

Радіаційна безпека

Контрольні питання теми

1. Основні принципи і шляхи забезпечення радіаційної безпеки.
2. Заходи, що забезпечують радіаційну безпеку робіт.
3. Санкції за порушення вимог норм і правил з радіаційної безпеки в Україні.
4. Чинні норми радіаційної безпеки України.
5. Радіаційно небезпечні об'єкти.
6. Види зон радіоактивного забруднення території.
7. Радіоактивні речовини та їх вплив на людину.
8. Поводження з радіоактивними відходами.
9. Поняття про дози опромінювання, рівні забруднення.
10. Побутові дозиметричні прилади та робота з ними.
11. Основні норми поведінки та дії населення при радіаційних аваріях і радіаційному забрудненні місцевості.
12. Засоби індивідуального захисту від радіоактивного опромінювання та їх застосування.
13. Природні джерела радіоактивного випромінювання.
14. Опромінення і його наслідки, гостра і хронічна променева хвороба.

1. Основні принципи і шляхи забезпечення радіаційної безпеки.

Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»

Радіаційна безпека - дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки;

Радіаційна безпека персоналу, населення і оточуючого середовища вважається забезпеченою, якщо дотримуються основні принципи радіаційної безпеки (виправданості, оптимізації, неперевершення) і вимоги радіаційного захисту, встановлені діючими нормами радіаційної безпеки та санітарними правилами.

Принцип виправданості передбачає заборону всіх видів діяльності з використанням джерел радіоактивного випромінювання, за яких отримана для людини та суспільства користь не перевищує ризику можливої шкоди, яка може бути заподіяною випромінюванням. Цей принцип повинен застосовуватись на стадії прийняття рішення уповноваженими органами при проектуванні нових джерел випромінювання та об'єктів підвищеної радіаційної безпеки, видачі ліцензій та затвердженні нормативно-технічної документації на використання джерел випромінювання, а також при зміні умов їх експлуатації. В умовах радіаційної аварії принцип виправданості стосується не джерел випромінювання та умов опромінення, а захисних заходів, при цьому в якості величини користі слід оцінювати попереджену даними заходами дозу. Заходи ж, що направлені на відновлення контролю над джерелами випромінювання, мають проводитись в обов'язковому порядку.

Принцип оптимізації передбачає підтримання на максимально низькому рівні як індивідуальних (нижче лімітів, встановлених діючими нормами), так і колективних доз опромінення, з врахуванням соціальних та економічних факторів. В умовах радіаційної аварії, коли замість лімітів доз діють більш високі рівні втручання, принцип оптимізації має застосовуватись

до захисних заходів з врахуванням попередженої дози опромінення і збитків, пов'язаних з втручанням.

Принцип неперевершення вимагає запобігання перевищення встановлених діючими нормами радіаційної безпеки індивідуальних лімітів доз та інших нормативів радіаційної безпеки. Даного принципу повинні дотримуватись всіма організаціями та особами, від яких залежить рівень опромінення людей. Шляхи забезпечення радіаційної безпеки Радіаційна безпека населення забезпечується:

створенням умов життєдіяльності людей, які відповідають вимогам діючих норм і правил радіаційної безпеки;

встановленням квот на опромінення від різних джерел випромінювання; організацією радіологічного контролю;

ефективністю планування та проведення заходів з радіаційного захисту в нормальних умовах та у випадку радіаційної аварії;

організацією системи інформації про радіаційний стан.

Радіаційна безпека на об'єкті та навколо нього забезпечується за рахунок:

якості проекту радіаційного об'єкта;

обґрунтованого вибору району і майданчика для розміщення радіаційного об'єкта;

фізичного захисту джерел випромінювання;

зонування території навколо найбільш небезпечних об'єктів і всередині них; умов експлуатації технологічних систем;

санітарно-епідеміологічної оцінки і ліцензування діяльності з джерелами випромінювання;

санітарно-епідеміологічної оцінки виробів і технологій; наявності системи радіаційного контролю;

планування і проведення заходів щодо забезпечення радіаційної безпеки персоналу і населення при нормальній роботі об'єкта, його реконструкції та виведенні з експлуатації; підвищення радіаційно-гігієнічної грамотності персоналу та населення. Радіаційна безпека персоналу забезпечується:

обмеженнями допуску до роботи з джерелами випромінювання по віком, підлозі, станом здоров'я, рівня попереднього опромінення та іншими показниками;

знанням і дотриманням правил роботи з джерелами випромінювання; достатністю захисних бар'єрів, екранів і відстані від джерел випромінювання, а також обмеженням часу роботи з джерелами випромінювання;

створенням умов праці, що відповідають вимогам чинних норм і правил РБ; застосуванням індивідуальних засобів захисту; дотриманням встановлених контрольних рівнів;

організацією радіаційного контролю;

організацією системи інформації про радіаційну обстановку;

проведенням ефективних заходів щодо захисту персоналу при плануванні підвищеного опромінення у разі загрози та виникненні аварії. Радіаційна безпека населення забезпечується:

створенням умов життєдіяльності людей, що відповідають вимогам чинних норм і правил РБ;

встановленням квот на опромінення від різних джерел випромінювання; організацією радіаційного контролю;

ефективністю планування і проведення заходів з радіаційного захисту в нормальних умовах і у випадку радіаційної аварії;

організацією системи інформації про радіаційну обстановку.

2. Заходи, що забезпечують радіаційну безпеку робіт.

