

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет Екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра Цивільної та промислової безпеки

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Захист та небезпеки радіаційного, хімічного та
біологічного походження»
за напрямом (спеціальністю) 263 «Цивільна безпека»

Укладач(і): кандидат військових наук, доцент
Вальченко Олександр Іванович

Конспект лекцій розглянутий та схвалений
на засіданні кафедри цивільної та промислової безпеки
Протокол № 1 від «28» серпня 2023 р.
Завідувач кафедри _____ Батир ХАЛМУРАДОВ

Лекція № 1

Тема лекції: „Електромагнітне випромінювання та його вплив на людину”

План лекції

1. Класифікація електромагнітних випромінювань та загальні характеристики впливу на людину.
2. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону та засоби захисту працівників.

Література

1. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
2. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
3. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.

Вступ

Ми живемо у світі, пронизаному випромінюванням, завдяки яким чуємо, бачимо та відчуваємо.

Звуки, світло, радіохвилі – усі вони відрізняються довжиною хвилі, вірніше, визначеним діапазоном довжини хвиль.

У процесі науково-технічного розвитку людство додало до фонового (природного) випромінювання цілий ряд факторів, які підсилили біосферні електромагнітні поля (ЕМП) в декілька разів (антропогенні ЕМП).

У побуті та промисловості набули масового застосування обладнання та прилади, робота яких пов'язана з утворенням електромагнітних випромінювань широкого діапазону частот, потужність та кількість яких постійно зростає.

За 100 років, що пройшли після відкриття явища радіоактивності, практично не залишилося галузей господарської діяльності, де не застосовувалися б джерела іонізуючих випромінювань.

У промисловості та медицині, оборонному комплексі та транспорті, науці та сільському господарстві використовуються ядерні енергетичні установки, потужні і малі гамма-стаціонарні та пересувні установки, апарати променевої терапії, дефектоскопи, різні вимірювачі та сигналізатори, електрокардіостимулятори та лічильники предметів.

Однією з найважливіших областей використання джерел іонізуючих випромінювань є атомна енергетика.

Сьогодні вже ні в кого не викликає сумніву значення атомної енергетики у світовому енергетичному балансі.

Нині у світі експлуатується близько 450 ядерних енергетичних реакторів

(загальною потужністю приблизно 400 ГВт), на яких виробляється понад 20% усієї електричної енергії.

За кількістю ядерних реакторів Україна посідає десяте місце в світі та п'яте у Європі.

В Україні діють 4 атомних електростанцій :

Запорізька АЕС (6 реакторів) (окупована),

Південноукраїнська АЕС (3),

Рівненська АЕС (4),

Хмельницька АЕС (2)

на яких працює 15 реакторів, які виробляють близько 60 відсотків із загальної електроенергії України.

Аварія на Чорнобильській АЕС в 1986 році деякою мірою викликала недовіру суспільних верств населення до атомної енергетики в цілому, у результаті чого відбулося зниження темпів введення в експлуатацію нових АЕС (Кримська, Чигиринська, Одеська, Харківська та ін.).

У побуті та промисловості набули масового застосування обладнання та прилади, робота яких пов'язана з утворенням неіонізуючого випромінювання широкого діапазону частот, потужність та кількість яких постійно зростає.

1. Класифікація електромагнітних випромінювань та загальні характеристики впливу на людину.

Єдиної класифікації електромагнітних випромінювань не існує, проте є «робоча» класифікація:

1. Електромагнітні поля (ЕМП) неіонізуючої частини спектру:

- електростатичне поле (ЕСП);
- постійне магнітне поле (ПМП);
- струми промислової частоти;
- електромагнітні випромінювання (ЕМВ) радіочастотного діапазону;
- ЕМВ оптичного діапазону – інфрачервоне випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, лазерне випромінювання.

2. Іонізуючі випромінювання:

- рентгенівське;
- γ -випромінювання;
- β -випромінювання
- α -випромінювання;
- нейтронне;
- позитронне та ін.

3. За природою походження:

а) природний фон;

б) техногенно змінений фон:

- клас А (технологічні) – це випромінювання, які використовуються в технологічних процесах, лікувально-діагностичних цілях;

- клас Б (нетехнологічні або паразитні) – це випромінювання, які є побічним продуктом будь-якого технологічного процесу.

Людина піддається постійному впливу ЕМВ, іншими словами вона знаходиться в електромагнітній «павутині» (електромагнітне забруднення або смог).

Види впливу ЕМВ на людину:

- ізолюваний – від одного джерела ЕМВ;
- змішаний – від двох і більше джерел;
- комбінований – одночасний вплив ЕМВ та інших фізичних, хімічних і біологічних факторів;
- постійний – протягом 8 год. робочого дня в виробничих або протягом 24 год. в побутових умовах;
- непостійний – протягом певного проміжку часу (менше 8 год. у виробничих і менш 24 год. в побутових умовах);
- локальний (місцеве) – вплив на будь-яку частину тіла людини;
- загальний – вплив на все тіло людини.

2. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону та засоби захисту працівників.

Електромагнітна сфера нашої планети визначається, в основному, електричним і магнітним полями Землі, атмосферним електричним радіовипромінюванням Сонця і галактик, а також полями штучних джерел. Діапазон природних і штучних полів дуже широкий: починаючи від постійних магнітних та електростатичних полів і закінчуючи рентгенівським та гамма-випромінюванням. Кожний із діапазонів електромагнітних випромінювань по-різному впливає на розвиток живого організму.

Штучними джерелами електромагнітних випромінювань радіочастот є потужні радіостанції, генератори надвисоких частот, установки індукційного і діелектричного нагрівання, радары, вимірювальні і контролюючі пристрої, дослідницькі установки, височастотні прилади і пристрої в медицині та побуті, персональні комп'ютери, мобільні телефони та інші гаджети.

Джерелом електростатичного поля та електромагнітних випромінювань у широкому діапазоні частот (інфранизькочастотному, радіочастотному, інфрачервоному, видимому, ультрафіолетовому, рентгенівському) є персональні електронно-обчислювальні машини (ПЕОМ) і відеодисплейні термінали (ВДТ) на електронно-променевих трубках, які використовуються як у промисловості та наукових дослідженнях, так і в побуті. Небезпеку для користувачів створює електромагнітне випромінювання монітора в діапазоні частот 20 Гц – 300 МГц і статичний електричний заряд на екрані.

Джерелами електромагнітних полів промислової частоти є будь-які електроустановки і струмопроводи промислової частоти. Чим більше струм, що протікає в них, тим вище інтенсивність полів.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль.

Швидкість поширення радіохвиль c практично дорівнює швидкості світла. Параметри пов'язані між собою наступною залежністю: $\lambda = c/f$.

Основними параметрами електромагнітних хвиль є:

- I – інтенсивність випромінювання, Вт/м;
- E (В/м) та H (А/м) – відповідно електрична і магнітна складові напруженості електромагнітного випромінювання;
- λ – довжина хвилі, м;
- f – частота коливання, Гц.

Електромагнітне поле представляє особливу форму матерії.

Будь-яка електрична заряджена частка оточена електромагнітним полем, що складає з нею єдине ціле.

Але електромагнітне поле може існувати й у відділеному від заряджених часток вигляді, як випромінювання фотонів, або випромінювання у вигляді електромагнітного поля (електромагнітних хвиль).

Електромагнітне поле (електромагнітне випромінювання) характеризується векторами напруженості електричного E (В/м) і магнітного H (А/м) полів, що характеризують силові властивості ЕМП.

