



Природні і штучні джерела іонізуючої радіації

Джерело іонізуючого випромінювання - це природний або штучний об'єкт, що містить радіоактивний матеріал (радіонуклід) або є природним об'єктом або технічним пристроєм, що генерує іонізуюче випромінювання.

Природні джерела – земна і космічна радіація, (породи Землі що містять радіоактивні ізотопи, випромінювання Сонця та космічних об'єктів).

Штучні джерела – ядерні вибухи в атмосфері, використання радіації в медицині, атомна енергетика, технічні пристрої, прискорювачі, штучні радіоактивні елементи, техногенно-підсилені природного походження, індустриальні.

Техногенно-підсилене джерело природного походження(ТПДПП) - джерело іонізуючого випромінювання природного походження, що в результаті господарської та виробничої діяльності людини було піддане концентруванню або збільшилася його доступність, унаслідок чого виникло додаткове (до природного радіаційного фону) випромінювання, у т. ч. місця захоронення ядерних відходів та об'єкти ядерної енергетики.

Індустриальне джерело іонізуючого випромінювання штучного або природного походження, яке цілеспрямовано використовується у виробничій, науковій, медичній та інших сферах з метою отримання матеріальної чи іншої користі.

Природні джерела іонізуючих випромінювань це:

- космічні промені,
- радіоактивні речовини, які містяться в земній корі - уран, торій, радій, актиній і т.д., приземній атмосфері, продуктах харчування, воді і живих організмах. Крім того, в ґрунті і воді зустрічається два радіоактивні ізотопи ^{40}K і ^{14}C , які активно поступають в живі організми.
- газ радон, який утворюється при розпаду урану та торію і виділяється з породи, при розпиленні води та спалюванні газу (Під час розпаду радону утворюються радіоактивні альфа-частинки.).
- Його поділяють на галактичну радіацію, радіаційні пояси Землі, сонячні корпускулярні події.

Природні джерела іонізуючої радіації

Найменування джерел	Середня річна доза	
	бер	Зв
Космос	30	0,30
Земля (ґрунт, вода, будівельні матеріали)	50-130	0,5-1,3
Радіоактивні елементи, які містяться у тканинах організму людини (К, С тощо)	30	0,30
Інші джерела	2	0,02
Середня сумарна річна доза	200	2,0

Радіаційні пояса Землі

Навколо Землі є області, в яких магнітне поле «затримує величезну кількість заряджених частинок і змушує їх рухатися між полюсами в різних напрямках по замкнутих траєкторіях. Ці шари називають **радіаційними поясами, або поясами Ван-Аллена**. Розрізняють два пояси: зовнішній і внутрішній. Внутрішній має максимальну густину частинок (здебільшого протонів) над екватором на висоті майже 3 500 км, зовнішній шар - електронний - майже 22 000 км.

Потужність поглинутої дози, яка зумовлена первинним космічним випромінюванням, досягає максимуму на висоті 20 км і швидко зменшується зі зниженням. Під час його взаємодії з ядрами атомів, що знаходяться в атмосфері Землі, виникають вторинні частинки випромінювання. Це — вторинне космічне випромінювання.

За рахунок високоенергетичного первинного випромінювання утворюються нейтрони, протони й мезони. Випромінювання зі зниженою енергією спричиняють процеси іонізації.

Більшість частинок вторинного космічного випромінювання має енергію, якої достатньо для ініціювання взаємодії з ядрами гідрогену, нітрогену, кисню, що знаходяться в атмосфері. Внаслідок цього утворюються космогенні радіонукліди H-3, Be-7, N -22, Na-24, C-11.

Основним джерелом опромінення населення Землі є вторинне космічне випромінювання. Оскільки рівень космічного випромінювання збільшується з висотою, під час авіарейсів пасажери можуть зазнавати додаткової дії випромінювання, потужність якого здебільшого залежить від висоти польоту і меншою мірою — від географічної широти і ступеня активності Сонця. Під час космічних польотів космонавти зазнають дії первинного галактичного, сонячного випромінювання і радіаційних поясів Землі.

- ◆ Під **радіаційним фоном** розуміють іонізуюче випромінювання від *природних* джерел земного й космічного походження, а також від *штучних* радіонуклідів, розсіяних у біосфері внаслідок антропогенної діяльності.
- ◆ Розрізняють **природній** та **технологічно підвищений радіаційний фон** - зумовлений іонізуючим випромінюванням від природних джерел, які зазнали певних змін внаслідок діяльності людини:

природних радіонуклідів, що надходять до біосфери разом з добутими корисними копалинами (головним чином, мінеральними добривами);
від продуктів згоряння органічного палива;
будівельних матеріалів, що містять природні радіонукліди;
додаткове опромінення в побуті.

- ◆ Внаслідок розпаду природних елементів і утворення нових дочірніх продуктів на кожному етапі розвитку Землі формувався певний радіаційний фон, що забезпечував виникнення і розвиток флори і фауни.
- ◆ Радіоактивність існувала на Землі задовго до зародження на ній життя. Радіоактивні матеріали є у складі Землі з часу її виникнення.

Хоча на Північному і Південному полюсах планети він більше, ніж в екваторіальній зоні. Це значною мірою обумовлено наявністю магнітного поля планети, силові лінії якого виходять і входять на полюсах.

У різних регіонах планети Земля радіаційний фон різний. Він збільшується у регіонах, де є родовища уранових руд, радіоактивних сланців тощо.

В Україні до зон підвищеної радіоактивності належать Жовті води, Миронівка, Хмельник, Кіровоградська область тощо.

Чим вище над рівнем моря, тим інтенсивнішою є радіація, оскільки повітря значною мірою захищає Землю від космічної радіації. Наприклад, доза опромінення протягом року на рівні моря становить 0,3 мЗв, на висоті 4000 м над рівнем моря – 1,7 мЗв, а на висоті 12 км вона зростає у 25 разів. Тому опромінення при польотах залежить від висоти і тривалості польоту.

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

- Із ґрунту радіонукліди потрапляють до рослин і далі по харчових ланцюгах — до організму людини. Чималу спроможність накопичувати радіоактивні речовини мають мохи, лишайники, чай.
- яловичина накопичує більшу кількість радіо-нуклідів порівняно зі свининою за умови випасного утримання.
- В організмах тварин ^{137}Cs концентрується головним чином у м'язовій тканині, ^{90}Sr — у кістках. Виведення цих нуклідів залежить від періоду лактації і продуктивності тварин: чим вищий добовий надій корови, тим менша концентрація цих нуклідів у молоці. На вміст радіонуклідів у м'ясі свиней істотно впливає режим годівлі.
- Небезпечна і повторна міграція радіонуклідів у ґрунт разом із гноєм, що спричиняє забруднення нових територій.
- **Опромінення людини здійснюється за рахунок таких радіонуклідів:** ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{85}Cr , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{140}Ba .
- Із них найбільшу потенційну небезпеку для організму людини являють ^{90}Sr і ^{137}Cs (період напіврозпаду 28,6 і 30 років), дуже небезпечним є також ^{239}Pu , радіоактивність якого в організмі в 100 разів вища, ніж ^{90}Sr .

Природні радіонукліди поділяються на чотири групи:

1. довгоіснуючі (уран-238, уран-235, торій-232);
2. короткоіснуючі (радій, радон);
3. довгоіснуючі одиночні, що не утворюють сімейств (калій-40);
4. радіонукліди, що виникають у результаті взаємодії космічних часток з атомними ядрами речовини Землі (вуглець-14).

Сонячні корпускулярні події

- ◆ Під час різкого збільшення сонячної активності можливе зростання космічного випромінювання на 4—10 %.
- ◆ Сонячне випромінювання — це електромагнітне і корпускулярне випромінювання Сонця. Під час спалахів Сонце випромінює величезну кількість енергії у вигляді випромінювання в зоні видимого, ультрафіолетового і рентгенівського спектрів випромінювання. Усі види хвиль, що утворюються, — світло, радіохвилі, рентгенівські промені — досягають Землі за 8—15 хв після того, як спалах на поверхні Сонця стає видимий, а найменші частинки — корпускули — рухаються зі швидкістю 500—700 км/с і досягають Землі приблизно за одну добу.