Радіаційна безпека об'єкту та прилеглої до нього території забезпечується за рахунок:

- якості проекту радіаційного об'єкту;
- обґрунтованого вибору району та майданчика для розміщення радіаційного об'єкту;
- фізичного захисту джерел радіоактивного випромінювання;
- зонування території навколо найнебезпечніших об'єктів та всередині них;
- умов експлуатації технологічних систем;
- санітарно-епідеміологічної оцінки та ліцензування діяльності з джерелами випромінювання;
- санітарно-епідеміологічної оцінки виробів та технологій; наявності системи радіологічного контролю;
- планування та проведення заходів з забезпечення радіаційної безпеки персоналу та населення за нормальної роботи об'єкту, його реконструкції та виведення з експлуатації;
- підвищення радіаційно-гігієнічної грамотності персоналу та населення. Радіаційна безпека персоналу забезпечується:

- обмеженням допуску до роботи з джерелами випромінювання за віком, статтю, станом здоров'я, рівнем раніше отриманої дози опромінення та іншими показниками;
- знанням та дотриманням персоналом правил роботи з джерелами випромінювання;
- достатньою кількістю та якістю захисних бар'єрів, екранів та відстанню від джерел випромінювання, а також обмеженням роботи з джерелами випромінювання;
- створенням умов праці, що відповідають вимогам діючих норм і правил радіаційної безпеки;
- застосуванням індивідуальних засобів захисту;
- дотриманням встановлених контрольних рівнів випромінювання;
- організацією радіологічного контролю;
- організацією системи інформації про радіаційний стан;
- проведенням ефективних заходів щодо захисту персоналу при плануванні підвищеного опромінення в разі загрози та виникненні аварії.

Організаційні заходи, що забезпечують радіаційну безпеку робіт

Згідно з діючими нормами радіаційної безпеки, організаційними заходами, що забезпечують радіаційну безпеку робіт, є:

- оформлені роботи нарядом чи розпорядженням;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерв в роботі;
- оформлення закінчення роботи.

3. Санкції за порушення вимог норм і правил з радіаційної безпеки в Україні.

За порушення вимог норм і правил з радіаційної безпеки України, передбачається дисциплінарна, адміністративна та кримінальна відповідальність, у відповідності з чинним законодавством України.

Кодекс України про адміністративні правопорушення (КУпАП). Стаття 188(18).
Невиконання законних вимог (приписів) посадових осіб органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки

Невиконання законних вимог (приписів) посадових осіб органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки щодо усунення порушень законодавства про ядерну та радіаційну безпеку, ненадання їм необхідної інформації або надання неправдивої інформації, створення інших перешкод для виконання покладених на них обов'язків - тягнуть за собою накладення штрафу від десяти до ста неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Ті самі дії, вчинені повторно протягом року після накладення адміністративного стягнення, - тягнуть за собою накладення штрафу від ста до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

4. Чинні норми радіаційної безпеки України.

Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1997 року N 62 «Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" Допустимі рівні вмісту радіонуклідів стронцію і цезію у продуктах харчування (ДР-97)».

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковим в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки.

НРБУ-97 є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і для суспільства взагалі і є обов'язковими для виконання всіма юридичними та фізичними особами, які проводять практичну діяльність з джерелами іонізуючого випромінювання.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) включають систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97 розроблені у відповідності до основних положень Конституції та Законів України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", "Про поводження з радіоактивними відходами".

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання й оцінюється дозою іонізуючого випромінювання. Останнє визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють: експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність випромінювання в повітрі, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг); позасистемна одиниця — рентген (Р); $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 103 \text{ Р}$. За експозиційною дозою можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в греях Гр ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Застосовується і позасистемна одиниця рад ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 0,01 \text{ Дж/кг}$).

Доза, яку одержує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Щоб врахувати цей ефект, введено поняття еквівалентної дози [7].

Еквівалентна доза є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням. За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського та α , β -випромінювань). Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$.

Основні дозові межі опромінення. Для кожної категорії, що опромінюється встановлюються дозові межі і припустимі рівні, що відповідають основним дозовим межам. Додаткові обмеження існують для жінок репродуктивного віку.

Дозу зовнішнього опромінення і попадання радіонуклідів в організм під час атомних аварій передбачити неможливо. Опромінення персоналу під час аварій вище дозових меж може бути лише тоді, коли немає можливості вжити заходів, що виключають їх перевищення, і може бути виправдане лише врятуванням людей, необхідністю запобігти дальшому розвитку аварій та опроміненню більше кількості людей.

Обмеження опромінення населення (категорія В) зумовлюється регламентацією та контролем радіоактивності довкілля. Цей порядок регламентується основними санітарними правилами (ОСП-72/87). Опромінення категорії І В не повинно бути вищим, ніж опромінення категорії Б.

При підрахунку наслідків аварії надзвичайно важливо визначити величину колективної дози опромінення, яку збрала в себе популяція - всі ті, на кого безпосередньо чи посередньо вплинуло опромінення. У випадку Чорнобильської катастрофи така доза сягає мільйонів людино-бер.

Поняття ризику. Щоб викликати гостре пошкодження організму, дози опромінення повинні перевищувати певний рівень. Якщо одноразово отримана доза опромінення людини досягає 400 бер, то в 50% випадків це призводить (без медичної допомоги) до летального результату.

5. Радіаційно небезпечні об'єкти.

Радіаційно небезпечний об'єкт (РНО) — об'єкт, при аваріях та руйнуваннях на якому можуть відбутися масові радіаційні ураження людей, тварин та рослин.