Залежно від частоти коливання (довжини хвилі) радіочастотні електромагнітні випромінювання поділяються на низку діапазонів

Радіочастотний діапазон електромагнітного випромінювання

Назва діапазону частот	Номер діапазону	Діапазон частот	Діапазон довжин хвиль	Назва діапазону довжин хвиль
Дуже низькі частоти, ДНЧ	1	0,003...0,3 Гц	107...106 км	Інфра низькі
	2	0,3...3,0 Гц	106...104 км	Дуже низькі
	3	3...300 Гц	104...102 км	Промислові
	4	300 Гц...30 кГц	102...10 км	Звукові
Низькі частоти, НЧ	5	30...300 кГц	10...1 км	Кілометрові
Середні частоти, СЧ	6	300кГц...3МГц	1 км...100 м	Гектаметрові
Високі частоти, ВЧ	7	3...30 МГц	100...10 м	Короткі
Дуже високі частоти, ДВЧ	8	30...300 МГц	10...1 м	Метрові
Ультрависокі частоти, УВЧ	9	300МГц...3ГГц	100...10 см	Дециметрові
Надвисокі частоти, НВЧ	10	3...30 ГГц	10...1 см	Сантиметрові
Надзвичайно високі частоти, НЗВЧ	11	30...300 ГГц	10...1 мм	Міліметрові

Дія ЕМВ на організм

Механізм дії радіовипромінювання на людину дуже складний і до кінця не з'ясований. Результати експериментальних досліджень на тваринах свідчать, що з підвищенням частоти коливання електромагнітних хвиль, вплив ЕМВ посилюється, тобто високі (ВЧ) і надвисокі (НВЧ) частоти викликають більший біологічний ефект, ніж низькі.

Електромагнітні хвилі міліметрового діапазону майже повністю поглинаються шкірою і діють на її рецептори, сантиметрового і дециметрового – майже не поглинаються шкірою, а проникають глибше і можуть впливати

безпосередньо на структури тканини, особливо головного мозку.

Встановлено, що ЕМВ чинить на біологічні об'єкти *радіохвильову і теплову дію*.

Теплова дія. При кожній зміні напрямку ЕМП виникають релаксаційні коливання і переміщення іонів у тканинах організму, на які спрямоване ЕМВ, і це супроводжується виділенням теплоти та підвищенням температури тканин. Найбільше нагріваються кров, лімфа, паренхіматозні органи, а також кришталік ока.

Механізм дії радіохвиль невеликої (нижче теплової) інтенсивності реалізується переважно через його рефлекторну дію на центральну нервову систему (ЦНС).

Найбільш чутливим до впливу радіохвиль є *гіпоталамус* (невелика область в проміжному мозку, що включає в себе велику кількість груп клітин, які регулюють нейроендокринну діяльність мозку, тобто такі функції, як відчуття голоду і спраги, терморегуляцію організму, статеву поведінку, сон і неспання) та гомеостаз організму, де зосереджені вищі вегетативні центри.

Дослідження свідчать, що найбільш активними в біологічному плані є хвилі НВЧ-, потім УВЧ-діапазону, найменш активними – ВЧ-діапазону. Ураження можуть бути як *гострими*, так і *хронічними*.

Гостра форма патологічного впливу ЕМВ виникає під час аварій або при грубому порушенні техніки безпеки, тобто в тому разі, якщо інтенсивність випромінювання в багато разів перевищує тепловий поріг. У людей з'являється підвищення температури тіла на 1-2 градуси Цельсія, загальна слабкість, нездужання, біль у кінцівках, м'язах, головний біль, спрага, задишка, почервоніння обличчя, пітливість, лабільність пульсу і артеріального тиску, носові кровотечі, в крові – підвищення лейкоцитів.

Хронічна форма патологічного впливу ЕМВ виникає внаслідок тривалого впливу ЕМВ, інтенсивність якого перевищує ГДР (рівень), але знаходиться нижче теплового порогу. На перший план виступають порушення функцій нервової і серцево-судинної систем. Можливий розвиток порушень травної системи і дистрофічних змін кришталіка. В крові – підвищення лімфоцитів та зниження тромбоцитів. Нерідко виявляють ендокринно-обмінні порушення щитовидної залози, статевих та надниркових залоз.

Для встановлення діагнозу професійного захворювання від впливу ЕМВ радіохвиль потрібна детальна санітарно-гігієнічна характеристика робочого місця із зазначенням частотного спектра коливань, інтенсивності випромінювання, тривалості контакту, стажу роботи в шкідливих умовах виробництва.

Дози електромагнітного випромінювання, які отримує людина від різних джерел випромінювання

Космічне випромінювання (14%)

Радіоактивність ґрунту та будівельних матеріалів (19%)

Радіоактивні гази (37)

Внутрішнє опромінення радіоактивними речовинами, що попадають із

їжею (17%)

Медичні процедури (11,5%)

Інші джерела (транспорт, спалювання вугілля, ядерна промисловість) (1,5%)

Нормування ЕМВ

Нормативні значення ЕМВ радіочастотного діапазону відображені в Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, в Державних санітарних нормах і правилах при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 3.3.6.096-2002, Наказі МОЗ України за № 528 від 27.12.2001 «Про затвердження гігієнічної класифікації за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

Електромагнітне випромінювання побутових приладів

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на *ближню зону* (зону індукції) та *дальню зону* (зону випромінювання).

Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. *Ближня зона* охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює $1/6$ довжини хвилі. В цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля. В ближній зоні, зазвичай, знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ, СЧ, ВЧ, НВЧ.

Робочі місця, на яких знаходяться джерела електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ) знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. В цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (густиною потужності енергії), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення.

Гранично допустимі рівні ЕМВ радіочастотного встановлено у відповідності з «Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітних полів, що створюються радіотехнічними об'єктами».

Гранично допустимі рівні ЕМВ РЧ-діапазону для населення та персоналу

№ діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжини	ГДР
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25 В/м
6	Гектаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0.3-3 МГц	1-0.1 км	15 В/м
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$(3 \cdot \lg \lambda)$ В/м

8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30–300 МГц	10–1 м	3 В/м (10)
9	Дециметрові хвилі (УВЧ, НВЧ)	300–3000 МГц	1–0,1 м	10 мкВт/см ²
10	Сантиметрові хвилі (надвисокі частоти, НВЧ)	3–30 ГГц	10–1 см	2,5 мкВт/см ²
11	Міліметрові хвилі (надзвичайно високі частоти, НЗВЧ)	30–300 ГГц	1–0,1 см	2,5 мкВт/см ²

ЕМП комплексно шкідливо впливає на організм людини, а саме на життєво важливі системи: нервову, серцево-судинну, імунну, ендокринну і репродуктивну, змінюючи їхні функції.

Параметри ЕМП, що впливають на організм людини

- інтенсивність (густина) ЕМП;
- частота випромінювання;
- тривалість опромінення;
- модуляція сигналу;
- періодичність дії;
- поєднання частот.

Профілактичні заходи від дії ЕМВ на робітників

Засоби та заходи захисту від ЕМВ радіочастотного діапазону поділяються на:

- індивідуальні (ЗІЗ, лікувально-профілактичні);
- колективні (організаційні, архітектурно-планувальні, технологічні, інженерно-технічні).

До *організаційних заходів* колективного захисту належать зменшення тривалості дії та збільшення відстані від джерел до працюючого:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- «захист відстанню» – віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМВ;
- «захист кількістю» – потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками безпеки.
- «захист часом» – зменшення впливу шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу на працюючих за рахунок обмеження часу їхньої дії: введення внутрішньозмінних перерв, скорочення робочого дня, збільшення тривалості відпустки, обмеження стажу роботи в конкретних умовах.

Архітектурно-планувальні заходи включають раціональне розміщення обладнання та приміщення.

Службові приміщення на території об'єкта слід розміщувати переважно в місцях, захищених від ЕМВ («радіо тінь», «мертва зона»), орієнтувати так, щоб було унеможливлене опромінювання вікон і дверей, у разі необхідності – екранувати. Маршрути руху персоналу на території об'єкта слід установлювати таким чином, щоб унеможливити опромінення при рівнях, що перевищують гранично допустимі. Зони випромінювання з густиною потужності енергії вище 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2) повинні бути позначені спеціальними попереджувальними знаками.

Технологічні заходи передбачають забезпечення механізації та автоматизації виробничих процесів, застосування маніпуляторів та дистанційного управління.

Інженерно-технічні засоби колективного захисту передбачають використання засобів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглинальні матеріали, екранування), а саме:

- екранування усіх джерел випромінювання;
- екранування робочих місць.

До засобів індивідуального захисту належать захисні окуляри, щитки та захисні екрани для обличчя, шоломи, захисний одяг (комбінезони, халати з металовмісної тканини, окуляри з металовмісним склом).

Засіб захисту в кожному конкретному випадку повинен визначатись з урахуванням робочого діапазону частот, характеру робіт, необхідної ефективності захисту. На кожний засіб захисту повинна бути складена технічна документація з відміткою про призначення та діапазон частот, у яких цей засіб захисту може бути використаний, допустимої потужності розсіювання, забезпеченої ефективності захисту за всім діапазоном частот, на який розраховано використання даного засобу.

