

Навчальний посібник підготовлений з урахуванням вимог чинних в Україні нормативних документів з питань радіаційної безпеки персоналу та пацієнтів при рентгенологічних дослідженнях. Також враховано рекомендації міжнародних організацій (МКРЗ та НКДАР) з радіаційної безпеки.

Навчальний посібник призначений для проведення практичних занять зі студентами II, III, VI курсів медичних факультетів, фармацевтичного факультету спеціальностей «Педіатрія», «Медицина», «Стоматологія», «Фізична терапія, ерготерапія», «Фармація, промислова фармація», «Технології медичної діагностики та лікування», для лікарів лікувально-профілактичних закладів усіх форм власності, а також для фахівців органів регулюючого контролю, що працюють в галузі радіаційної безпеки.

УДК 615.849.114(075.8)

ISBN 978-617-8194-71-0

© Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В.,
Тищенко Т. М., Федорченко Р. А.
© Видавець Марченко Т. В.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ТЕРМІНИ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ	6
ПЕРЕДМОВА	10
РОЗДІЛ 1. Сучасний стан проблеми медичного опромінення населення	12
РОЗДІЛ 2. Основні фізичні властивості рентгенівського випромінювання	17
<i>Контрольні питання</i>	19
РОЗДІЛ 3. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини	20
3.1. Основні ефекти біологічної дії опромінення	20
3.2. Оцінка ймовірності прояву ефектів опромінення	23
3.3. Ризик для здоров'я від рентгенівської діагностики в Україні	26
<i>Контрольні питання</i>	28
РОЗДІЛ 4. Регламентація опромінення людини	29
4.1. Сучасна система радіаційного захисту людини	29
4.2. Принципи вітчизняного нормування опромінення	32
<i>Контрольні питання</i>	37
РОЗДІЛ 5. Обґрунтування необхідності променевого методу дослідження	38
<i>Контрольні питання</i>	41
РОЗДІЛ 6. Класифікація медичного опромінення	42
<i>Контрольні питання</i>	44
РОЗДІЛ 7. Рентгенодіагностичні апарати – їх види та характеристики	45
<i>Контрольні питання</i>	60

РОЗДІЛ 8. Основні вимоги до радіаційної безпеки	
в рентгенкабінетах	61
8.1. Організація роботи медичного рентгенкабінету	61
8.2. Вимоги до розміщення рентгенівських відділень (кабінетів)	63
8.3. Радіаційна безпека персоналу рентгенівського кабінету	67
8.4. Загальні принципи оптимізації захисту пацієнтів при медичному опроміненні	68
8.5. Радіаційна безпека пацієнтів	70
8.6. Індивідуальні та пересувні засоби захисту від рентгенівського випромінювання	75
8.7. Організація радіаційного контролю в рентгенівському кабінеті	78
8.8. Радіаційний контроль опромінення персоналу	79
8.9. Радіаційні аварії в медичних рентгенівських кабінетах	83
Контрольні питання	86
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	87
Законодавчі та нормативні документи	87
Основна література	88
Додаткова література	88
Інформаційні ресурси	90
ДОДАТОК 1	91
ДОДАТОК 2	92
ДОДАТОК 3	93
ДОДАТОК 4	94
ДОДАТОК 5	97
ДОДАТОК 6	105
ДОДАТОК 7	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРМ	-	автоматизоване робоче місце
ВООЗ	-	Всесвітня організація охорони здоров'я
ДБН	-	Державні будівельні норми
ДІВ	-	джерело іонізуючого випромінювання
ДІЯР	-	Державна інспекція ядерного регулювання
ДРР	-	діагностичні рекомендовані рівні
ДСанПіН	-	Державні санітарні правила і норми
ЕВМ	-	електронно-вчислювальна машина
ЕЗП	-	екранно-знімаючий пристрій
ІДК	-	індивідуальний дозиметричний контроль
КР	-	контрольні рівні
КТ	-	комп'ютерна томографія
ЛБП	-	лінійна безпорогова модель
ЛКК	-	лікарська консультативна комісія
ЛПЗ	-	лікувально-профілактичний заклад
МАГАТЕ	-	Міжнародна агенція з атомної енергії
МКРЗ	-	Міжнародна Комісія з радіаційного захисту
МОЗ	-	міністерство охорони здоров'я
МРТ	-	магнітно-резонансна томографія
НКДАР	-	Науковий комітет з дії атомної радіації
НРБУ-97	-	Норми радіаційної безпеки України
ООН	-	Організація об'єднаних націй
ОФЕКТ	-	однофотонна емісійна комп'ютерна томографія
ПЕТ	-	позитронно-емісійна томографія
ПРЗ	-	підсилювач рентгенівського зображення
РЕОП	-	рентгенівський електронно-оптичний перетворювач
РБ	-	радіаційна безпека
РК	-	радіаційний контроль
УЗД	-	ультразвукова діагностика

ТЕРМІНИ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

Аварія радіаційна – будь-яка незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови:

- втрата контролю над джерелом;
- реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою контролю над джерелом.