До радіаційних небезпечних об'єктів на території України відносяться:

- атомні електростанції (Запорізька, Південно-Українська, Рівненська, Хмельницька і Чорнобильська);;
- підприємства з видобування та переробки уранових руд;
- підприємства з виготовлення ядерного палива;
- підприємства з переробки відпрацьованого ядерного палива і захоронення радіоактивних відходів (у загальному вигляді всі вони можуть бути названі підприємствами ядерного паливного циклу - ПЯПЦ).
- науково-дослідні та проектні організації, які мають дослідні реактори, критичні збірки та стенди;
- ядерні енергетичні установки на морських та космічних судах і апаратах;
- стаціонарні військові об'єкти для зберігання ядерних боєприпасів і ракетні старту, а також транспорт, що перевозить радіоактивні матеріали;
- джерела іонізуючого випромінювання (далі - ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності. На сьогодні в Україні існує близько 8 тисяч підприємств та організацій, які використовують понад 100 тисяч ДІВ.

До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться також підприємства, які використовують у невеликих кількостях радіоактивні речовини та вироби на їх основі, в тому числі прилади, апарати і установки, що не становлять ядерної небезпеки.

В Україні на сьогодні працює близько 10 тисяч підприємств, установ та організацій, що використовують у своїй діяльності радіаційно-небезпечні технології та джерела іонізуючих випромінювань (ДІВ).

Діє 4 атомні електростанції, функціонує 2 дослідницьких реактори, в 6-ти областях розташовані й функціонують регіональні спеціалізовані підприємства з поховання та переробки радіоактивних відходів, що входять до складу ДК «УкрДО «Радон».

У Дніпропетровській та Кіровоградській областях ведеться видобуток уранових руд та їх переробка. Сховища радіоактивних відходів при уранових рудниках переповнені.

У лікувально-профілактичних закладах України експлуатується велика кількість) рентгенівського та радіологічного обладнання, більше 80 % якого вичерпало свій техніко-експлуатаційний ресурс.

Майже 75 % території України зазнало радіоактивного забруднення ^{137}Cs , яке більш ніж удвічі перевищувало доаварійні рівні, за рахунок аварії на Чорнобильській АЕС. Утворилися величезні обсяги радіоактивних відходів, які суттєво перевищують обсяги РАВ, що накопичено внаслідок здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з використанням ядерної енергії, джерел іонізуючого випромінювання та радіаційних технологій. У зоні відчуження головними суб'єктами господарювання у сфері поводження з РАВ є державні спеціалізовані підприємства (ДСП) «ЦППРВ», «УКБЗВ» та «Чорнобильський спецкомбінат» й «Чорнобильська АЕС».

6. Види зон радіоактивного забруднення території.

Зони радіоактивного забруднення на місцевості при тепловому вибуху будуть характеризуватись значними рівнями радіації. Вони поділяються на зони: відчуження, безумовного відселення, гарантованого (добровільного) відселення і підвищеного радіоекологічного контролю.

Зона відчуження - це територія з якої проводиться евакуація населення негайно після аварії і на ній не здійснюється господарська діяльність.

Зона безумовного відселення - це територія навколо АЕС, на якій щільність забруднення ґрунту довго живучими радіонуклідами цезію дорівнює $15,0 \text{ Ки/км}^2$ і більше, або стронцію - $3,0 \text{ Ки/км}^2$ і більше, або плутонію - $0,1 \text{ Ки/км}^2$ і більше, де розрахована ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів в рослини перебільшує 5 мЗв ($0,5 \text{ бер}$) на рік.

Зона гарантованого (добровільного) відселення - це територія, на якій щільність забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від $5,0$ до $15,0 \text{ Ки/км}^2$, або стронцію від $0,15$ до $3,0 \text{ Ки/км}^2$ або плутонію від $0,01$ до $0,1 \text{ Ки/км}^2$, де ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перебільшити $0,5 \text{ мЗв}$ ($0,05 \text{ бер}$) на рік.

Зона підвищеного радіоекологічного контролю - це територія із щільністю забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від $1,0$ до $5,0 \text{ Ки/км}^2$, або стронцію від $0,02$ до $0,15 \text{ Ки/км}^2$, або плутонію від $0,005$ до $0,01 \text{ Ки/км}^2$, де ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перебільшити $0,5 \text{ мЗв}$ ($0,05 \text{ бер}$) на рік.

Аварія з повним руйнуванням реактору на атомній електричній станції і його ядерним вибухом - може мати місце внаслідок стихійного лиха, падіння літаючого апарату на атомну електричну станцію, дії вибуху звичайних чи ядерних боєприпасів у воєнний час або диверсії.

На території сліду радіоактивної хмари такого вибуху, як і при наземному ядерному вибуху, виділяють зони: надзвичайно небезпечного забруднення (зона Г), небезпечного забруднення (зона В), сильного забруднення (зона Б), помірного

Найменування зон	Інд екс зон и	Доза опромінювання за 1-й рік після аварії, рад	Потужність дози опромінювання через 1 годину після аварії, рад/год
------------------	------------------------	---	---

		На зовні шній межі зони	На внутрі шній межі зони	На зовніш ній межі зони	На внутрі шній межі зони
Радіаційної небезпеки	М	5	50	0,0014	0,14
Помірного забруднення	А	50	500	0,14	1,4
Сильного забруднення	Б	500	1500	1,4	4,2
Небезпечного забруднення	В	1500	5000	4,2	14
Надзвичайно небезпечного забруднення	Г	5000	-	14	-

Умовами проживання і трудової діяльності населення без обмеження по радіаційному фактору є одержання додаткової дози за рахунок забруднення довкілля радіоактивними ізотопами дози, що не перебільшує межі опромінювання, які встановлені Державними гігієнічними нормативами "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ- 97)".

7. Радіоактивні речовини та їх вплив на людину.