До лікувально-профілактичних заходів належать:

- періодичні (1 раз на рік) медогляди спеціалістами: невропатологом, офтальмологом та ін.;
- надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості робочої зміни;
- допуск до роботи з джерелами ЕМВ осіб, вік яких становить не менше 18 років, а також таких, що не мають протипоказань за станом здоров'я (попередній медичний огляд).

Таким чином, негативні впливи на здоров'я людини під час тривалої роботи з джерелами електромагнітних випромінювань радіочастотного та оптичного діапазону це об'єктивна реальність, в основі якої лежать кілька причин. Подальше вивчення їх дії на організм, теоретичне обґрунтування і розробка заходів до зниження небезпеки – головний напрямок дії фахівців в галузі охорони праці.

Лекція № 2

Тема лекції: „Іонізуюче випромінювання. Джерела, види та основні фізичні величини іонізуючих випромінювань”

План лекції

1. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.
2. Джерела іонізуючого випромінювання.
3. Види іонізуючих випромінювань.
4. Основні фізичні величини та одиниці виміру іонізуючих випромінювань.

Література

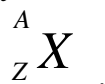
1. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
2. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
3. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

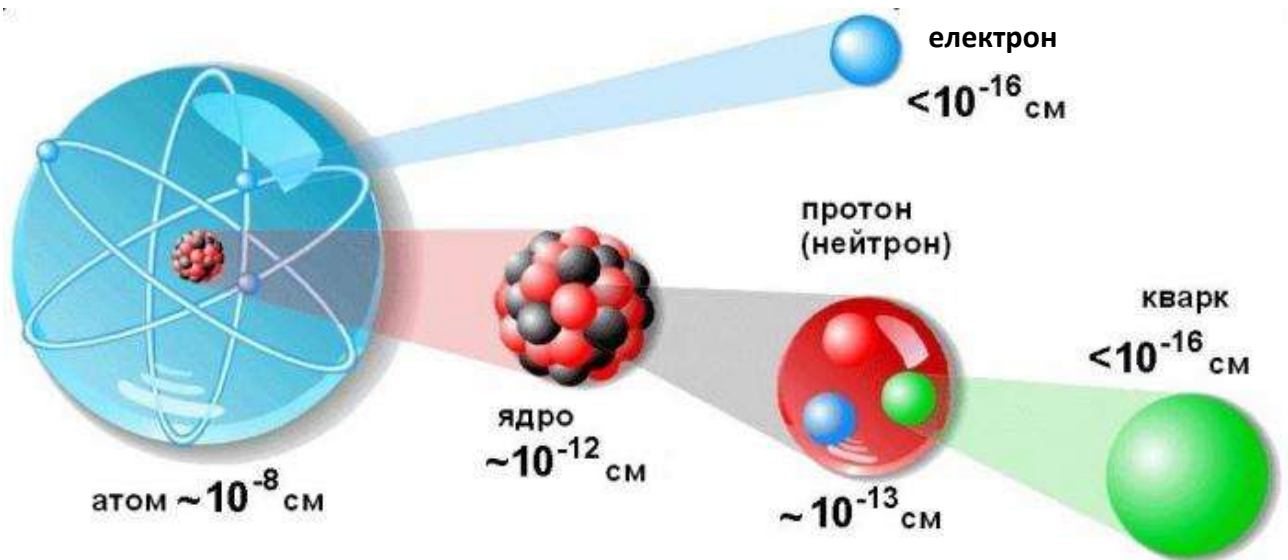
1. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Як відомо, ядро атома складається з певного набору протонів, тобто заряджених часток і нейтронів (нейтральна частка). Загальна назва цих часток – нуклони. Кількість нуклонів у ядрі може бути різною і ця кількість має назву – *масове число A*.

Число протонів позначається літерою Z , яка визначає *заряд ядра*, або *число* електронів в електронній оболонці атома. Число нейтронів позначається літерою N . Тому формулу ядра атома можна записати так: $A = Z + N$.

Число нейтронів у ядрах може бути різним. Найменше число нейтронів може дорівнювати нулю (ядро водню). Ядра різних елементів позначають хімічним символом X , угорі ліворуч якого ставиться масове число A , а ліворуч унизу атомний номер Z . Наприклад, у загальному випадку





Між протонами в ядрі діють сили *відштовхування*, що залежать від їхнього однойменного заряду. Але одночасно між протоном і нейтроном діють сили *притягання*, що не залежать від заряду часток. Ці сили називаються ядерними, діють у межах $1,4 \cdot 10^{-13}$ см і на кілька порядків перевищують сили електричного відштовхування між частками, утримуючи ці частки у ядрі.

Зі збільшенням числа протонів у ядрі сили відштовхування значно збільшуються, а це може призвести до ослаблення сил притягання настільки, що ядро може розпастися на частини, тобто такі ядра стають *нестійкими*.

Нестійкі ядра або розпадаються на частини, перетворюючись у ядра нових елементів, або випускають елементарні частки, перетворюючись у ядра нових елементів без усякого впливу із зовні.

Такі ядра називаються радіоактивними, а випущення радіоактивним ядром елементарних часток називається радіоактивністю (від латинського слова *radiare* – випромінювати).

Розпад радіоактивних ядер не залежить від зовнішніх впливів, носить імовірнісний характер і визначається законом радіоактивного розпаду, що виражає зменшення кількості ядер атомів радіоактивної речовини в часі.

Математичний вираз цього закону має вигляд:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

де N_0 – вихідна або первісна кількість нестійких ядер у речовині;

N – число ядер, що залишилися, у речовині, що не перетерпіли розпаду за час t ;

λ – імовірність розпаду кожного ядра або постійна розпаду (для кожного елементу своя).

Характер радіоактивного розпаду такий, що час, протягом якого розпадається половина наявних спочатку ядер радіоактивної речовини, є постійним і називається періодом напіврозпаду T . Залежність величини T від величини λ має вигляд:

$$T = 0,693/\lambda,$$

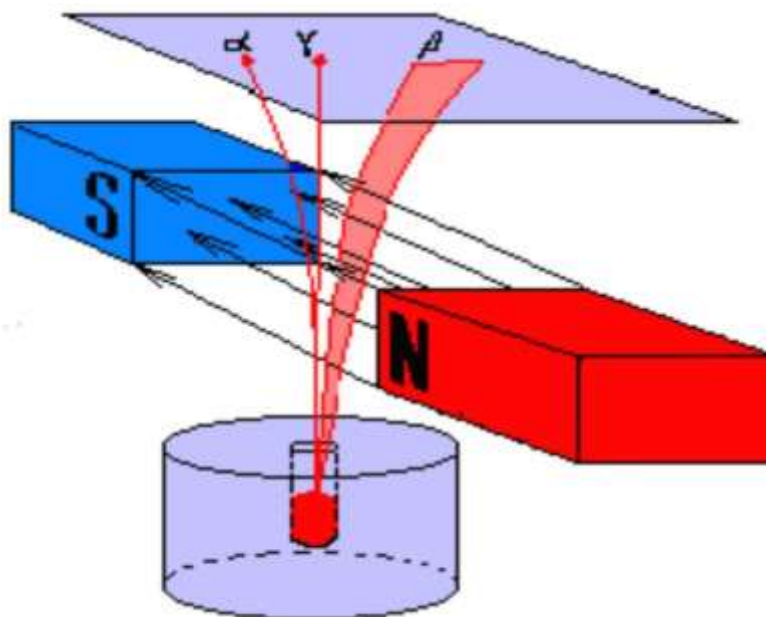
де: λ – імовірність розпаду кожного ядра або постійна розпаду (для кожного елементу своя).

Постійна розпаду та відповідний їй період напіврозпаду залежить тільки від стійкості ядер і є різною для ядер різних радіоактивних елементів.

Радіоактивність

Перетворення ядер може відбуватися різними шляхами.

Якщо помістити радій у свинцеву коробку з вузькою щілиною, то за допомогою приладів можна визначити, що через неї виходить пучок випромінювань, що розділяється в магнітному полі.



Випромінювання, що відхиляються на Північ, називається α -випромінюванням, на Південь β -випромінюванням; випромінювання, що не відхиляється магнітним полем, називається γ -випромінюванням (воно не має електричного заряду).