Аварійне опромінювання – непередбачене підвищення опромінення персоналу та/або населення внаслідок радіаційної аварії.

Апарат рентгенодіагностичний – установка для проведення діагностичних досліджень, яка складається з рентгеновського випромінювача, електричного живильного пристрою, системи регулювання режиму роботи рентгеновської трубки, приймача випромінювання та штативних пристроїв.

Випромінювання іонізуюче – потік заряджених або нейтральних частинок чи квантів електромагнітного випромінювання, проходження яких через речовину призводить до іонізації і збудження атомів або молекул середовища.

Випромінювання рентгеновське – фотонне випромінювання, яке продукується збудженими внутрішніми орбітальними електронами атомів чи виникає через гальмування електронів високої швидкості в мішені (речовині).

Відділення рентгенологічне – сукупність спеціально обладнаних приміщень, у яких розміщений підрозділ лікувально-профілактичного закладу, що використовує рентгеновське випромінювання для діагностики та лікування захворювань.

Граничний рівень опромінення пацієнта – рекомендований пороговий рівень річної ефективної дози опромінення пацієнта за рахунок діагностичних досліджень, пов'язаних

із використанням іонізуючих випромінювань. Застосовується з метою зниження колективних доз медичного опромінення населення та зменшення ризику віддалених радіаційних ефектів у пацієнтів та їх нащадків.

Діагностичний референтний рівень (ДРР) – вхідна поверхнева доза (ВПД), встановлена національним органом регулюючого контролю для типових стандартних діагностичних процедур з метою оптимізації медичного опромінення пацієнтів.

Доза поглинута (D) – величина енергії іонізуючого випромінювання, передана речовині.

$$D = d_e / d_m$$

Одиниця поглинутої дози – грей, Гр (1 Гр = 1 Дж/кг).

Доза еквівалентна в органі або тканині (H_T) – величина, яка визначається як добуток поглиненої дози D_T в окремому органі або тканині на радіаційний зважувачий фактор w_R .

$$H_T = D_T \cdot w_R$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ – зіверт (Зв)

Доза ефективна (E) – сума добутоків еквівалентних доз H_T в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважувачі фактори w_T .

$$E = \sum H_T \cdot w_T$$

Одиниця ефективної дози в системі СІ – зіверт (Зв).

Допустима потужність дози (ДПД) – допустимий рівень усередненої за рік потужності ефективної дози при зовнішньому опроміненні. Чисельно дорівнює відношенню ліміту дози (ЛД) до часу опромінення (Т) протягом календарного року.

$$ДПД = ЛД / T$$

Засоби індивідуального захисту – технічні засоби для захисту частин тіла пацієнта та персоналу при проведенні рентгенологічних процедур.

Засоби захисту пересувні – ширми та екрани, призначені для захисту від випромінювання всього тіла чи окремих його частин при здійсненні рентгенологічних досліджень.

Засоби захисту стаціонарні – будівельні конструкції та пристрої, що забезпечують захист від випромінювання та належать безпосередньо до частин приміщень рентгеновського кабінету, а також захисні двері, віконниці, жалюзі тощо.

Кабінет рентгенодіагностичний (кабінет рентгеновський) – приміщення для проведення рентгеновських діагностичних досліджень, у тому числі з хірургічним втручанням або під час такого (ангіографічний кабінет, рентгеноопераційна тощо).

Опромінення медичне – це опромінення пацієнтів унаслідок медичних обстежень чи лікування, а також добровольців.

Радіаційна безпека – стан радіаційно-ядерних об'єктів та навколишнього середовища, який забезпечує не перевищення лімітів доз, виключення будь-якого невинновданого опромінення і зменшення доз опромінення персоналу та населення нижче встановлених лімітів доз настільки, наскільки це може бути досягнуто й економічно обґрунтовано.

Рентгенологічне дослідження – обстеження тіла людини з використанням рентгеновського випромінювання на основі єдиного протоколу-висновку.

Рентгенологічна процедура – процедура, яка має на меті створення зображення (зображень) органа або частини тіла людини чи одержання лікувального ефекту за допомогою рентгеновського випромінювання.

Рентгенографія – спосіб рентгеновського зображення на паперових або плівкових носіях (рентгеновських знімках).

Робоче місце – місце (приміщення) постійного чи тимчасового перебування персоналу категорії А у процесі трудо-

вої діяльності, пов'язаної з джерелами іонізуючих випромінювань. Якщо робота з цими джерелами здійснюється в різних ділянках приміщення, робочим місцем вважається все приміщення.