Радіоактивні матеріали небезпечні своїм іонізуючим випромінюванням. Іонізуюче випромінювання буває кількох видів: альфа-випромінювання є потоком ядер гелію, бета-випромінювання - це потік швидких електронів, гамма-випромінювання - короткохвильове випромінювання, близьке до рентгенівських променів. Завдяки високій енергії радіоактивне випромінювання здатне відривати електрони з їх орбіталей та створювати позитивно та негативно заряджені іони.

Існує чотири форми іонізуючого радіоактивного випромінювання.

Альфа-частинки складаються з двох протонів і двох нейтронів і являють собою ядра гелію. У повітрі вони переміщуються на кілька міліметрів, у тілі людини не проникають далі шкіри, але вдихувані з повітрям можуть ушкоджувати тканини легень.

Бета-частинки — це електрони чи позитрони. У повітрі вони розповсюджуються на кілька метрів, у тканинах людини - на кілька міліметрів.

Гамма-промені являють собою електромагнітне випромінювання, яке має здатність до іонізації. Нижня частина енергетичного спектру цих променів називається рентгенівськими променями. Проникаюча здатність гамма-променів дуже велика [2].

Нейтрони — нейтральні частинки, здатні викликати іонізацію побічно.

Енергетичною одиницею виміру випромінювання є кулон (Кл), що відповідає випромінюванню, яке приводить до утворення в сухому атмосферному повітрі іонів із зарядом у 1 Кл. Для цієї ж мети іноді використовують рентген (Р). При цьому 1 Р дорівнює $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. Одиницею для виміру власне поглиненої дози випромінювання служать грей (Гр) чи рад, який дорівнює 10^{-2} Гр.

В екології особливо зручний рад. Один рад - це доза випромінювання, при якій 1 м живої тканини поглинає 100 ергів енергії.

Як одиниця активності нуклідів виступає бекерель (Бк), що відповідає такій активності радіонукліда, при якій за 1 секунду відбувається один розпад.

8. Поводження з радіоактивними відходами.

Радіоактивні відходи (далі - РАВ) - матеріальні об'єкти і субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує рівні, встановлені діючими нормативами, за умови, що використання цих об'єктів і субстанцій не передбачається.

РАВ - особливий вид радіоактивних матеріалів (у будь-якому агрегатному стані), відносно яких:

- встановлено, що ні зараз, ні у майбутньому вони не можуть бути використані;
- ще нема остаточного рішення щодо того, яким чином ці матеріали можуть бути використані в рамках сучасних або створених у майбутньому технологічних процесів.

Довгоіснуючі - радіоактивні відходи, рівень звільнення яких від контролю з боку органу державного регулювання досягається через триста років і більше після їх захоронення.

Короткоіснуючі - радіоактивні відходи, рівень звільнення яких від контролю з боку органу державного регулювання досягається раніше, ніж через триста років після їх захоронення.

Головними місцями накопичення радіоактивних відходів є атомні станції, на яких здійснюється їх первинна переробка та тимчасове зберігання. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій. У 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС у тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах зберігається велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики. Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС залишається об'єкт "Укриття", в якому зосереджено небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких становить близько 20 млн Кюрі;

Однією з найбільш гострих і невирішених проблем атомної енергетики і виробництва атомної зброї є збереження відходів. Деякі радіоактивні відходи можуть залишатися активними впродовж мільйонів років. Ряд технічних прийомів їх збереження після іспитів і вивчення були відкинуті. Закачування рідких відходів у свердловини на глибину в кілька сот метрів показало, що вони швидко мігрують, досягають ґрунту і ґрунтових вод. Спостерігається подібна міграція і при накачуванні відходів у старі шахти. Запропоноване збереження відходів у льодовикових щитах у край небезпечне через міграцію льодів і утворення айсбергів з ядерними відходами. Дуже небезпечний і запуск їх у контейнерах у космос. Аварія при запуску ракети може призвести до забруднення величезної поверхні планети, та й економічно цей спосіб не вигідний, оскільки кількість відходів надто велика. Зовсім неприпустимим є скидання контейнерів з відходами в море, тому що після їхньої розгерметизації ядерні відходи течіями будуть розноситися на великі відстані.

У даний час заслуговують розгляду три способи.

1. Поховання в геологічних формаціях, при яких відходи в спеціальних контейнерах розміщуються на великій глибині в спеціальних інженерних спорудженнях.

2. Поховання в товщі морського дна у свердловинах, пробурених на кілька десятків чи сотень метрів. Таке поховання забезпечує їх надійну і тривалу ізоляцію. Практично неможливий і несанкціонований доступ до таких місць збереження.

3. Поховання під земною корою, яка має товщину в 20-70 км на суші і 5-10 км під океанами, може виявитися цілком надійним способом, але він є неприпустимим у районах вулканічної активності.

Поки що різні країни вирішують збереження ядерних відходів не однаково. Бельгія, Італія, Німеччина здійснюють репроцесинг відходів за кордоном, а збереження ведуть на своїй території в шарах глини чи кристалічних породах. США після репроцесингу зберігають відходи у вулканічному туфі. Росія самостійно проводить репроцесинг, зберігає ядерні відходи в шарах вічної мерзлоти чи граніту, а також надає свою територію для збереження відходів іншим країнам. Репроцесинг - це радіохімічна переробка ядерного палива з виділенням із нього урану, плутонію і

продуктів їхнього поділу. Не дивно, що навколо атомної енергетики до сьогодні йдуть гострі дискусії. Але, незважаючи на побоювання з приводу безпеки АЕС і труднощі з ліквідацією відходів, триває активне будівництво нових ядерних реакторів. На кінець 1996 року у світі їх уже було 441, вони дають близько 18% усієї виробленої енергії.