α -випромінювання – потік позитивно заряджених часток (ядер атомів гелію), що рухаються зі швидкістю близько 20 000 км/сек. Пробіг α -частки в біологічній тканині незначний, тому поверхневий шар шкіри цілком забезпечує захист від зовнішніх потоків α -часток.

β -випромінювання – потік негативно заряджених часток (електронів). Їхня швидкість наближається до швидкості світла.

γ -випромінювання являє собою короткохвильове електромагнітне випромінювання. За властивістю воно близьке до рентгенівського, але має значно більшу швидкість і енергію. Гамма-випромінювання розповсюджується зі швидкістю світла.

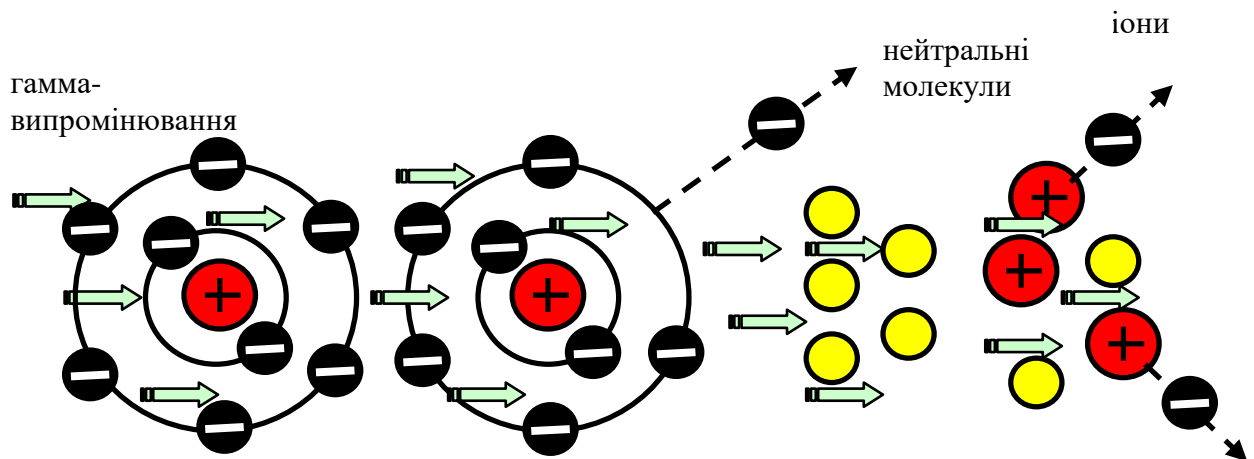
Рентгенівське випромінювання – електромагнітне випромінювання, що виникає при гальмуванні швидких електронів в речовині (безперервний спектр), та при переходах електронів з зовнішніх електронних оболонок атома на внутрішні (лінійчастий спектр).

2. Джерела іонізуючого випромінювання.

Іонізація – це процес перетворення нейтральних атомів або молекул середовища під дією випромінювання в заряджені частки та позитивні іони.

Іонізуюче випромінювання – це таке випромінювання, взаємодія якого із середовищем приводить до утворення іонів різних знаків.

До іонізуючого випромінювання (ІВ) відносяться потоки заряджених часток, незаряджених (нейтральних) часток і фотони. Видиме світло і ультрафіолетове випромінювання не входить в поняття «іонізуюче випромінювання».



Розрізняють *безпосереднє* іонізуюче випромінювання та *непряме* іонізуюче випромінювання.

Безпосереднє ІВ – випромінювання, що складається із заряджених часток, що мають кінетичну енергію, достатню для іонізації при зіткненнях. До нього відносяться електрони, протони, альфа-частки.

Непряме ІВ – випромінювання, що складається з незаряджених часток, які можуть створювати безпосереднє ІВ та (або) викликати ядерні перетворення. Непряме ІВ може складатися з нейтронів, фотонів та ін. Фотонне ІВ може складатися з гамма-випромінювання, рентгенівського випромінювання, гальмового й характеристичного випромінювання.

По виду взаємодії ІВ діляться на *первинне* та *вторинне*.

Первинне ІВ – це випромінювання, яке в розглянутому процесі взаємодіє із середовищем або приймається вихідним.

Вторинне ІВ – це випромінювання, що виникає в результаті взаємодії первинного ІВ з розглянутим середовищем.

Залежно від характеру поширення в просторі розрізняють *спрямоване* і *дифузійне* ІВ.

Спрямоване ІВ – це випромінювання з виділеним напрямком поширення.

Дифузійне ІВ – це випромінювання, що не має переважного напрямку поширення.

В залежності від енергії часток або фотонів ІВ буває *моноенергетичним*,

немоноенергетичним і змішаним.

Моноенергетичне ІВ – це випромінювання, що складається з фотонів однакової енергії або часток одного виду з однаковою кінетичною енергією.

Немоноенергетичне ІВ – це випромінювання, що складається з фотонів різної енергії або часток одного виду з різною кінетичною енергією.

Змішане ІВ – це випромінювання, що складається із часток різного виду або часток і фотонів.

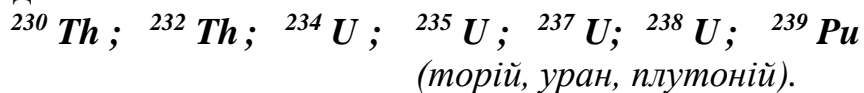
За одиницю енергії в системі виміру (SI – з фр. *Système International d'Unités*) прийнятий джоуль (Дж). Допускається застосування одиниці енергії електрон-вольт (eV). Співвідношення між електрон-вольт і джоулем:

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Джерела іонізуючого випромінювання

Джерелом іонізуючих випромінювань є ядра радіоактивних речовин, що розпадаються. Для елементів таблиці Менделєєва відомо більше 1500 ізотопів. Частина із них є в природі, інші отримані штучним шляхом. З них більше 10% ізотопів піддаються альфа-розпаду, це елементи кінця таблиці Менделєєва з $Z > 82$, і 16 природних і штучних ізотопів – лантанодів. 48% ізотопів характеризується бета-розпадом, 11% – позитронним бета-розпадом і 25% (головним чином елементи другої половини таблиці Менделєєва з більшим Z) – електронним орбітальним захватом.

Спонтанне ділення ядер має місце у 26 ізотопів, у тому числі в 7 природних ізотопів:



Із усієї кількості ізотопів лише близько 300 стабільні та близько 90 є природними радіоактивними речовинами.

Всі джерела іонізуючих випромінювань поділяються на *закриті* та *відкриті*.

Відкриті джерела іонізуючого випромінювання – це рідкі, газоподібні або у вигляді порошків чи суспензій радіоактивні речовини при використанні яких можливе забруднення оточуючого середовища, потрапляння на одягу персоналу, на шкіру та в організм людини.

Закриті джерела випромінювання влаштовані так, що це виключає забруднення оточуючого середовища. До них слід відносити: рентгенівські установки; радіоактивні препарати у вигляді трубок, голок; гамма-терапевтичні апарати; лінійні та циклічні прискорювачі, де радіоактивний препарат знаходиться у металічній герметичній трубці.

Потужним джерелом іонізуючого випромінювання є ядерний вибух, що виникає в результаті змушеного розподілу в ході ланцюгової реакції урану-235, урану-238 і плутонію-239.

Під час ядерного (термоядерного) вибуху з'являється потужний потік іонізуючого випромінювання, що виникає безпосередньо в процесі розподілу та синтезу речовини, що становлять заряд боєприпасів.

Одним з найважливіших джерел іонізуючих випромінювань є транспортні та стаціонарні енергетичні ядерні реактори в момент аварії або катастрофи. При цьому в навколишнє середовище викидається велика кількість газоподібних речовин, що забруднюють навколишній простір і всі об'єкти, що перебувають на ньому.

Серйозним джерелом іонізуючого випромінювання є медичні препарати на основі радію, полонію, радону і рентгенівські установки, які широко використовуються в медичних установах, а також дослідницькі установки типу синхрофазотрон, лінійні прискорювачі та інші пристрої, що застосовуються в науково-дослідних установах.

Класифікація іонізуючих випромінювань

За наявністю маси іонізації

1. електромагнітні:

(не мають маси спокою)

- рентгенівські;
- гама-випромінювання.