Сонячний спектр

Природні джерела іонізуючого випромінювання



Космічне випромінювання впливає на всю біосферу

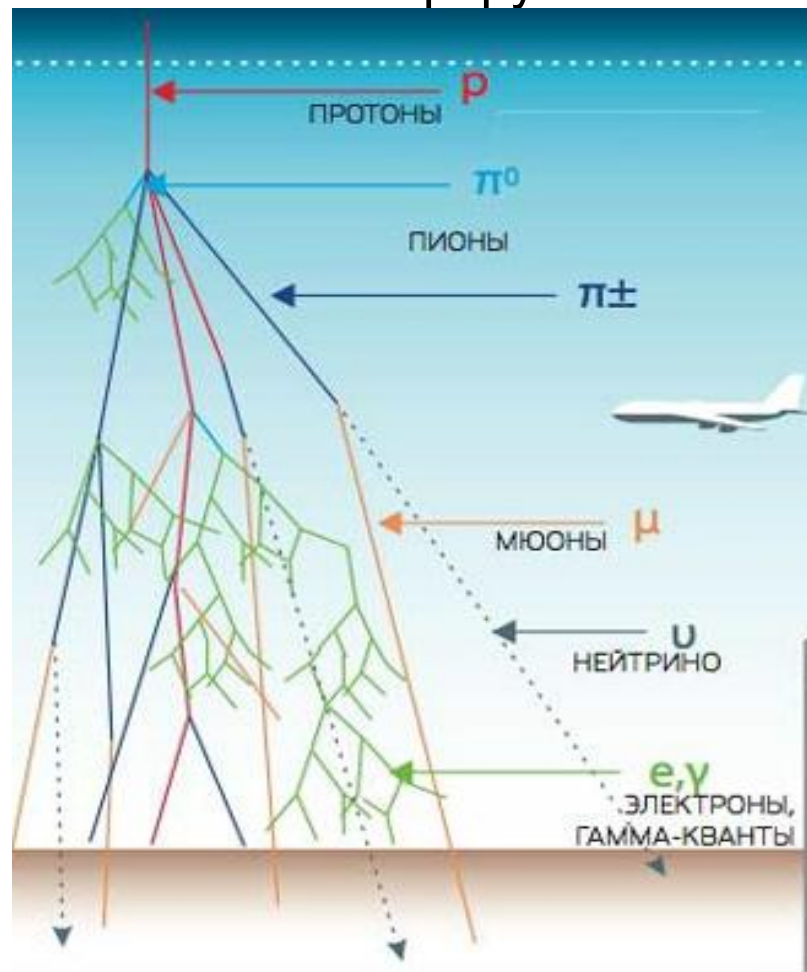
Космічне випромінювання (космічні промені) – це природне випромінювання, що приходить на Землю з космосу.

Космічні промені переважно складаються з:

1. протонів ~92%
2. ядер гелію ~7%
3. більш важкі елементи, такі як Li, Be, B, Fe та ін. складають менше 1 %.

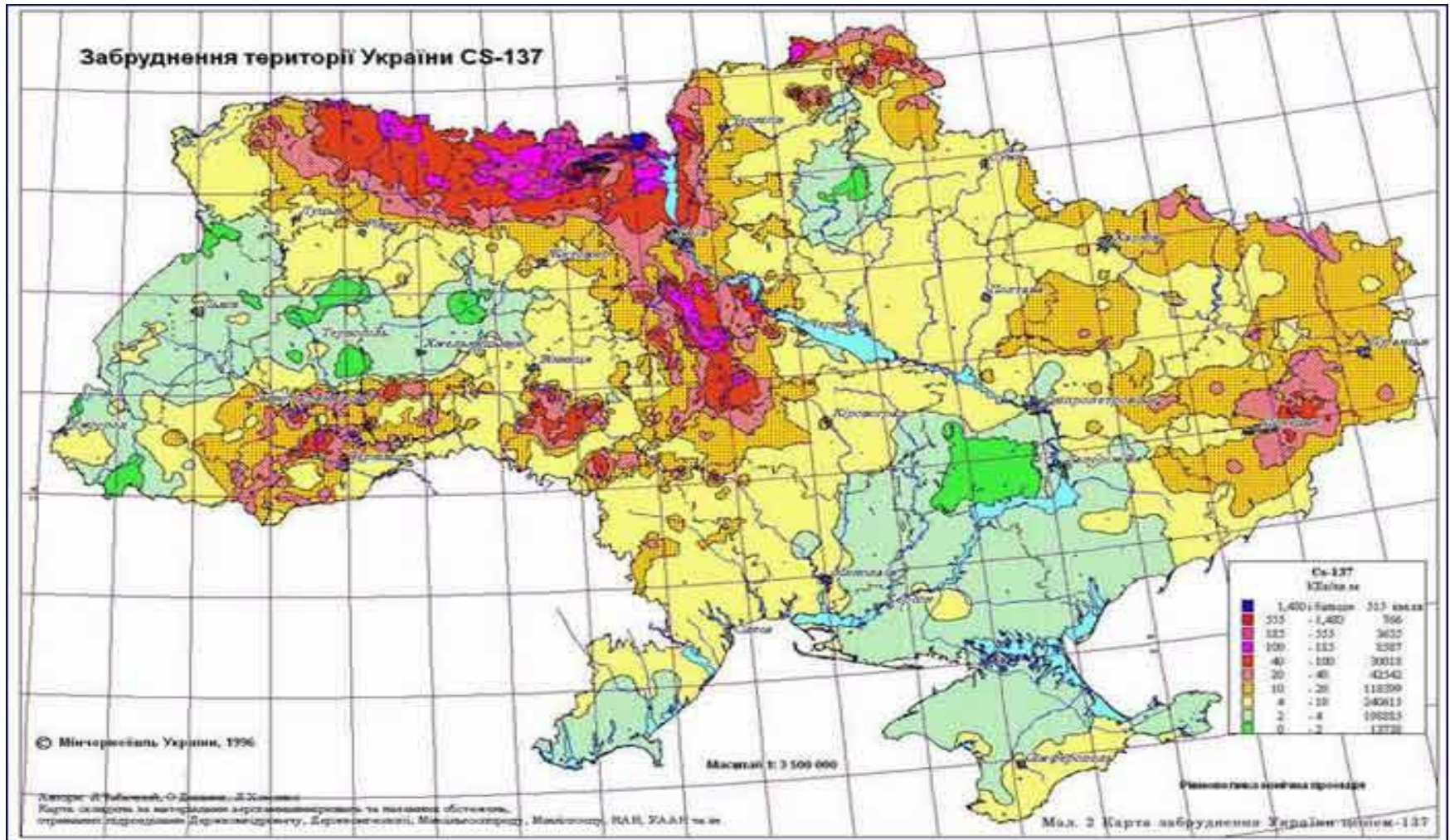
Переважна його частина має галактичне походження, лише невелика частка пов'язана з активністю Сонця.

Проникаючи вглиб атмосфери, космічне випромінювання взаємодіє з ядрами атомів, що входять до складу атмосфери, і утворює потоки вторинних частинок (мезони, гамма-кванти, нейтрони та ін.) що отримали назву **широких атмосферних злив**.