9. Поняття про дози опромінювання, рівні забруднення.

Опромінення — вплив на людину іонізуючого випромінювання від джерел, що знаходяться поза організмом (зовнішнє опромінення), або від джерел, що знаходяться всередині організму (внутрішнє опромінення).

Радіаційна дія на персонал об'єктів і населення в зоні радіоактивного забруднення оцінюється величиною дози зовнішнього і внутрішнього поромінювання людей.

Основними дозиметричними величинами, за допомогою яких оцінюється дія радіації на людину, є поглинута і еквівалентна доза її опромінювання.

Експозиційна доза визначається тільки для повітря при гамма і рентгенівському випромінюванні.

Поглинута доза - це основна дозиметрична величина для оцінки радіаційної безпеки.

Еквівалентна доза - дозиметрична величина для оцінки шкоди здоров'ю людини від дії іонізуючого випромінювання будь-якого складу, дорівнює добутку поглинутої дози на коефіцієнт якості.

Коефіцієнт якості випромінювання (К) дорівнює: для гамма і бета випромінювання - одиниці; для альфа випромінювання - двадцяти.

Дози	Одиниці вимірювання		Переведення одиниць
	СІ	Не системні	
Експозиційна	Кулон на кг повітря (Кл/кг)	Рентген (р)	1 Кл/кг = 3876 р
Поглинута	Грей (Гр)	Рад	1 Гр=100 рад 1 рад=0,01 Гр
Індивідуальна еквівалентна	Зіверт (Зв)	Бер	1 Зв=100 бер 1 рад=0,01 бер

Тяжкість променевої хвороби залежність від величини дози опромінювання.

Доза опромінювання		Тяжкість захворювання	Клінічна форма хвороби
Зв	Бер		
1-2,5	100-250	I - легка	
2,5-4	250-400	II - середня	Кістково-мозкова
4-6	400-600	III - тяжка	
6-10 10-80	600-1000 1000-8000	IV - дуже	Перехідна Кишкова

> 80	>8000	тяжка	Церебральна
------	-------	-------	-------------

10. Побутові дозиметричні прилади та робота з ними.

Для виявлення і виміру іонізуючих випромінювань радіоактивних речовин використовуються дозиметричні прибори-рентгенометри, радіометри-рентгенометри, індикатори, індивідуальні дозиметри. За своїм призначенням поділяються на прибори для формувань цивільного захисту і побутові для використання населенням. Частина приладів може бути подвійного призначення як для формувань цивільного захисту так і для населення.

Дозиметр ДБГ-06Т призначається для виміру потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на робочих місцях, в сусідніх приміщеннях і на території об'єктів, що використовують радіоактивні речовини і інші джерела іонізуючих випромінювань, в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження. Може використовуватися для контролю ефективності біологічного захисту, радіаційних упаковок і радіоактивних відходів, а також виміру потужності експозиційної дози в період виникнення, протікання і ліквідації наслідків аварійних ситуацій.

Окрім того, можливо використання населенням для самостійної оцінки радіаційної обстановки. Забезпечує вимір потужності експозиційної дози в режимах "Пошук" (від 1,0 мкЗв/г до 999,9 мкЗв/г) і "Вимір" (0,1 мкЗв/г до 99,99 мкЗв/г). Час встановлення робочого режиму до 40 секунд. Живлення прибору від елемента типу "Корунд" або акумулятора 7Д-0,115, що забезпечує безперервну роботу на протязі 24 годин. Маса прибору - 0,6 кг.

Радіометр бета-гамма випромінювання "Прип'ять" призначається для індивідуального і колективного користування при вимірі потужності еквівалентної (експозиційної) дози гамма-випромінювання, щільності потоку бета-випромінювання і об'ємної (питомої) активності в рідких і сипучих речовинах.

Діапазони виміру для: фотонного іонізуючого випромінювання - від 0,1 до 199,9 мкЗв/г; щільності потоку бета-випромінювання - від 10 до 19,9103 см⁻² хв; питомої (об'ємної) активності бета-випромінювання ізотопів в рідких і сипучих речовинах - від 1,410-5 до 3,710-3 Бк/кг (Бк/л) або 210-5 - 1,110-7 Кі/кг (Кі/л). Час встановлення робочого режиму до 5 с, а час встановлення показників за вибором оператора - 20 с; 200 с при виміру ПЕД і щільності бета-часток; 10 хв. і 100 хв. при виміру питомої активності.

Живлення прибору від елемента типу "Крона" або "Корунд", а також зовнішнього джерела напругою від 4 до 12 В. Час безперервної роботи від мережі перемінного струму не менше 24 години. При автономному живленні не більше 6 годин. Маса прибору - 0,25 кг.

Дозиметр-радіометр побутовий АНРИ-01 "Сосна" призначається для індивідуального користування населенням з метою контролю радіаційної обстановки на місцевості, в жилих і робочих приміщеннях.

Діапазони виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) від 0,01 до 9,999 мР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання від 0,1 до 99,99 мкЗв/г. Час виміру до 20 с. Живлення прибору від елемента типу "Корунд", що забезпечує безперервність роботи протягом 6 годин. Маса прибору-0,35 кг.

Дозиметр побутовий "Мастер-1" відповідає призначенню дозиметру "Сосна". Діапазон виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) від 10 до 999 мкР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання від 0,1 до 0,999 мкЗв/г. Час виміру до 36 с. Живлення прибору від 4 елементів СЦ-32 або МЦ-0070. Маса прибору-0,1 кг.

Індикатор зовнішнього гамма-випромінювання "БЕЛЛА" призначає-ться для виявлення і оцінки за допомогою звукової сигналізації інтенсивності гамма- випромінювання, а також визначення рівня потужності еквівалентної дози за цифровим табло.