2. корпускулярні:

(мають масу спокою)

- β -частки;
- протони;
- α -частки;
- нейтрони;
- мезони та ін.

За наявністю заряду

1. нейтральні:

- рентгенівське;
- гама-випромінювання
- нейтрони.

2. потік заряджених часток:

- β -частки;
- α -частки.

За щільністю іонізації:

1. не щільно іонізуючі:

(ЛЕП <10 КеВ/мкм)

- всі електромагнітні випромінювання;
- β -випромінювання.

2. щільно іонізуючі:

(ЛЕП >10 КеВ/мкм)

- протони;
- α -частки;
- нейтрони.

Джерела іонізуючих випромінювань

Природні

- Поклади руд, що володіють альфа- або бета- активністю (торій-232, уран-238, уран-235, радій-226, радон-222, калій-40, рубідій-87);
- Космічне випромінювання зірок (потоки швидких заряджених часток та гама квантів).

Штучні

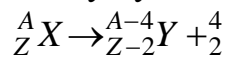
- Ізотопи, що виділені людиною та попали у навколишнє середовище;
- Прилади, обладнання, у яких використовуються радіоактивні ізотопи;
- Генеруючі установки (рентген-генератори, нейтронів, пришвидкувачі заряджених часток і т.п.)

3. Види іонізуючих випромінювань

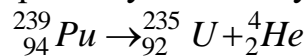
Види іонізуючих випромінювань

Альфа-випромінювання – це корпускулярне випромінювання, що складається з альфа-часток, яке випускається при ядерних перетвореннях. Альфа частка позначається символом – α . Цей вид розпаду характерний для атомів важких елементів з атомним номером $A \geq 200$.

Загальна формула такого розпаду буде мати вигляд:



Прикладом такого альфа-розпаду може служити розпад плутонію-239:



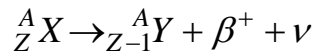
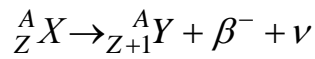
Альфа-частинка являє собою ядро атома гелію внутрішньоядерного походження, позбавлене електронної оболонки і яка має значну енергією (4-9 MeV) та швидкість (14000-22500 км/с).

Пробіг α -частки в біологічній тканині незначний, тому *поверхневий шар шкіри цілком забезпечує захист від зовнішніх потоків α -часток*. Однак влучення α -активних речовин *усередину організму* в кількостях, що перевищують допустимі значення, *надзвичайно небезпечно*, тому що поверхня внутрішніх органів не має захисного шару шкіри та піддається більш сильному руйнуванню, ніж зовнішні покриви шкіри.

Втративши α -частинку, ядро атома знаходиться у збудженому стані з надлишком енергії, яка виділяється у вигляді γ -випромінювання, тобто α -розпад завжди супроводжується γ -випромінюванням.

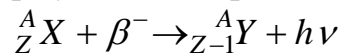
Бета-випромінювання є корпускулярним випромінюванням, що являє собою потік бета-часток, які випускаються ядрами радіоактивних ізотопів. Бета-частинки – це електрони, що мають як негативний електричний заряд і позначаються символом β^- , так і позитивний заряд з позначенням β^+ , які називаються позитронами. Як електрони, так і позитрони по відношенню один до одного є античастинками, тому що мають однакову масу та рівні, але протилежні по знаку заряди $\pm qe = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Загальна формула таких розпадів має вигляд:



де ν – нейтрино.

До бета-розпаду відноситься ще один вид перетворення ядер – електронний захват, при якому ядро притягає до себе один з електронів з K - або L -оболонки орбіт атома. Місце захопленого електрона відразу ж заповнюється електроном з більш високого рівня, при цьому випускається рентгенівське випромінювання. Загальна формула такого розпаду має вид:



Позитрон, зіштовхнувшись із електроном, з'єднується з ним, тобто анігілює (зникає) і перетворюється у два гамма-кванти з енергією не менше 0,51 МеВ кожного. Розрахунки свідчать, що при енергії β -частки, наприклад в 3 МеВ, її пробіг у повітрі складе 14,41 м, у воді – 15,3 мм, в алюмінії – 7,74 мм.

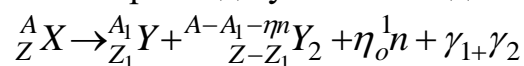
Таким чином, при рівній енергії β -частки в речовині проходять значно більшу відстань, ніж α -частки, тобто β -частки (випромінювання) мають більшу проникаючу здатність, ніж α -частки (випромінювання)/

Нейтронне випромінювання. Нейтрон є однією з основних часток, що входять до складу атомних ядер. Електричний заряд нейтрона дорівнює нулю, а масове число дорівнює одиниці. Позначення нейтрона має вигляд



При спонтанному розпаді нестійких ядер виникають дві частини, кожна із яких має певний набір протонів і нейтронів. Як правило, такі частини вихідного ядра переважані нейтронами, що призводить до порушення балансу взаємодії ядерних і кулонівських сил у нових ядрах (частинах вихідного ядра). У результаті цього, частина нейтронів вилітає з вихідного ядра, що ділиться, це так звані *миттєві* нейтрони, або з частин вихідного ядра, що утворилися після розподілу – це так звані *занізнілі* нейтрони. Нейтрони, що з'явилися, мають різну кінетичну енергію (швидкість руху) і, рухаючись у речовині, взаємодіють із ядрами елементів цієї речовини.

Загальна формула такого розподілу має вигляд:



Таким чином нейтрони, що виникли являють собою потік нейтронів, що у свою чергу визначає нейтронне випромінювання, взаємодіюче з навколишнім середовищем.

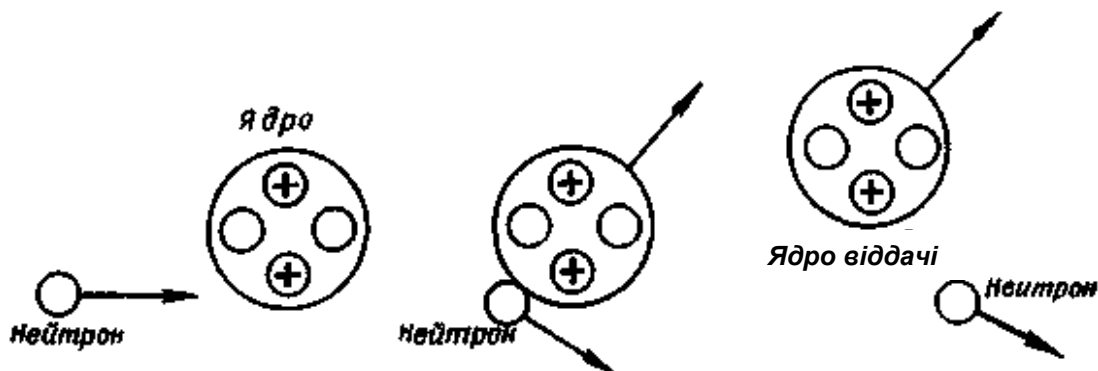
При взаємодії нейтронів з речовиною середовища вони або розсіюються, або захоплюються ядрами атомів цієї речовини.

Так як, нейтрон електрично нейтральний, то він не реагує на електричне поле атома і легко проходить через електронну оболонку атома, досягаючи без труднощів ядра такого атома. При цьому можливі наступні варіанти взаємодій нейтрона з ядром атома.

Варіанти взаємодій нейтрона з ядром атома.

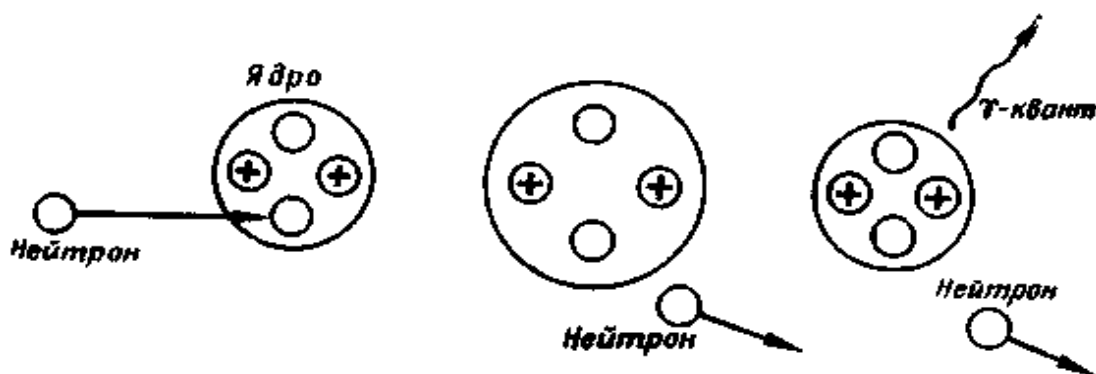
Пружне розсіювання, при якому нейтрон, передає ядру частину кінетичної енергії та відскакує від ядра, змінивши напрямок свого руху. При цьому енергія нейтрона зменшується на величину кінетичної енергії, відданої ядру атома.