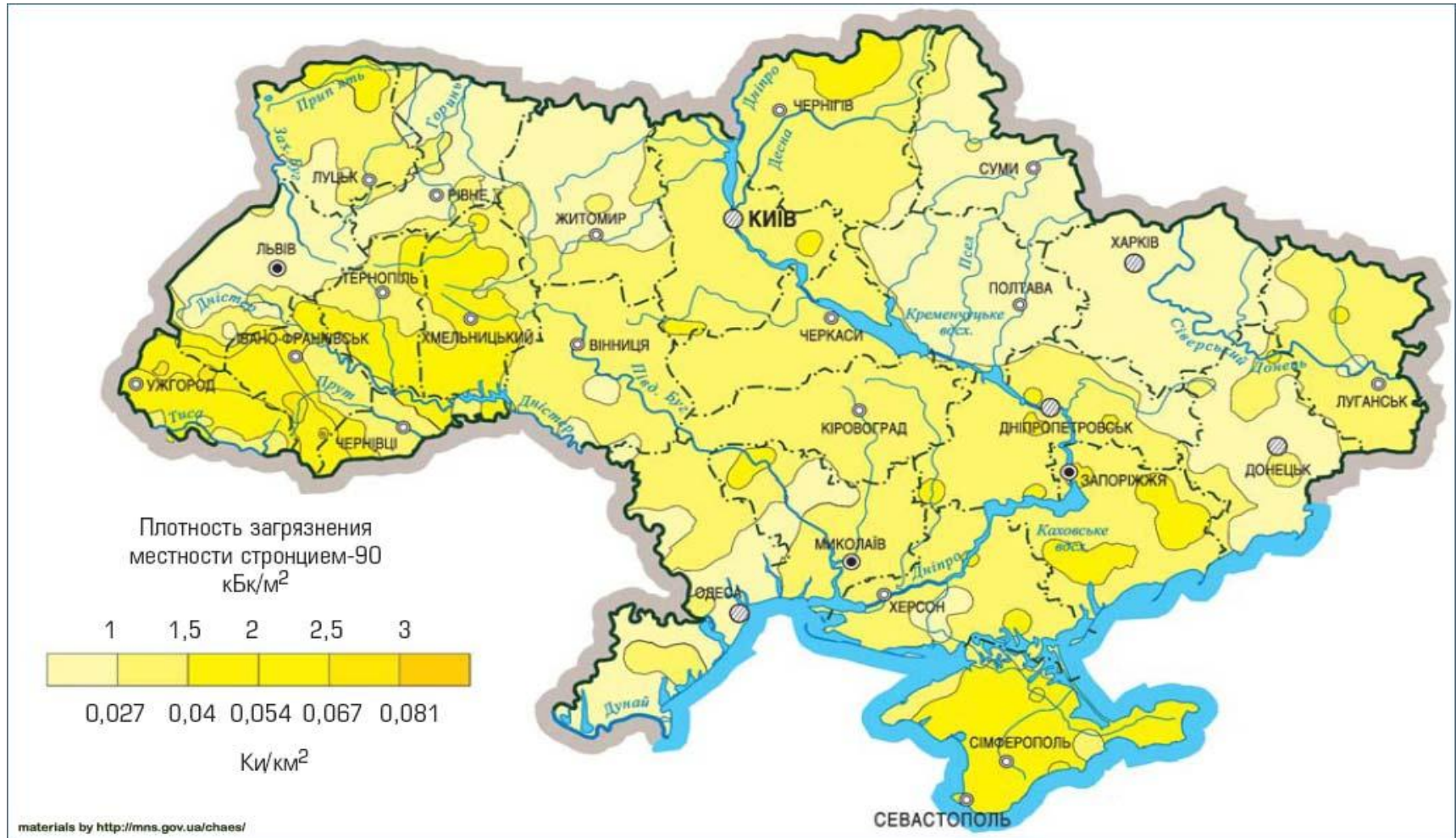
- При підйомі з висоти 4000м (максимальна висота проживання людей) до 12000м (максимальна висота польоту пасажирського авіатранспорту) рівень опромінення зростає в 25 разів. Доза під час рейсу Нью-Йорк - Париж за даними наукового комітету ООН з дії атомної радіації в 1985 році становила 50 мікрозівертів за 7,5 годин польоту.

Цезій-137, знаходиться в ґрунтах (верхньому шарі).
(Тн.р. = 30.2 р.) джерело γ - і β -випромінювання



Накопичується в клітинах м'язової тканини.

Забруднення території України стронцієм-90 (Тн.р. = 28,4 р.) випускає бета-частинки



Стронцій концентрується в кістках і міцно там фіксується.
Результатом опромінення є променеві остеосаркома і лейкози.