Діапазон виміру потужності еквівалентної дози (ПЕД) від 0,2 до 99,99 мкЗв/г. Час на встановлення робочого режиму не більше 10 с. Живлення прибору від елементів типу "Корунд" забезпечує безперервність роботи до 20 годин. Маса прибору 0,25 кг.

На сьогодні існує багато приборів, які можливо використовувати населенням у якості побутових, але при користуванні ними необхідно бути уважними з сучасними одиницями виміру.

11. Основні норми поведінки та дії населення при радіаційних аваріях і радіаційному забрудненні місцевості.

При перебуванні у приміщенні:

необхідно герметизувати приміщення; укрити продукти харчування від пилу; щоденно проводити вологе прибирання приміщень, бажано із застосуванням миючих засобів; суворо дотримуватися правил особистої гігієни; воду вживати тільки із перевірених джерел, а продукти харчування, отримані через торгову мережу; їжу приймати тільки у закритих приміщеннях, перед цим ретельно мити руки та споліскувати рот 0,5% розчином питної соди; систематично контролювати радіаційний фон.

При перебуванні поза приміщенням:

необхідно максимально обмежити перебування на відкритій території, при виході з приміщення обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту (респіратор, протипилову пов'язку, плащ, гумові чоботи тощо); при перебуванні на місцевості не рекомендується роздягатися, сідати на землю, палити; перед входом у приміщення обов'язково вимити взуття водою або обтерти мокрою ганчіркою, верхній одяг струсити і почистити вологою щіткою; виключити купання у відкритих водоймах.

Йодна профілактика має на меті запобігання накопиченню радіоактивних ізотопів йоду в організмі та щитовидній залозі. Проводиться вона шляхом прийому внутрішньо стабільних доз йоду у вигляді пігулок йодистого калію, а в разі його відсутності - водно- спиртового розчину йоду. При цьому добові дози прийому йодистого калію становлять: для дорослих і дітей, старших 5 років, по одній пігулці (0,125 г), для дітей від 2-х до 5-ти років - по 0,5 дози і для дітей до 2-х років - по 0,25 дози дорослих. Пігулки приймають після їжі та запивають молоком чи водою. Розчин йоду (5% настойка) застосовується для дорослих і дітей, старших 5 років, по 20 крапель на склянку молока або води, для дітей від 2-х до 5-и років - по 10 крапель і для дітей до 2-х років - по 5 крапель на півсклянки молока або живильної суміші один раз на день. Найбільший ефект вона дає, якщо її проведення починається до початку радіоактивного забруднення.

Для попередження або послаблення дії на організм радіоактивних речовин та можливого уникнення захворювання променевою хворобою:

максимально обмежте перебування на відкритій території, при виході з приміщення використовуйте засоби індивідуального захисту (респіратор, пов'язку, плащ, гумові чоботи);

при знаходженні на відкритій території не роздягайтесь, не сідайте на землю, не паліть;

суворо дотримуйтеся правил особистої гігієни;

перед входом в приміщення взуття вимийте водою або витріть мокрою ганчіркою, верхній одяг витрусіть і почистіть вологою щіткою;

у всіх приміщеннях, що призначені для перебування людей, кожний день робіть вологе вбирання, бажано з вико-ристанням миючих засобів;

приймайте харчі тільки в закритих приміщеннях, ретельно мийте руки з милом перед їжею;
 воду вживайте тільки з перевірених джерел;
 сільськогосподарські продукти з індивідуальних господарств, особливо молоко, зелень, овочі і фрукти вживайте в їжу тільки за рекомендаціями органів охорони здоров'я;
 виключіть купання в відкритих водоймах до перевірки ступеня їх радіоактивного забруднення;
 не збирайте в лісі ягоди, гриби і квіти.

Знання кожним громадянином правил поведінки і дій в умовах радіоактивного забруднення місцевості, постійне використання інформації територіальних органів управління з питань цивільного захисту населення щодо правил поведінки та дій в умовах надзвичайних ситуацій збереже життя і здоров'я не тільки самого, але своїх рідних і оточуючих.

12. Засоби індивідуального захисту від радіоактивного опромінювання та їх застосування.

Для захисту від іонізуючих випромінювань використовують індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Засоби індивідуального захисту призначені для збереження населення в умовах іонізуючих випромінювань.

Своєчасне і вміле їх використання забезпечує надійний захист від світлового випромінювання, ядерного вибуху, радіоактивного пилу.

Засоби індивідуального захисту поділяються на засоби індивідуального захисту органів дихання та засоби індивідуального захисту шкіри.

Засоби індивідуального захисту органів дихання. За принципом захисної дії засоби індивідуального захисту органів дихання поділяються на *фільтруючі та ізолюючі*.

До засобів індивідуального захисту органів дихання фільтруючого типу відносяться фільтруючі протигази ГП-5, ГП-7, респіратори, ватно-марлеві пов'язки.

Фільтруючі протигази призначені для захисту органів дихання, очей та обличчя від отруйних і радіоактивних речовин та бактеріальних засобів.

Респіратори використовуються для захисту органів дихання від радіоактивного пилу (Р-2), від парів і газів на виробництві із СДОР (РПГ-67, РУ-60, РУ-60МУ).

Респіратор Р-2 — це фільтруюча напівмаска з двома вдихальними клапанами й одним видихальним, носовим кріпленням.

Виготовляють респіратори Р-2 трьох розмірів, які визначаються виміром висоти обличчя (відстань між точкою найбільшого заглиблення перенісся та найнижчою точкою підборіддя).