Ядро атома, одержавши від нейтрона додаткову енергію, починає рухатися, і якщо ця енергія досить велика, то ядро може бути вибите з атома і, як важка заряджена частка, буде взаємодіяти з нейтральними атомами середовища, іонізуючи при цьому їх. Такі ядра одержали назву – ядра віддачі.



При кожному акті розсіювання нейтрон втрачає свою енергію, тобто відбувається його сповільнення. Імовірність пружного розсіювання росте зі зменшенням енергії нейтрона та заряду ядра.

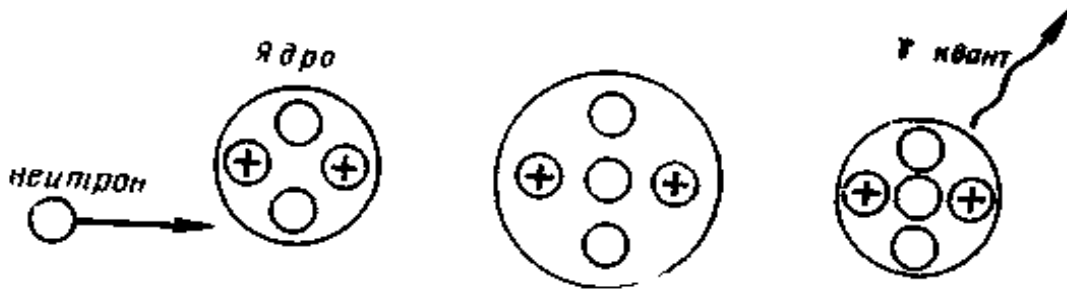
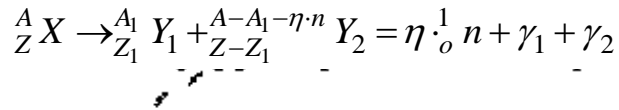
Непружне розсіювання – взаємодія нейтрона з ядром, коли нейтрон проникає в нього, вибиваючи нейтрон меншої енергії іншого напрямку, ніж первісний, переводячи при цьому ядро в збуджений стан. Через якийсь час таке ядро повернеться в основний стан з випускненням гамма-кванта.



Непружне розсіювання характерне для взаємодії нейтронів великої енергії – швидких нейтронів з ядрами важких елементів.

Захват нейтрона. Нейтрон, зштовхнувшись із ядром, проникає в нього і ядерними силами втримується в цьому ядрі. Ядро в цілому переходить у збуджений стан, а потім через якийсь час повертається у вихідний стан. Надлишок енергії випускається у вигляді гамма-кванта або заряджених часток, тобто відбувається акт ядерної реакції по схемах (n,γ) ; (n,p) ; $(n, 2n)$; $(n,3n)$, або

ядро ділиться з утворенням двох нових ядер:



У ході ядерних реакцій енергія нейтрона повністю перетворюється в енергію вторинного випромінювання, що часто перевершує енергію самого нейтрона.

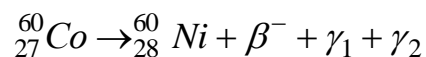
Проникаюча здатність нейтронів висока (у повітрі до 300 м, у рідких і твердих речовинах до 1 см).

Іонізуюча здатність нейтронного випромінювання носить об'ємний характер і дуже небезпечна для біологічної тканини.

Види іонізуючих випромінювань

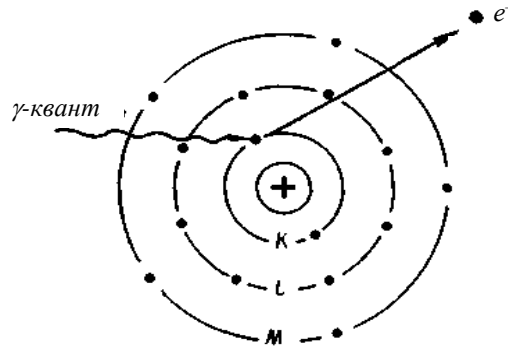
Гамма-випромінювання – це фотонне випромінювання, що виникає при зміні енергетичного стану атомних ядер або при анігіляції часток. Це випромінювання часто супроводжує α - або β -розпад радіонуклідів. Позначення гамма-кванта має вигляд γ .

Нове ядро, що утворилося в результаті розпаду, може перебувати в збудженому стані, перехід якого в основний стан супроводжується випускненням одного або декількох γ -квантів. Наприклад, β -розпад радіонукліда кобальту-60 має вигляд:



Енергія γ -квантів природних і штучних радіонуклідів лежить в інтервалі від 0.01 до 10 МеВ. Енергія взаємодії γ -квантів з речовиною може йти по трьох напрямках.

1-й напрямок. Гамма-квант зіштовхуючись із одним із внутрішніх електронів атома, передає йому всю свою енергію та зникає. Електрон, одержавши додаткову енергію, що перевищує його енергію зв'язку в атомі, розриває цей зв'язок і, маючи досить високу кінетичну енергію, вилітає з атома. Найбільш висока ймовірність такої взаємодії з електронами L -рівня в атомі. Такий електрон одержав назву – фотоелектрон, а ефект – *фотоефект*.

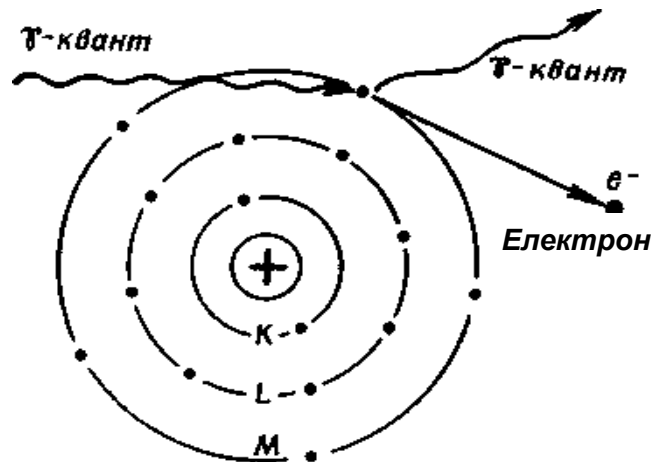


Місце, фотоелектрона що звільнилося, заповнюється електроном з більш верхнього рівня з випускненням фотона характеристичного випромінювання.

Це випромінювання невелике, поглинається середовищем поблизу атома та не викликає помітних вторинних ефектів

Сам же фотоелектрон, маючи достатню енергію, на своєму шляху буде здійснювати іонізацію середовища.

2-й напрямок. Гамма-квант зіштовхується з валентним електроном, передає йому частину своєї енергії, а інша частина енергії переноситься ослабленим енергетичним квантом, таким чином відбувається розсіювання γ -квантів. Це явище одержало назву комптонівського розсіювання, або комптон-ефекту (по імені відкривача цього явища).



У цьому випадку орбітальний електрон має невелику енергію зв'язку в атомі та стосовно високоенергетичного γ -кванту буде поводитися як вільний електрон.