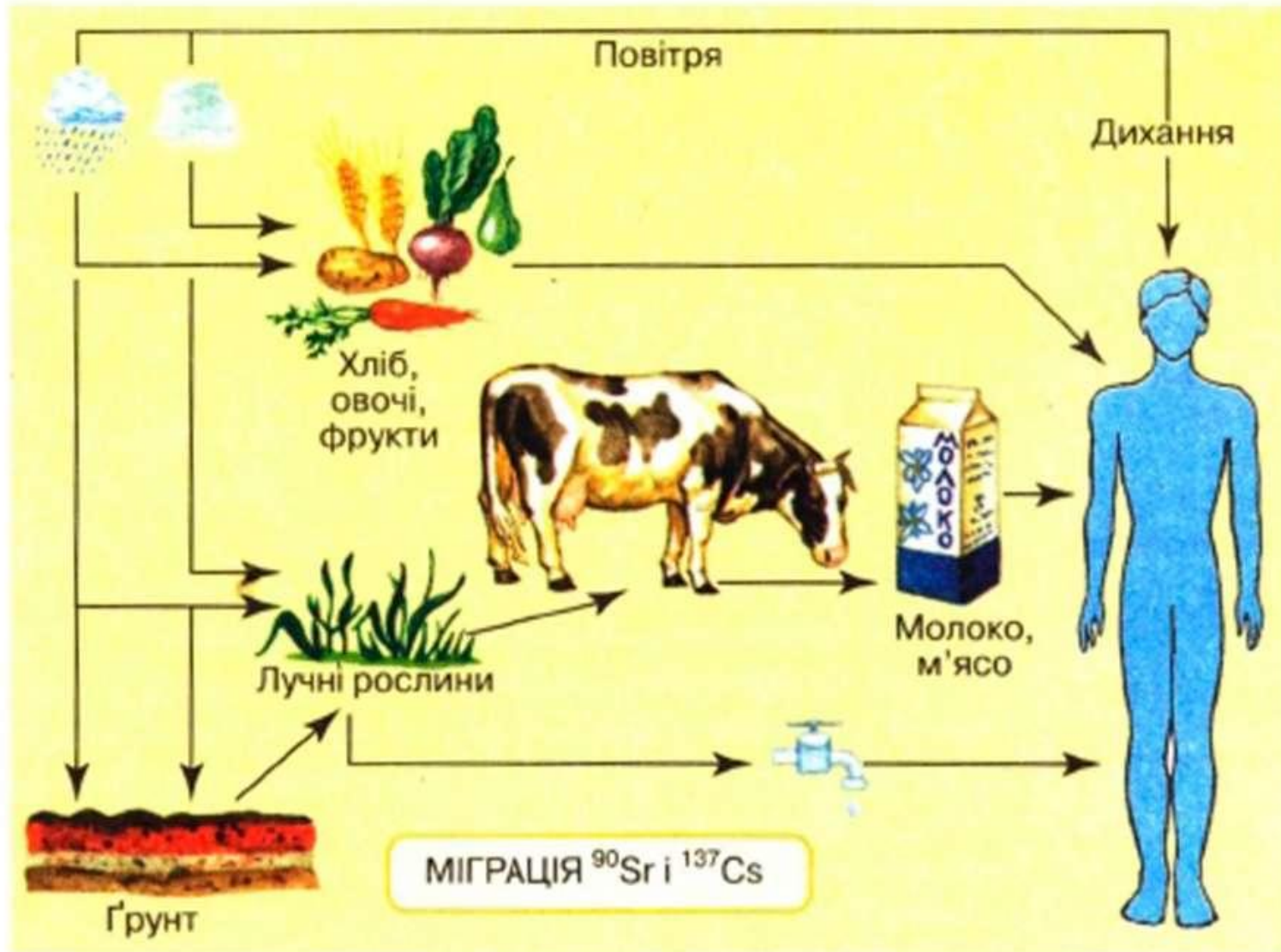
Радіація в природі

Окло – ядерний реактор, створений природою

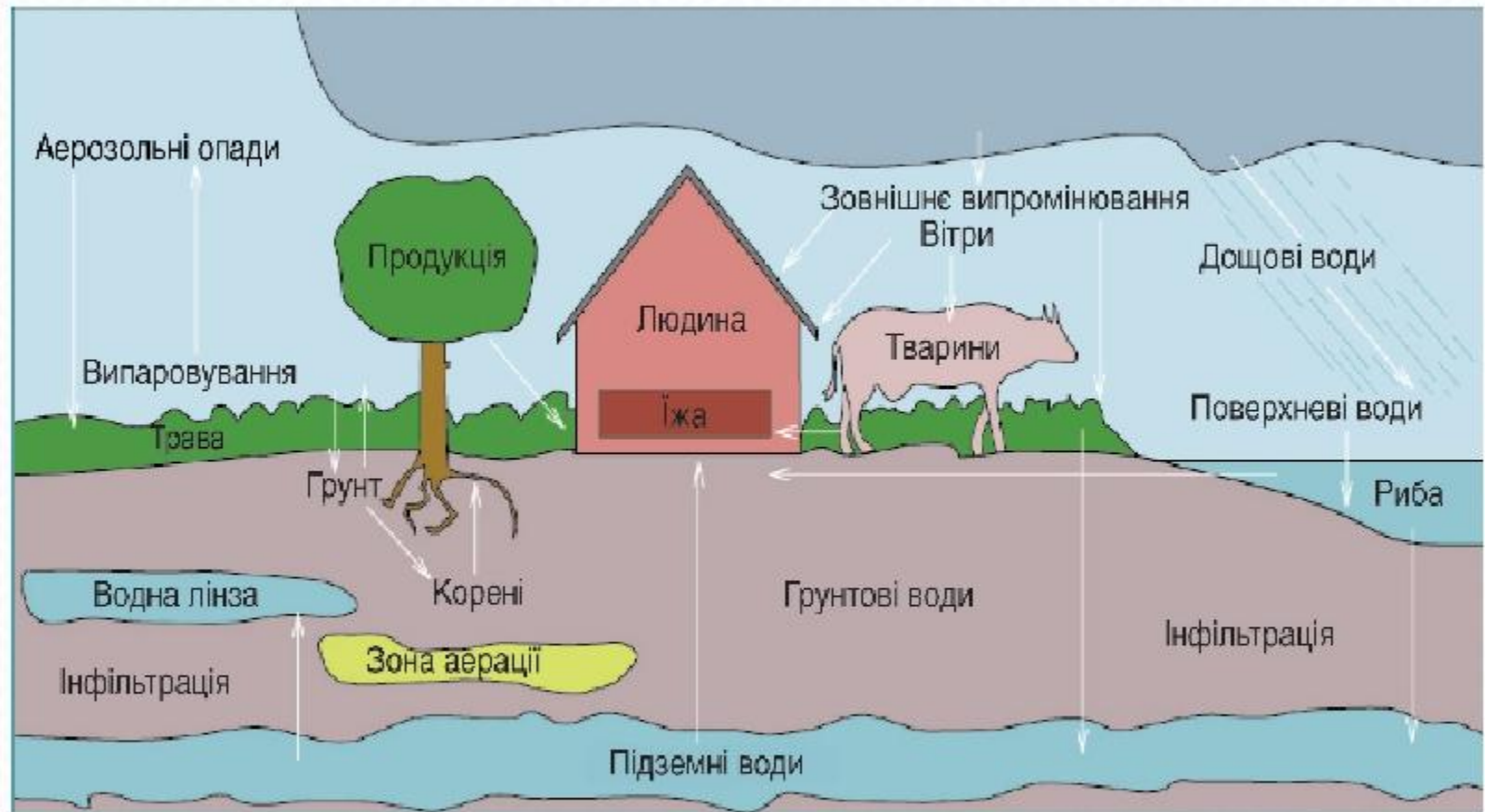


Ланцюгова ядерна реакція розщеплення розпочалася і підтримувалася спонтанно в результаті виникнення необхідних і достатніх для неї умов. Всі ці умови склалися близько 2 млрд. років тому. Природний реактор працював циклічно — вмикався і вимикався. Періоди «увімкненого» стану реактора становили близько 30 хвилин, а «вимкненого» — 2,5 годин. Цей механізм не дозволяв породам ні розплавитися, ні вибухнути та існував упродовж сотень тисяч років!

Міграція радіоактивних речовин СТРОНЦІЮ та ЦЕЗІЮ в організм



У ході технологічних процесів радіоактивні речовини потрапляють у довкілля.



Загальна схема міграції радіоактивних речовин у навколишньому середовищі

Радіація в природі

Банани містять природний радіоактивний ізотоп вуглець - 14, а також калій – 40



Банановий еквівалент — поняття, яке застосовується прихильниками ядерної енергетики для характеристики активності радіоактивного джерела, шляхом порівняння з активністю калію-40, який міститься поряд з іншими ізотопами калію у звичайному банані.



Шляхи опромінення населення

Радіоактивні опади
після ядерних
випробувань

Стоматологічні та рентгенівські
знімки.

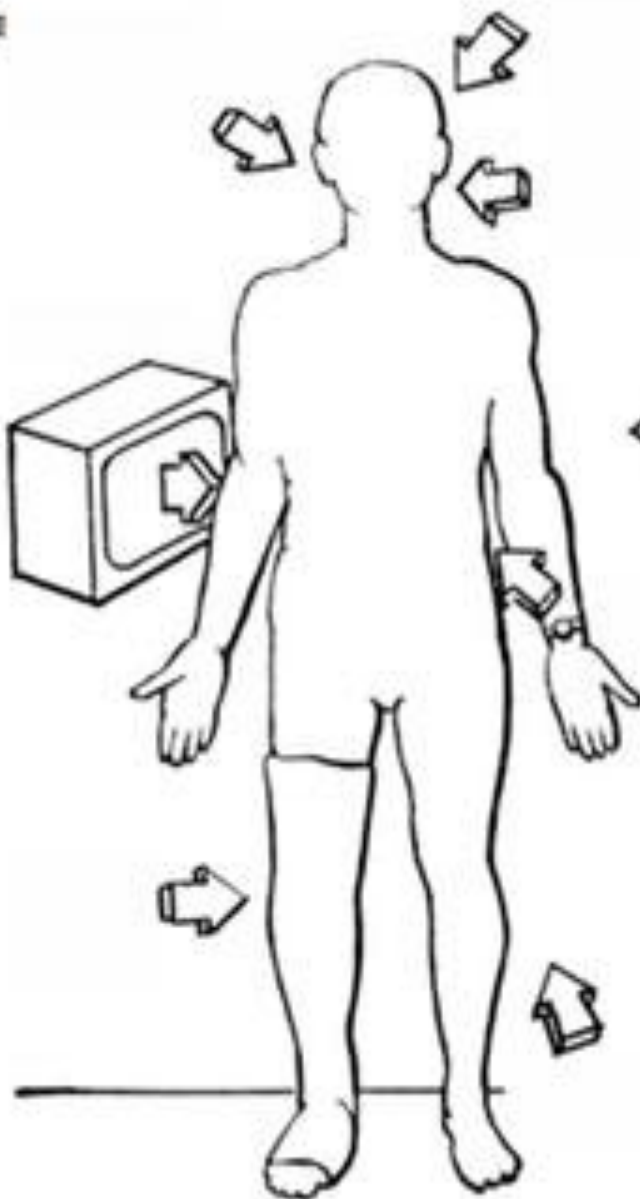
Телевізор

Атомні
електростанції

Люмінесцентні наручні
годинники

Рентгенологічні та
радіологічні
обстеження

Грунт, забруднений
радіоактивними
відходами



Завод з виготовлення штучних радіоактивних ізотопів йоду



- В Україні налічується більше 5 тисяч підприємств, установ та організацій, які використовують різноманітні джерела іонізуючих випромінювань, серед яких близько 105 тисяч радіонуклідних приладів, понад 500 одиниць гамма-дослідницького обладнання.

Людина зазнає підвищених доз опромінення за рахунок техногенного радіаційного фону.