Ізолюючі засоби індивідуального захисту органів дихання. Ізолюючі засоби індивідуального захисту органів дихання призначені для захисту органів дихання, обличчя та очей від шкідливих речовин у повітрі в умовах ізоляції органів дихання від навколишнього середовища.

До ізолюючих засобів індивідуального захисту органів дихання відносяться ізолюючі дихальні апарати типу ІП-4, ІП-5.

Ізолюючий дихальний апарат ІП-4 призначений для захисту органів дихання, шкіри, обличчя та очей від речовини будь-якої концентрації, отруйності, сили дії.

Принцип дії цього протигазу заснований на виділенні кисню із хімічних речовин при поглинанні вуглекислого газу і вологі, які видихає людина, тобто перетворенні CO₂ на O₂

ІП-4 складається із шолом-маски із з'єднувальною трубкою, регенеративного патрона, дихального мішка, каркаса, сумки.

Шолом-маска ІП-4 служить для ізоляції органів дихання від отруйного зовнішнього середовища, а також захищає очі й обличчя.

Регенеративний патрон призначений для отримання кисню, необхідного для дихання, а також поглинання вуглекислого газу і вологи, які містяться у видихнутому повітрі.

Дихальний мішок служить резервуаром для видихнутої газової суміші та кисню, який виділяє регенеративний патрон.

Засоби захисту шкіри призначені для захисту тіла людини в умовах зараження місцевості радіоактивними речовинами та біологічними засобами. Вони також використовуються при здійсненні дегазаційних, дезінфекційних і дезактиваційних робіт.

До засобів захисту шкіри відносяться:

- загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК);
- легкий захисний костюм (Л-1);
- інші засоби.

Загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК) призначений для багаторазового захисту шкіри, одягу, взуття людини від отруйних речовин, біологічних аерозолів, радіоактивного пилу та короточасного захисту від легкозаймистих речовин. Він складається із захисного плаща, захисних панчіх, захисних рукавиць, чохла для перенесення.

Загальновійськовий захисний комплект може використовуватись у вигляді накидки, плаща-в-рукави, комбінезона.

У вигляді накидки ЗЗК використовують при раптовому виникненні надзвичайної ситуації, пов'язаної із викидом у атмосферу СДОР, зараженні місцевості радіоактивними та хімічними речовинами, а також при застосуванні ворогом зброї масового ураження.

Після сигналу "Хімічна тривога" або безпосередньої команди "Гази, плащ" необхідно заплющити очі й затримати дихання; одягнути протигаз, зробити видих, відкрити очі й відновити дихання; накинути плащ на плечі, надіти на голову капюшон; присісти або лягти, підвернувши поли плаща таким чином, аби не було відкритих ділянок одягу (взуття) і не піддувало заражене повітря.

У вигляді плащ-в-рукави ЗЗК одягають на незараженій території після команди "Плащ-в-рукави, панчохи, рукавиці надіти. Гази". Для цього необхідно: надіти панчохи, застебнути хлястики й обидві шворки на поясному ремені (зав'язавши обидві між собою, закинути їх на плечі); одягнути протигаз; одягнути плащ-в-рукави; одягнути на голову капюшон, заціпнути шпальки; одягнути рукавиці, одягнути петлі рукавів плаща на великі пальці. У вигляді комбінезона ЗЗК одягають на незараженій місцевості по команді "Захисний комплект надіти. Гази". Для цього необхідно: зняти сумку із протигазом із плеча; одягнути панчохи і закріпити їх; одягнути плащ-в-рукави; просунути кінці тримачів у рамки внизу плаща і закріпити їх тримачами.

Легкий захисний костюм Л-1 використовують при роботі в умовах сильного зараження радіоактивними й отруйними речовинами та бактеріальними засобами. Він виготовлений із прогумованої тканини і складається із:

- штанів із чоботами;
- сорочки з капюшоном;
- двопальцевих рукавиць;
- сумки для зберігання костюма.

Для дотримання терміну найбільшої працездатності та для запобігання тепловому ударові слід дотримуватися певних правил користування Л-1.

Одягають костюм зазвичай на незараженій території у такій послідовності: штани з чоботами, сорочка з капюшоном, протигаз, капюшон, рукавиці. Знімаючи засоби захисту шкіри після перебування на зараженій місцевості, слід звернути особливу увагу на те, щоб незараженими частинами тіла не торкатися зовнішньої частини захисного одягу.

Перед зняттям захисного одягу, зараженого ОР (СДОР), необхідно дегазувати передню частину комбінезона, особливо борти (нагрудний клапан) і рукавиці рідиною ПП-8. Дегазації

також підлягають ті місця одягу та шкірних покривів, які були заражені від знятого захисного одягу.

Після роботи на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами, лицьову частину протигаза, штани із чоботами, сорочку та гумові рукавиці необхідно облити водою, витерти зволоженою ганчіркою (травою), а протигазну сумку витрусити від пилу.

Забруднені (заражені) ганчірки, тампони та інше збирають в окреме місце (яму) і ретельно дегазують.

13. Природні джерела радіоактивного випромінювання.

У природі є багато джерел природного іонізуючого випромінювання. Радіацію породжують радіоактивні ізотопи багатьох елементів, що знаходяться в складі гірських порід та мінералів. Головними з них є калій-40 та вуглець-14. Несприятливість біологічної дії радіоактивних речовин пов'язана не тільки з їхньою разовою дією. Велика кількість радіонуклідів можуть акумулюватися в організмах на тривалий час. Так, стронцій-90 накопичується в кістках, йод-131 — у щитовидній залозі, цезій-137 включається в активний метаболізм, витісняючи азот.