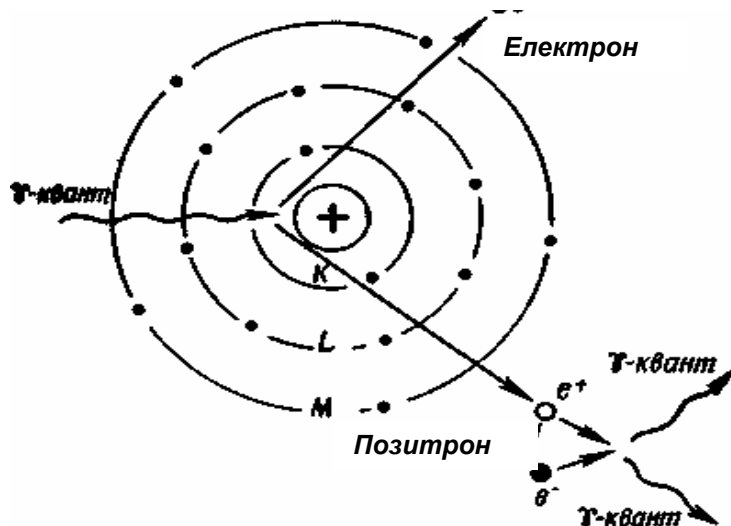
Надалі вибитий електрон буде витратити свою енергію на іонізацію середовища, а розсіяний γ -квант буде знову взаємодіяти з атомом речовини, втрачаючи поступово свою енергію. Кінцевою стадією його поглинання, як правило є фотоефект.

Таким чином, коефіцієнт комптон-ефекту характеризує ослаблення потоку γ -квантів при комптон-ефекті.

3-й напрямок – ефект утворення пари. Гамма-квант у своєму русі підійшов близько до ядра та увійшов у його поле. У цьому випадку γ -квант припиняє своє існування та перетворюється у дві рівні по величині, але протилежні по заряду частки електрон і позитрон. Цей процес може

відбуватися за умови, що γ -квант має енергію $E \geq 1,02 \text{ MeV}$ і ділиться порівно у вигляді кінетичної енергії між електроном і позитроном. А енергія спокою як позитрона, так і електрона дорівнює $0,51 \text{ MeV}$.

Електрон далі іонізує середовище, а позитрон при першому ж зіткненні з електроном анігілює з утворенням двох γ -квантів, які будуть взаємодіяти із середовищем по раніше розглянутим фото- і комптон-ефектам.



Таким чином, при проходженні в речовині γ -випромінювання його ослаблення відбувається за рахунок 3-х ефектів: фотоефекту, комптон-ефекту та ефекту утворення пари. Імовірність кожного із цих процесів залежить від енергії γ -квантів, атомного номера речовини.

Для дозиметрії особливо важлива та частина енергії γ -кванта, що передається електронами, тому що ці електрони перетворюють свою кінетичну енергію на збудження та іонізацію атомів або молекул середовища. Реєстрація цих явищ дозволяє не тільки виявити γ -випромінювання, як і будь-яке інше іонізуюче випромінювання, але і визначити його параметри (енергію, щільність потоку і т.д.). Для цієї мети використовуються спеціальні прилади.

4. Основні фізичні величини та одиниці виміру іонізуючих випромінювань

Відразу після відкриття радіоактивності виявилось, що мати з нею справу небезпечно. Але що значить – небезпечно? Фізики користуються точними поняттями і зробили спробу встановити ступінь небезпеки. Це виявилось дуже важко.

По-перше, необхідно було визначити, що розуміється під поняттям радіаційна небезпека.

По-друге, яка першопричина дії випромінювань.

З'ясувалося, що всі ці характеристики можна звести до загального знаменника – кількості поглиненої в об'єкті енергії випромінювання від іонізації, що вона в ньому здійснює. Ця величина названа дозою, що і є заходом впливу випромінювань на речовину.

Дозою випромінювання (дозою) D – називається енергія випромінювання, яка передана одиниці маси речовини в процесі взаємодії випромінювань з цією речовиною.

Так, сильно іонізуючі альфа-частки швидко поглинаються, віддаючи речовині свою енергію. Гамма-кванти іонізують слабо, витрачаючи енергію «частково». Нейтрино (теж ядерне випромінювання), мільйони якого щомиті пронизують наше тіло, зовсім не поглинаються і не роблять ніякого радіаційного ефекту. Впливаючи із логіки усе більш повного опису впливу іонізуючих випромінювань на речовину, з'явилась необхідність ввести кілька понять дози і відповідних одиниць.

Чим інтенсивніше потік випромінювань, тим швидше накопичується доза.

Одиниці виміру в дозиметрії.

З метою здійснення вимірів у дозиметрії встановлені одиниці виміру, що відповідають Міжнародній системі виміру (SI). Поряд з Міжнародною системою одиниць використовуються позасистемні одиниці активності і характеристики полів іонізуючих випромінювань.

Відповідно до цієї системи встановлені одиниці виміру наступних фізичних величин, що відносяться до характеристик джерел ІВ і до параметрів взаємодії їх із середовищем:

- активність радіонукліда в джерелі (зразку);
- поглинена доза випромінювання;
- потужність поглиненої дози випромінювання;
- експозиційна доза фотонного випромінювання;
- потужність експозиційної дози;
- еквівалентна доза випромінювання;
- потужність еквівалентної дози іонізуючого випромінювання.

Активність радіонукліда в джерелі – A , це відношення числа dN спонтанних ядерних переходів з певного ядерно-енергетичного стану радіонукліда, що проходять у даній його кількості за інтервал часу dt , до цього інтервалу:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Як одиниця виміру активності радіонуклідів прийнятий 1 бекерель (Бк). 1 Бк – один ядерний перехід за одну секунду.

Поглинена доза випромінювання – D , це відношення середньої енергії dE , переданої іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси dm речовини в цьому об'ємі:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Це поняття застосовується до будь-якого виду ІВ та будь-якої речовини, тобто це кількісна характеристика результату взаємодії випромінювання з речовиною.

Як одиниця виміру поглиненої дози випромінювання прийнятий грей – Гр. Це така доза випромінювання, при якій опроміненій речовині масою в 1 кг передається енергія ІВ в 1Дж. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Потужність поглиненої дози – \dot{D} , це відношення збільшення поглиненої дози випромінювання dD за інтервал часу dt до цього інтервалу:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Як одиниця виміру потужності поглиненої дози випромінювання прийнятий грей за секунду – Гр/с.

Експозиційна доза фотонного випромінювання – X , це відношення сумарного заряду dQ всіх іонів одного знаку, створених у повітрі, коли всі електрони та позитрони, звільнені фотонами в елементарному об'ємі повітря з масою dm , повністю зупинилися в повітрі, до маси повітря в зазначеному об'ємі:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Як одиниця виміру експозиційної дози прийнятий кулон на кілограм – Кл/кг. Позасистемною одиницею експозиційної дози фотонного випромінювання, що і нині використовується в практиці, є рентген – Р. Енергія, яка поглинається живою тканиною, буде в 770 разів більше, ніж енергія, що поглинається таким-же об'ємом повітря.

Таким чином, експозиційна доза – це доза випромінювання в повітрі, що характеризує потенційну небезпеку впливу іонізуючих випромінювань під час загального і рівномірного опромінення тіла людини.

За величиною експозиційної дози визначають поглинену дозу. Зв'язок між поглиненою та експозиційною дозами для повітря є наступним: $X = 0,877 D$.

Еквівалентна доза випромінювання – H , це кількість енергії іонізуючих випромінювань, що визначає їх біологічний вплив на організм.

Через різну іонізуючу здатність альфа-, бета- і гамма-випромінювання, навіть при одній і тій же поглиненій дозі, здійснюють не однакову уражаючу дію. Так, хоч пробіг альфа- часток складає мікрони, вони створюють таку могутню іонізацію, що здатна вивести з ладу всю молекулу цілком. Особливо небезпечно, якщо частка попадає в життєво важливу біологічну структуру.

Розходження у величині радіаційного впливу враховують через коефіцієнт якості (k) – ступінь руйнівного впливу на речовину.

Для інших видів випромінювань k залежить від їхньої природи та енергії. Так, для альфа- і протонних випромінювань (k) дорівнює 10, для нейтронів різних енергій – від 3 до 10, для важких ядер віддачі – 20.

Еквівалентна доза – це добуток поглиненої дози D випромінювання в біологічній тканині на коефіцієнт якості k цього випромінювання в даному елементі біологічної тканини, тобто $H = D k$.

Одиницею еквівалентної дози, служить зіверт ($Зв$). Вона менше поглиненої дози в k раз. $1 Зв = 1 \text{ Гр}/k$.

Таким чином, вважається, що поглинена доза від альфа- випромінювання

здійснює таку ж руйнівну дію в тілі людини, як і в 10 разів більша доза гамма-квантів або бета-частки.