Згорання вугілля на ТЕЦ — одне із джерел підвищення рівня опромінення від елементів, які зустрічаються в природі та потрапляють до організму з повітрям. Під час згорання органічного палива до атмосфери потрапляє приблизно до 20 радіоізотопів.

Поклади фосфатів містять радіоактивні речовини, концентрації яких відносно високі. Частина добутої фосфатної руди переробляється на добрива, частина — йде до відвалу. Деякі споживчі товари містять радіоактивні речовини. **Серед них радіолюмінісцентні, електронні, електричні, антистатичні прилади, детектори газу й аерозолі, керамічні, скляні вироби, вироби зі сплавів.** У багатьох країнах прийнято радіаційні норми, що регулюють припустимі рівні опромінення від цих товарів.

Кольорові телевізори — потенційні джерела опромінення рентгенівським випромінюванням. Слід пам'ятати, що головними чинниками впливу на дозу опромінення є тривалість перегляду телепередач та відстань від телевізора. Особливо шкідливим є бокове світіння, більшість телевізорів, комп'ютерів захищено свинцевим екраном, але жорстке рентгенівське опромінення надходить збоку.

Радіонукліди – наслідок діяльності людини

- ◆ Внаслідок діяльності людини рівень природних радіонуклідів у навколишньому середовищі підвищується. До основних джерел забруднення належать:
 - мінеральні добрива (найбільше природних радіонуклідів міститься у фосфатних, де радіонукліди представлено переважно родинами урану й торію);
 - будівельні матеріали (^{40}K , ^{226}Rn , ^{232}Th , ^{222}Rn , ^{230}Th);
 - стічні води рудників, підприємств зі збагачення урану, з виробництва мінеральних добрив,
 - газоаерозольні викиди в атмосферу продуктів спалювання викопного палива;
 - речовини, що утворюються під час спалювання тютюну.

Використання джерел іонізуючого випромінювання медицині

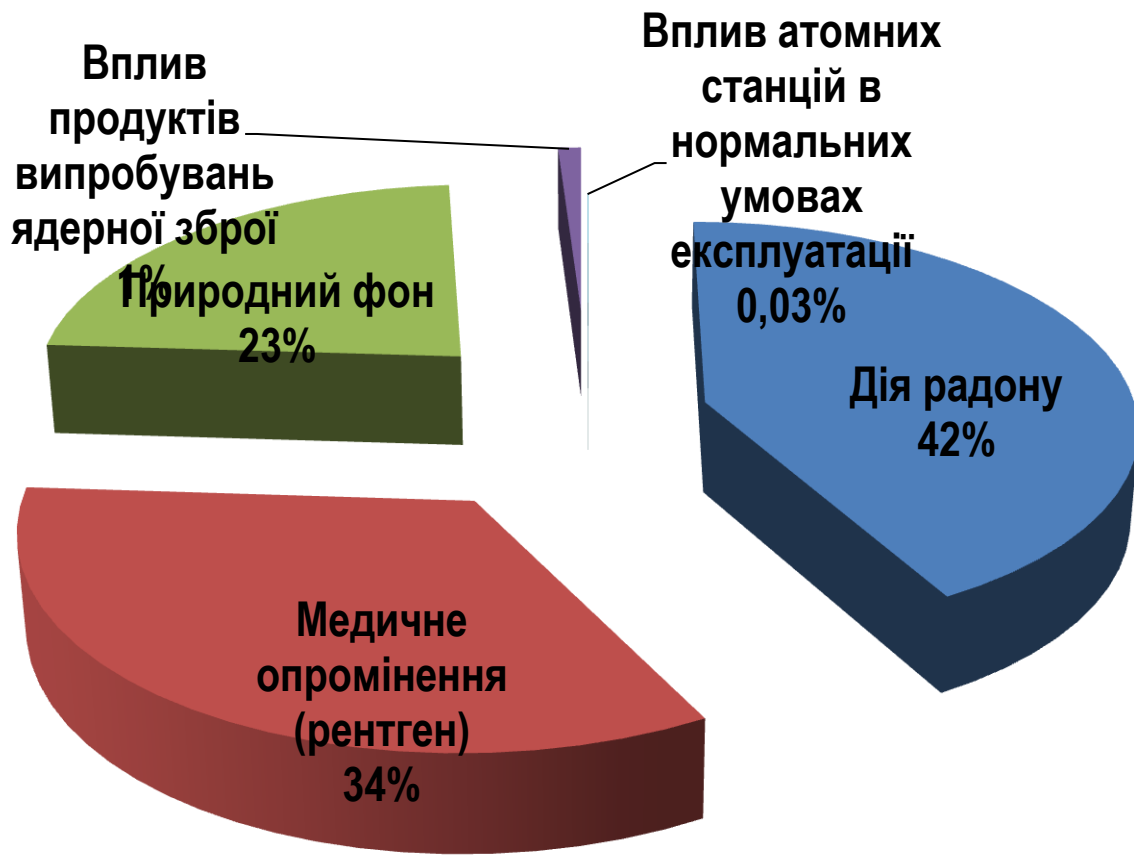
- ◆ У медицині джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) використовуються для рентгено- та радіонуклідної діагностики, променевої терапії.
- ◆ **Рентгенодіагностику** проводять за допомогою рентгенівських установок. Залежно від засобу отримання зображення розрізняють: **рентгеноскопію, рентгенографію, флюорографію, ксерографію**. За визначеною дозою, яку отримує пацієнт, методи рентгенодіагностики можливо розмістити таким чином: рентгеноскопія (найбільша доза), ксерографія, рентгенографія, флюорографія. З моменту відкриття рентгенівських променів найзначнішим досягненням у розробці методів рентгенодіагностики є комп'ютерна томографія, що дає змогу зменшити дозу опромінення різних частин тіла в кілька разів.
- ◆ **Радіонуклідна діагностика** базується на використанні мічених радіонуклідами сполук, які мають незначну токсичність і характерні біологічні властивості. Як мітки використовують ^{57}Co , ^{131}I .
- ◆ У медичній та ветеринарній практиці радіонукліди використовуються для діагностики й лікування різних захворювань, а також для стерилізації медичних матеріалів, виробів та медикаментів. У клініках працюють за 130 радіодіагностичними і 20 радіотерапевтичними методиками із застосуванням відкритих радіофармакологічних препаратів і закритих ізотопних джерел випромінювання. З цією метою використовують понад 60 радіонуклідів.

Використання джерел іонізуючого випромінювання в промисловості та наукових дослідженнях.

- ◆ За допомогою методу ізотопних індикаторів проводять дослідження в біохімії (вивчення обміну речовин, будови і механізму біосинтезу білків, нуклеїнових кислот в організмі), фізіології (міграція іонів і різних сполук, процесів всмоктування, поведінки і ролі мікроелементів), фармакології і токсикології (вивчення поведінки лікарських препаратів і токсичних сполук, шляхів і швидкості накопичення, розподілу, виведення), мікробіології, гігієни та радіаційної екології (вивчення забруднення шкідливими речовинами і дезактивація виробництва, навколишнього середовища).
- ◆ За сучасної точності радіоактивних вимірів вуглецевим методом можна визначити біологічний вік об'єкта дослідження. З припиненням життя надходження ^{14}C припиняється, і кількість його зменшується з періодом напіврозпаду 5 570 років. Цей метод частіше застосовується під час визначення віку археологічних пам'яток.
- ◆ Радіаційна обробка харчових продуктів полягає в дії іонізуючого випромінювання (γ -випромінювання, або потік прискорених електронів) на сировину або харчові продукти, що зазнали кулінарної обробки з метою знищення патогенних мікробів і шкідників, зниження втрат під час зберігання. Міністерство охорони здоров'я України дало дозвіл на радіаційну обробку картоплі, цибулі, харчової пшениці та борошна, сухофруктів, окремих видів морської свіжої та копченої риби. При цьому енергія випромінювання не повинна перевищувати 10 MeV.