Флюорографія – метод рентгенологічного дослідження, що полягає в одержанні фотознімка рентгенівського зображення з флюоресцентного екрана.

Флюороскопія (рентгеноскопія) – метод рентгенологічного дослідження, що полягає в отриманні багатопроєкційного динамічного зображення на флюоросцентному екрані чи на екрані монітора в реальному часі.

Фонове опромінення – опромінення від джерел, що створюють природний радіаційний фон.

ПЕРЕДМОВА

З того часу, як рентгенівське випромінювання стало використовуватися з метою отримання зображення, почалася ера рентгенодіагностики.

Минуло вже понад 120 років, а цей метод дотепер є основним в діагностиці захворювань і пошкоджень органів людини.

А почалося все в 1895 році, коли німецький фізик В. К. Рентген, вивчаючи закономірності проходження струму високої напруги через газорозрядну трубку, відкрив новий вид випромінювання – так звані Х-промені, згодом названі його іменем.

Великий внесок у фізичні дослідження, пов'язані з відкриттям рентгенівського випромінювання, зробив і видатний український фізик І. П. Пулюй (В. А. Шендеровський, 1966), який ще в 1880–1882 роках опублікував цикл з чотирьох статей під загальною назвою «Промениста електродна матерія». Саме І. П. Пулюй з'ясував, що катодні промені газорозрядної трубки – це потік електронів. Вакуумні апарати, які І. П. Пулюй застосовував для отримання рентгенівських знімків, експонувались на Всесвітній електричній виставці в Парижі в 1881 році.

Трохи пізніше, на початку 1900-х років, було встановлено, що рентгенівське випромінювання має електромагнітну природу, таку саму, що й інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове і гамма-випромінювання, тільки відрізняється від них довжиною хвилі. Перше зображення за допомогою Х-променів В. К. Рентген отримав, коли опромінив кисть своєї дружини. Саме цей знімок зап'ястя руки його дружини приніс В. К. Рентгену широку популярність, коли він опублікував його в своїй статті.



В. К. Рентген
(1845–1923)

Домінування цього методу серед інших методів діагностики продовжує зберігатися і зараз, незважаючи на широке застосування інших нерадіаційних методів діагностики – ультразвукового, ендоскопічного, термографічного та магнітно-резонансної томографії. А з появою методу комп'ютерної томографії, що використовує рентгенівське випромінювання, арсенал рентгенодіагностики збагатився новим інструментом, що має унікальні властивості.

Водночас від самого початку використання рентгенодіагностики науковці зіштовхнулись з негативними сторонами впливу рентгенівського випромінювання. Так, у 1896 році американський електротехнік Е. Томсон опромінив рентгенівським випромінюванням свою кисть аж до опіків і опублікував результати своїх спостережень за ними.

У подальші декілька десятків років багато учених, лікарів та інженерів стали жертвами рентгенівського опромінення. Незважаючи на це, рентгенівське випромінювання продовжувало використовуватись в медицині. За даними Державної інспекції з ядерного регулювання України (Доповідь ДІЯР, 2018), в Україні персонал медичних рентгенівських кабінетів налічує понад 25 тисяч осіб, які постійно стикаються з негативним впливом рентгенівського випромінювання.

Слід відзначити, що медичне опромінення посідає друге місце (після природного) в сумарній дозі опромінення населення. У зв'язку з цим одним із найважливіших завдань в рентгенології є необхідність зниження дозових навантажень на пацієнтів рентгенкабінетів. Успішне вирішення цієї проблеми залежить від розуміння медичним персоналом важливості забезпечення радіаційного захисту при проведенні рентгенодіагностичних досліджень і втілення в роботу всього комплексу практичних заходів щодо забезпечення радіаційної безпеки.



**Знімок
зап'ястя руки¹**

¹ <https://www.jnsm.com.ua/h/HP116/>

Навчальне видання

СЕВАЛЬНЄВ Анатолій Іванович
КОСТЕНЕЦЬКИЙ Михайло Ілліч
КУЦАК Алла Валеріївна
ТИЩЕНКО Тарас Михайлович
ФЕДОРЧЕНКО Руслана Анатоліївна

РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА ПРИ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Навчальний посібник

Видання друге, доповнене

Формат 60x84/16. Папір друк. № 2.
Гарнітура PeterburgC. Умовн. друк. арк. 6,51.

Видавець Марченко Т. В.
м. Львів-53, 79053, Україна, вул. Перфецького, 11А, тел. +38 (050) 370-19-57

e-mail: magnol06@ukr.net
<https://magnolia.lviv.ua>

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції: серія ДК № 6784 від 30.05.2019 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України.

Надруковано у друкарні видавця Марченко Т. В.