Біологічна дія випромінювання залежить від розміру дози, що діє за одиницю часу. Помічено, що високі дози опромінення, що діють одноразово, менш шкідливі, ніж низькі дози, що діють тривалий час.

Середня доза іонізуючого випромінювання в сучасних індустріальних країнах у середньому дорівнює 2,4 мЗв/рік. Загальний фон радіоактивного випромінювання на території України складає 70-200 мбер/рік.

На поверхні землі до 50% загального природного фону радіоактивного випромінювання дає радон-222, що утворюється при розпаді урану-238. Він є в ряді гірських порід, їхнє використання для отримання будівельних матеріалів привело до зростання концентрації радону в жилих приміщеннях. Звичайна концентрація радону в повітрі коливається від 1 до 20 Бк/м³, але в міських помешканнях при використанні будівельних матеріалів, що містять радон, вона підвищується до 20-69 Бк/м³. Припустимий рівень радонового опромінення складає 200 Бк/м³. Перебування в зоні цього випромінювання викликає руйнацію тканин легень і створює умови для розвитку ракових захворювань. Зниження дози випромінювання радоном досягається досить легко — частим та активним провітрюванням жилих та виробничих приміщень.

14. Опромінення і його наслідки, гостра і хронічна променева хвороба.

Опромінення - вплив на людину іонізуючого випромінювання від джерел, що знаходяться поза організмом (зовнішнє опромінення), або від джерел, що знаходяться всередині організму (внутрішнє опромінення).

Іонізуюче випромінювання - випромінювання (електромагнітне, корпускулярне), яке при взаємодії з речовиною безпосередньо або опосередковано викликає іонізацію та збудження їх атомів і молекул.

Категорія А (персонал) - особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б (персонал) - особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінювання.

Категорія В - усе населення.

Доза випромінювання - кількість переданої живому організму енергії, що виділена різноманітними випромінюваннями. Вони відрізняються кількістю виділеної енергії і мають різну

проникну спроможність, тому вплив різних видів випромінювання на тканини живого організму неоднаковий. Чим більше енергії передано через випромінювання живим організмам, тим більше ушкоджень воно в них викличе.

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання й оцінюється дозою іонізуючого випромінювання. Останнє визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють: експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність випромінювання в повітрі, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг); позасистемна одиниця — рентген (Р); $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$. За експозиційною дозою можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в греях Гр ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Застосовується і позасистемна одиниця рад ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 0,01 \text{ Дж/кг}$).

Доза, яку одержує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Щоб врахувати цей ефект, введено поняття еквівалентної дози.

Еквівалентна доза є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням. За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського та α , β -випромінювань). Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$.

Гостра і хронічна променева хвороба

При зовнішньому опроміненні людини можна майже цілком вилучити радіонуклідні джерела важких частинок, альфа- і бета-випромінювання середніх (помірних) і низьких (менш ніж 1 MeV) енергій. Такі види випромінювання не можуть проникати крізь одяг і шкірні покриви людини. Тому можливими джерелами зовнішнього опромінення залишаються тільки бета-випромінювання високих енергій і гамма- випромінювання.

Стосовно внутрішнього опромінення людини від радіонуклідів (гарячих частинок) можна виділити два основних шляхи їх надходження в організм: 1) разом із пилом через органи дихання; 2) разом із рідиною та їжею через травний канал.

Ознаки гострої променевої хвороби внаслідок загального одноразового опромінення починають виявлятися в дорослих людей за поглинених доз $2 - 2,5 \text{ Гр}$ і більше, а в разі хронічного опромінювання — $1,5 \text{ Гр}$. Летальний кінець унаслідок загального гострого зовнішнього опромінення спостерігається при поглинених дозах, що перевищують $3 - 3,5 \text{ Гр}$.

Вважають, що хронічна променева хвороба може розвинути за потужності еквівалентної дози випромінювання $0,001 - 0,005 \text{ Зв/добу}$ ($0,1 - 0,5 \text{ бер/добу}$) і сумарних доз $0,7 - 1,0 \text{ Зв}$ ($70 - 100 \text{ бер}$) і вище. Для цього потрібно прожити не менше ніж рік на території із забрудненням радіонуклідами понад $3,7 \cdot 10^{12} \text{ Бк/км}^2$ (102 Ки/км^2), не вживаючи ніяких запобіжних заходів.

Своєрідність хронічної променевої хвороби полягає в тому, що у тканинах, які активно проліферують завдяки інтенсивним процесам клітинного відновлення, тривалий час зберігається нормальна структура. Водночас такі стабільні системи, як нервова, м'язова, серцево-судинна й ендокринна, відповідають на хронічний вплив складним комплексом фізіологічних реакцій і повільним наростанням дистрофічних змін у їх тканинах. Походження цих змін та їхні механізми досі не вивчено. Їх виявляють рефлекторним шляхом, у відповідь на вплив різних подразників, у тому числі на додаткове опромінення. Ступінь і характер різних проявів хронічної променевої хвороби залежать від індивідуальних особливостей організму хворого і його пристосувальних реакцій. Після опромінення настає період відновлення — переважання репаративних процесів у

найбільш уражених йонізуючим випромінюванням тканинах, а також нормалізація функціонального стану інших систем (наприклад, імунної), іноді з тим чи іншим ступенем їхньої недостатності.

Інша форма хронічної променевої хвороби може бути зумовлена тривалим опромінюванням різних ділянок тіла внаслідок зовнішнього впливу чи дії інкорпорованих радіонуклідів із вибіркоvim розподілом. Клінічна картина такої форми променевої хвороби може варіювати з переважанням локальних змін уражених тканин над реакціями загального характеру.