Штучні джерела іонізуючої радіації

Найменування джерел	Річна доза		Частка від природного фону, % (до 200 мбер)
	мбер	мЗв	
Медичні прилади (рентгенографія зуба 3 бер, рентгенографія легень 2-6 бер, флюорографія 370 мбер, рентгеноскопія)	100-150	1,0-1,5	50-75
Польоти в літаках (відстань 2000 км, висота – 12 км) – 5 разів протягом року	2,5-5,0	0,02-0,05	1,0-2,5
Телевізор (4 години протягом доби)	1,0	0,01	0,05
Комп'ютер	0,1	0,001	0,05
Теплові електростанції (на вугіллі), відстань 20 км	0,6-6,0	0,006-0,06	0,3-3,0
Випробування ядерної зброї	2,5	0,02	1,0



- **Частка кожного із наведених джерел становить:%**

**медичне опромінення — 51,5,
природний радіаційний фон — 43,4,
ядерні випробування — 2,5,
будівельні матеріали — 2,0,
атомна енергетика (без обліку аварій) — 0,06,
польоти на авіалайнерах — 0,03,
телевізори — 0,28.**

- **Варто порівняти дози від різноманітних джерел, виражені в днях:**

**опромінення від природних джерел — 365 днів/рік,
повітряних польотів — 0,4,
використання фосфорних добрив — 0,04,
виробництво енергії та ТЕЦ — 0,02,
споживчих товарів — 0,3,
виробництво ядерної енергії — 0,6,
ядерних вибухів (середня за 1951—1976 рр.) — 30,
медичної діагностики — 70 днів/рік.**

. СТРОЙМАТЕРИАЛЫ: - $H = 0.1$ мЗВ/год.

В зависимости от концентрации К-40, Ra-226 и Th-232 в различных стройматериалах мощность дозы в домах меняется от $4 \cdot 10^{-8}$ до $12 \cdot 10^{-8}$ Гр/ч (0.04-0.12 мкГр/ч).

В среднем, в кирпичных, бетонных зданиях мощность дозы в 2-3 раза больше, чем в деревянных домах и в домах из синтетических материалов, где она обычно составляет 0.04-0.05 мкГр/ч.

ТЕЛЕВИДЕНИЕ. $H = 0.01$ мЗВ/год.

Источник мягкого рентгеновского излучения.

Мощность H облучения всего тела от цветного телевизора на

$L = 250$ см от экрана = $2,5 \cdot 10^{-3}$ мкЗВ/ч

$L = 5$ см от экрана = 100 мкЗВ/ч.

АВИАЦИЯ. $H = 0.05$ мЗВ/год.

Во время полета на самолете мощность эквивалентной дозы облучения всего тела составляет:

на высоте 8 км - 1.35 мкЗВ/ч,

12 км - 5 мкЗВ/ч,

20 км - 13 мкЗВ/ч.

Дія доз випромінювання на організм.

Доза випромінювання	Дія радіації на організм.
10000 рад (100 Гр.)	Летальна доза, смерть настає через кілька годин або днів від ушкодження центральної нервової системи.
1000 - 5000 рад (10-50 Гр.)	Летальна доза, смерть настає через одну-дві тижнів від внутрішніх кровотеч (потоншуються клітинні мембрани), в основному в шлунково-кишковому тракті.
300-500 рад (3-5 Гр.)	Летальна доза, половина опромінених умирають протягом одного-двох місяців від ураження клітин кісткового мозку.
150-200 рад (1,5-2 Гр.)	Первинна променева хвороба (склеротичні процес, зміни в статевій системі, катаракта, імунні хвороби, рак). Тяжкість й симптоми залежать від дози випромінювання і його типу.
100 рад (1 Гр)	Короткочасна стерилізація: втрата здатності мати потомство
30 рад	Опромінення при рентгені шлунка (місцеве).
25 рад (0,25 Гр.)	Доза виправданого ризику в надзвичайних обставинах.

Дія доз випромінювання на організм.

Доза випромінювання	Дія радіації на організм.
10 рад (0,1 Гр.)	Імовірність мутації збільшується в 2 рази.
3 рад	Опромінення при рентгені зубів.
2 рад (0,02 Гр) в год	Доза опромінення, одержувана персоналом, що працює із джерелом іонізуючого випромінювання.
0,2 рад (0,002 Гр. або 200 мілірад) в рік	Доза опромінення, що одержують співробітники промислових підприємств, об'єктів радіаційно-ядерних технологій.
0,1 рад (0,001 Гр.) в рік	Доза опромінення, одержувана середнь-статистичною людиною.
0,1-0,2 рад в рік	Природний радіаційний фон Землі.
84 мікрорад/год	Політ на літаку на висоті 8 км.
1 мікрорад	1,5 години перегляду телевізора.

- Встановлено, що щорічна середня доза опромінення від застосування медичної техніки становить 0,4 – 1 мЗв (зіверт).
- Найбільшу небезпеку для сучасного й прийдешніх поколінь становлять радіонукліди з великими періодами напіврозпаду: № п/п Радіонукліди Період напіврозпаду 1 ^{14}C (карбон) 5730 років 2 ^{137}Cs (цезій) 30 років 3 ^{90}Sr (стронцій) 30 років 4 тритій 12 років
- Найважливіша роль у формуванні піввікової дози належить радіо вуглецю. Із трансурановими елементами нагромаджуються дози на дуже тривалий період. № п/п Радіонукліди Період напіврозпаду 1 ^{239}Pu (плутоній) тисячі років 2 ^{240}Pu (плутоній) 3 ^{241}Am (америцій)

При вивченні дії на організм людини іонізуючого випромінювання були виявлені такі особливості:

- висока руйнівна ефективність поглинутої енергії іонізуючого випромінювання, навіть дуже мала його кількість може спричинити глибокі біологічні зміни в організмі;
- присутність прихованого періоду негативних змін в організмі, він може бути досить довгим при опроміненнях у малих дозах;
- малі дози можуть підсумовуватися чи накопичуватися;
- випромінювання може впливати не тільки на даний живий організм, а й на його нащадків (генетичний ефект);
- різні органи живого організму мають певну чутливість до опромінення. Найбільш чутливими є: кришталік ока, червоний кістковий мозок, щитовидна залоза, внутрішні (особливо кровотворні) органи, молочні залози, статеві органи;
- різні організми мають істотні відмінні особливості реакції на дози опромінення;
- ефект опромінення залежить від частоти впливу іонізуючого випромінювання. Одноразове опромінення у великій дозі спричиняє більш важкі наслідки, ніж розподілене у часі.

При одноразовому опроміненні всього тіла людини можливі такі біологічні порушення в залежності від сумарної поглинутої дози випромінювання:

- До 0,25 Гр (25 рад)- видимих порушень немає;
- 0,25 ... 0,5 Гр (25 ... 50 рад) - можливі зміни в складі крові;
- 0,5 ... 1,0 Гр (50 ... 100 рад) - зміни в складі крові, нормальний стан працездатності порушується;
- 1,0 ... 2,0 Гр (100 ... 200 рад) - порушується нормальний стан, можлива втрата працездатності;
- 2,0 ... 4,0 Гр (200 ... 400 рад) - втрата працездатності, можливі смертельні наслідки;
- 4,0 ... 5,0 Гр (400 ... 500 рад) - смертельні наслідки складають 50% від загальної кількості потерпілих;
- 6 Гр і більше (понад 600 рад) - смертельні випадки досягають 100% загальної кількості потерпілих;
- 10 ... 50 Гр (1000 ... 5000 рад) - опромінена людина помирає через 1-2 тижні від крововиливу в шлунково-кишковий тракт.

Доза 60 Гр (6000 рад) призводить до того, що смерть, як правило, настає протягом декількох годин або діб.

Якщо доза опромінення перевищує 60 Гр, людина може загинути під час опромінення ("смерть під променем").

- Репродуктивні органи та очі мають особливо високу чутливість до опромінення.
- Одноразове опромінення сім'яників при дозі лише 0,1 Гр (10 рад) призводить до тимчасової стерильності чоловіків, доза понад 2 Гр (200 рад) може призвести до сталої стерильності (чи на довгі роки).
- Яєчники менш чутливі, але дози понад 3 Гр (300 рад) можуть призвести до безпліддя. Для цих органів сумарна доза, отримана за кілька разів, більш небезпечна, ніж одноразова, на відміну від інших органів людини.
- Очі людини уражаються при дозах 2...5 Гр (200...500 рад). Встановлено, що професійне опромінення із сумарною дозою 0,5...2 Гр (50...200 рад), отримане протягом 10-20 років, призводить до помутніння кришталика.
- Небезпека радіоактивних елементів для людини визначається здатністю організму поглинати та накопичувати ці елементи.

Тому при потраплянні радіоактивних речовин усередину організму уражаються ті органи та тканини, у яких відкладаються ті чи інші ізотопи:

йод - у щитовидній залозі;

стронцій - у кістках;

уран і плутоній - у нирках, товстому кишечнику, печінці;

цезій - у м'язовій тканині;

натрій поширюється по всьому організму.

Ступінь небезпеки залежить від швидкості виведення радіоактивних речовин з організму людини. Більша частина людських органів є мало чутливою до дії радіації.

Так, нирки витримують сумарну дозу приблизно 23 Гр (2300 рад), отриману протягом п'яти тижнів,

сечовий міхур - 55 Гр (5500 рад) за один місяць,

печінка - 40 Гр (4000 рад) за місяць.

Ймовірність захворіти на рак знаходиться в прямій залежності від дози опромінення. Перше місце серед онкологічних захворювань займають лейкози. Їх дія, що веде до загибелі людей, виявляється приблизно через 10 років після опромінення.

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів

- Не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом 5 років підряд не перевищує 20 мілізівертів
- (1 мілізіверт=0,1 бера)
- При проведенні профілактичного обстеження населення річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв.

Науковий комітет ООН з дії
атомної радіації вважає

Доза 0.1 Зв на рік в хронічній
формі не має жодного
ефекту, а 0.1 Зв за місяць
може мати.

Ефективні еквівалентні дози при рентгенографії щелепно-лицьової області

Методики	Ефективна доза, мкЗв
Внутрішньоротові контактні рентгенограми	
ортопантомограма	260
оглядова рентгенограма черепа	350
комп'ютерна томограма черепа	400

Схема типу розподілу радіонуклідів в організмі:

- **рівномірний** – елементи першої основної групи періодичної системи (водень, літій, натрій, калій, рубідій, сесій, рутеній, хлор, бром тощо);
- **скелетний (остеотропний)** – лужноземельні елементи (берилій, цирконій, ітрій, фтор тощо);
- **печіночний** – вісмут, сурма, миш'як, уран, селен тощо;
- **тиреотропний** – йод, астатин.

За здатністю накопичувати радіонукліди основні органи людини розподіляються наступним чином:

щитовидна залоза,

печінка,

шлунково-

кишковий тракт,

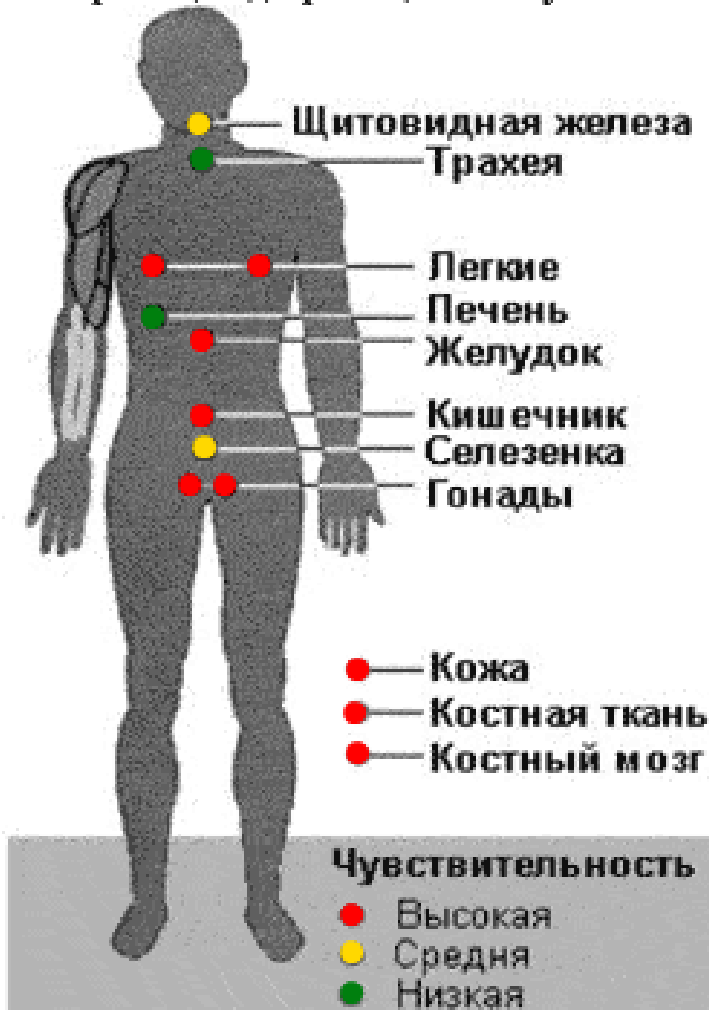
нирки,

скелет,

м'язи.

Органы, що найбільш піддаються опроміненню

Органы, подвергающиеся облучению



- ◆ Найбільш піддаються опроміненню легені, шлунок, кишечник, статевая система, кістковий мозок та шкіра

Радіаційні ефекти опромінення людей

Соматичні	Соматично-стохастичні	Генетичні (спадкові зміни у перших двох поколіннях)
Гостра променева хвороба	Скорочення тривалості життя	Домінантні генні мутації
Хронічна променева хвороба	Лейкози (злоякісні зміни кровоутворюючих клітин)	Рецесивні генні мутації
Локальні променеві ушкодження	Пухлини різних органів	Хромосомні аберації

Детерміністичні ефекти

це ефекти впливу іонізуючого випромінювання, що проявляються тільки при перевищенні певного дозового порогу, тяжкість наслідків їх залежить від величини отриманої дози (гостра променева хвороба, променеві опіки та ін). *Важкість ураження організму визначається величиною дози опромінення.*

Доза опромінення 1-2 Гр - легкий (I) ступінь гострої променевої хвороби (ГПХ), доза 2-4 Гр - середній (II) ступінь, 4-6 Гр - тяжкий (III) ступінь, 6-10 Гр - вкрай тяжкий (IV) ступінь. Прогноз: від сприятливого до несприятливого. При дозах опромінення, вищих 10 Гр, прогноз ГПХ абсолютно несприятливий, всі хворі гинуть у різні терміни після опромінення. Великі дози опромінення, розтягнуті у часі, спричиняють істотно менші ураження, ніж ті самі дози, але отримані за короткий термін. Різні види опромінення також діють в залежності від їх спроможності спричиняти іонізацію.

•Поріг дози для деяких детермінованих ефектів у разі гострого загального опромінення

* 0,2 Гр	збільшення числа хромосомних аберацій в клітинах кісткового мозку і лімфоцитів
* 0,3 Гр	тимчасове безпліддя чоловіків
* 0,5 Гр	депресія гемопоезу
* 1,0 Гр	гостра променева хвороба
* 2,0 Гр	виявлення помутніння
* 5,0 Гр	порушення зору
* 2,5 - 6,0 Гр	безпліддя для жінки
* 3,5 - 6,0 Гр	постійне безпліддя чоловіків
* 3,0 - 10,0 Гр	пошкодження шкіри

Поріг дози для деяких детермінованих ефектів у разі радіаційного опромінення протягом багатьох років

* 0,1 Гр	- виявлення помутніння
* 0,2 Гр	- безпліддя для жінки
* 0,4 Гр	- порушення зору
* 0,4 Гр	- тимчасове безпліддя чоловіків
* 0,4 Гр	- депресія гемопоезу
* 1,0 Гр	- хронічна променева хвороба
* 2,0 Гр	- постійне безпліддя чоловіків

Гостра променева хвороба



Променева травма кісток лицевого скелету.

Гостра променева травма ротової порожнини

- Випромінення уражує слизову оболонку порожнину рота,зуби,слинні залози,кістки, глоткові мигдалики, далі процес поширюється на задній відділ язика, піднебіння,глотку,слизову оболонку задніх відділів альвеолярного відростка нижньої щелепи.Слизова перетворюється на некротичну плівку.Руйнування відбувається переважно за альтернативним типом. Ясна набряклі,кровоточиві, ясенні сосочки вкриті виразками. Виділяється гній з пародонтальних кишень.Гостра променева хвороба супроводжується ураженням слинних залоз, яке проявляється ксеростомією (недостатнє слюновиділення, супроводжується підвищеною сухістю слизової оболонки порожнини рота).

Гостра променева травма ротової порожнини



Широке застосування радіоактивних ізотопів у народному господарстві та медицині може спричинити променеви хворобу зі значними змінами у порожнині рота — стоматити



Розвивається променеви стоматит (гіперемія, зроговіння, десквамація епітелію, плівчастий мукоз).

Променева травма зубів.

- В основі після променевих уражень твердих тканин зубу лежать порушення обміну речовин(фосфору, кальцію). Іонізуюче опромінення впливає на розподіл фтору та гідроксилу не тільки в патологічно зміненій ділянці, а і в оптично неуражених ділянках емалі. Порушення емалевих призм. Емаль втрачає блиск,стає тьмяною,крихкою.(Схоже на некроз емалі). На значній площі зникають дентинні каналці,замість них з'являється фібрилярна структура ,що характерна для колагену. Шар емалі втрачає здатність до відновлення.

Променевий опік



Стохастичні ефекти

Це безпорогові ефекти впливу іонізуючого випромінювання, ймовірність виникнення яких існує при будь-яких його дозах і зростає із збільшенням дози, тоді як відносна тяжкість їх прояву від дози не залежить. До цих ефектів належать злоякісні новоутворення (соматичні стохастичні ефекти) та генетичні зміни, що передаються нащадкам (спадкові ефекти).

Це віддалені наслідки опромінення. Злоякісні пухлини з'являються через роки або десятиріччя після опромінення, а генетичні ефекти - у наступних поколіннях. Соматичні стохастичні ефекти-лейкози. На кожний рад опромінення всього тіла понад норму слід чекати 20 випадків захворювань на лейкоз та 40 - іншими злоякісними новоутворення-ми на 1 млн населення. Від кожної дози опромінення в 1 Гр дві особи із 1000 захворіють на лейкоз.

Злоякісні пухлини шкіри, судин(ангіосаркома), внутрішніх органів



Лейкози



Лейкози найбільш поширені з ракових захворювань, спричинених опроміненням. Оцінка ймовірності летального результату при лейкозі більш імовірна, ніж аналогічні оцінки для інших видів ракових захворювань. Це можна пояснити тим, що лейкози виявляються першими, викликаючи смерть у середньому через 10 років після моменту опромінення.

Після лейкозів «за популярністю» впливають:

- рак молочної залози,
- рак щитоподібної залози
- рак легенів.

Менш чутливі *шлунок, печінка, кишечник та інші органи і тканини.*

Генетичні порушення





Вади розвитку



Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб, які зазнають опромінювання:

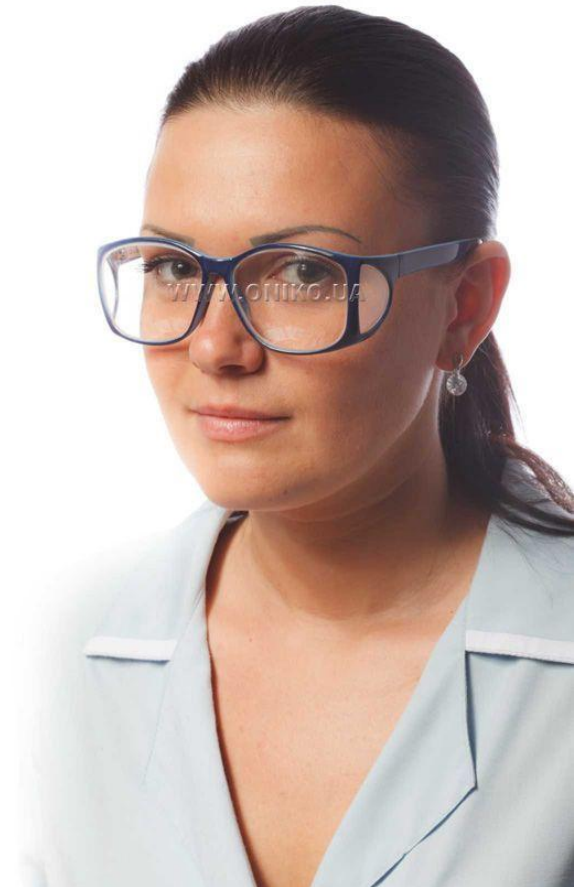
Категорія А (персонал)	Категорія Б (персонал)	Категорія В
особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань 20 мЗв/р	особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення. 2 мЗв/р	все населення. 1 мЗв/р

Основні принципи забезпечення радіаційної безпеки

1. Зменшення потужності джерел випромінювання до мінімальних значень («захист кількістю»);
2. Скорочення часу роботи з джерелом («захист часом»);
3. Збільшення відстані від джерела до людини («захист відстанню»);
4. Екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання («захист екраном»).

Окуляри рентгенозахисні призначені для захисту кришталика ока. Свинцевий еквівалент - Pb=0,8; 0,9 мм.

- Засіб індивідуального радіаційного захисту очей персоналу.



Індивідуальні засоби захисту від ІВ



Комплект рентгенівського захисту для стола
хірургічного призначений для захисту персоналу при
проведенні травматологічних операцій.



Комплект рентгенівського захисту для стола хірургічного



Комплект пластин КП-1



Рентгенологічне дослідження в стоматології, або ортопантомограма (OPG), «ортопанорама» та «панторекс» — панорамний рентгенівський знімок зубів, верхньої та нижньої щелепи.



Установка для ортопантомограми

- При виконанні ортопантомограма захист створюють з боку грудей і спини, де відбувається велика частина переміщень рентгенівської трубки.



Радіовізіограф –електронний прилад, що показує рентгенівське зображення зубів на моніторі комп'ютера у реальному режимі часу



Радіовізіограф знижує променеве навантаження у 10 разів, зменшуючи час експозиції з 0,8 сек. до 0.08 сек

Радіовізіограф



Законодавчі та нормативні документи

1. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.95 р. із змінами, внесеними згідно із Законами.
2. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань» від 1998, зі змінами, внесеними згідно із Законом.
3. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» від 19.10.2000.
4. Закон України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» від 11.01.2000
5. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995

Основними документами, якими регламентується радіаційна безпека в Україні, є:

6. Державні гігієнічні нормативи «Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97/Д-2000 – Норми радіаційної безпеки України, доповнення: радіаційний захист від джерел потенційного опромінення; 2000 р.»
7. Наказ МОЗ України від 02.02.2005 № 54 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України
8. ДБН В.1.4-0.01-97 Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві.

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 старти, 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

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.

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 МеВ) 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 Гр і більше, а в разі хронічного опромінювання — 1,5 Гр. Летальний кінець унаслідок загального гострого зовнішнього опромінення спостерігається при поглинених дозах, що перевищують 3—3,5 Гр.

Вважають, що **хронічна променева хвороба** може розвинути за потужності еквівалентної дози випромінювання 0,001 — 0,005 Зв/добу (0,1 — 0,5 бер/добу) і сумарних доз 0,7 — 1,0 Зв (70 – 100 бер) і вище. Для цього потрібно прожити не менше ніж рік на території із забрудненням радіонуклідами понад $3,7 \cdot 10^{12}$ Бк/км² (102 Ки/км²), не вживаючи ніяких запобіжних заходів.