Потужність еквівалентної дози іонізуючого випромінювання – \dot{H} , це відношення збільшення еквівалентної дози dH ІВ за інтервал часу dt до цього інтервалу:

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt}$$

Одиницею потужності еквівалентної дози є зіверт за секунду.

Лекція № 3

Тема лекції: „Іонізуюче випромінювання та профілактика несприятливого впливу”

План лекції

1. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини.
2. Форми променевої загибелі клітин.
3. Забезпеченням радіаційної безпеки. Реєстрація іонізуючого випромінювання.
4. Принципи захисту людини від дії іонізуючого випромінювання.

Література

1. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
3. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

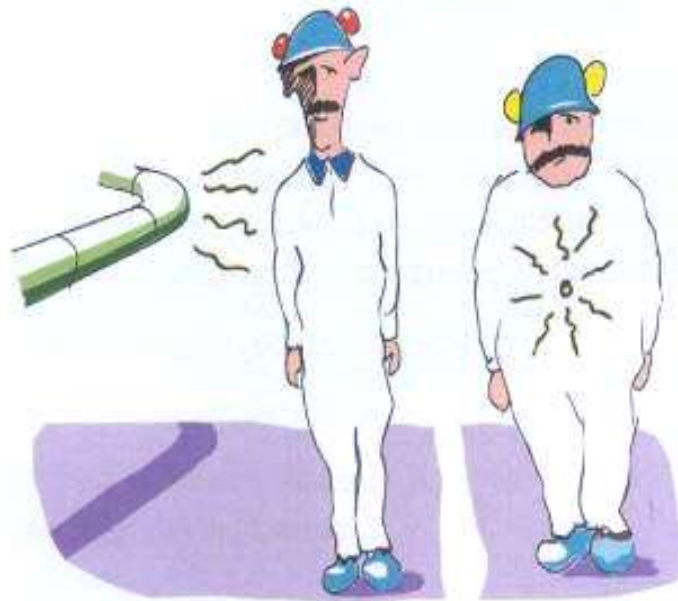
1. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини

Іонізуюче випромінювання, що впливає на живий організм викликає в ньому ланцюжок зворотних та незворотних явищ, які призводять до тих або інших біологічних наслідків, які залежать від величини впливу та умов опромінення.

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

Зовнішнє опромінення – опромінення об'єкта (наприклад, тіла людини) від джерел іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза цим об'єктом.

Внутрішнє опромінення – опромінення тіла людини та окремих її органів і тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому тілі.



Радіаційна загроза при роботі з джерелами іонізуючих випромінювань полягає в тому, що зовнішнє та внутрішнє опромінення організму надає як *прямий*, так і *опосередкований* вплив на внутрішньоклітинні структури, особливостями якого є невідчутність для людини, наявність певного прихованого (латентного) періоду прояву біологічного ефекту та ефекту сумування поглинутих доз.

Установлено, що дія радіації відбувається на атомному або молекулярному рівні незалежно від того, отримуємо ми зовнішнє опромінення, чи внутрішнє – через воду і їжу.

Основну частину маси живого організму складає вода (у людини 70-75%). Тому при опроміненні живої тканини значна частина енергії іонізуючого випромінювання поглинається, відбувається її радіоліз, при якому молекули води розщепляються на пару іонів: $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e$. Позитивний іон води відразу ж розпадається з утворенням вільного радикала OH° : $H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH^\circ$, а вибитий електрон e захоплюється іншою молекулою води, у результаті утворюється негативний іон води, який розпадається з утворенням радикала H° : $H_2O + e \rightarrow H_2O^- \rightarrow OH^- + H^\circ$.

Якщо іони H^+ і OH^- рекомбінуючи утворюють воду, то вільні радикали H° (сильний відновник) і OH° (сильний окислювач) мають високу хімічну активність. За наявності кисню утворюються також вільні радикали гідроперекису HO_2° і перекису водню $H_2O_2^\circ$, які є сильними окислювачами.

Вільні радикали води H° , OH° , HO_2° , $H_2O_2^\circ$, що утворюються в процесі радіолізу води, маючи високу хімічну активність, вступають у хімічні реакції з молекулами білка, ферментів і інших структурних елементів біологічної тканини, що призводить до зміни біохімічних процесів в організмі.

У результаті порушуються обмінні процеси, пригнічується активність ферментних систем, сповільнюється і припиняється ріст тканин, виникають нові хімічні сполуки, не властиві організму – токсини.

Порушується життєдіяльність окремих функцій або систем і організму в

цілому. Це призводить до незворотних процесів в організмі людини. Змінюється склад найважливіших тканин живого організму (зокрема, крові, кісткового і спинного мозку), починається переродження клітин.

Специфіка дії ІВ на біологічні організми полягає в тому, що ефект, який викликається ним, зумовлений не стільки кількістю поглинутої енергії, скільки формою передавання цієї енергії.

Жодний інший вид енергії (теплової, електричної та ін.), поглиненої організмом у тій же кількості, не призводить до таких змін, як іонізуюче випромінювання.

Наприклад, смертельна доза іонізуючого випромінювання, яка для ссавців дорівнює 5 Гр (500 рад), відповідає поглинутій енергії випромінювання 5 Дж/кг. Якщо цю енергію перетворити у теплову, то вона нагріла б тіло на 0,001°C. Це тепла енергія склянки гарячого чаю.

Саме іонізація і збудження атомів і молекул середовища зумовлює специфіку дії ІВ.

Основні етапи ураження клітини:

1. Радіаційні uszkodження на молекулярному рівні.
2. Порушення основних процесів обміну клітини – синтезу ДНК, РНК, білків, окислювального фосфорилування та інших в наслідок пошкодження ферментних систем.
3. Порушення життєдіяльності клітини в наслідок виникнення помилок у системі функціонального зв'язку між цитоплазмою та ядром.

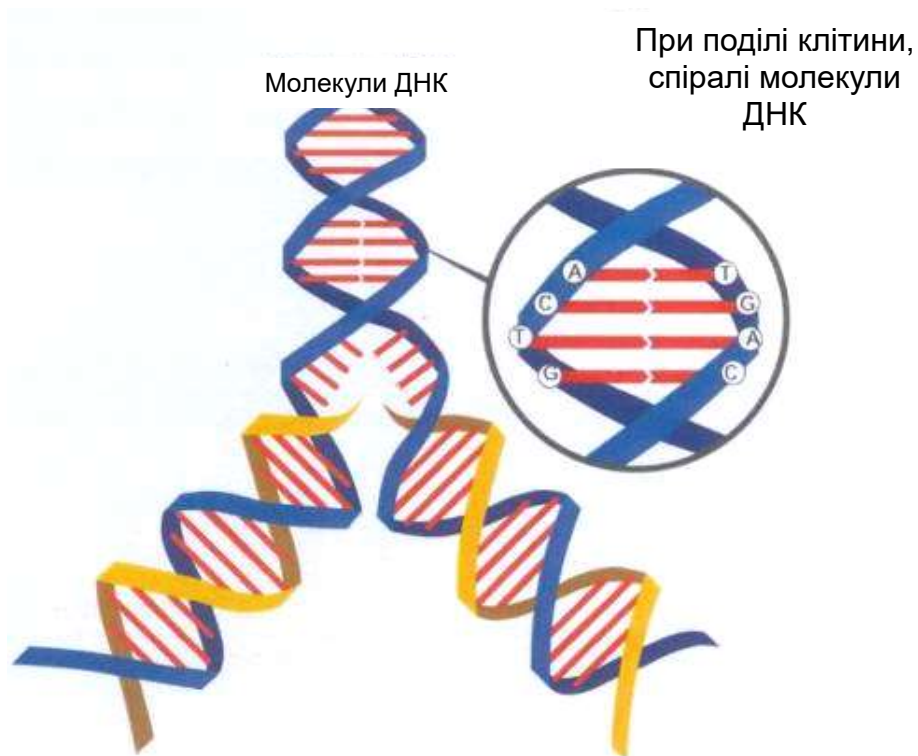
Наші тіла складаються приблизно із 10^{14} клітин. Кожна клітина містить молекулу ДНК, яка несе інформацію, потрібну для правильного утворення нових клітин.

Кожна клітина містить молекулу ДНК, яка несе інформацію, потрібну для правильного утворення нових клітин.

Чотири бази, які назвали А, С, G и Т, зв'язують обидві спіралі разом оригінальним способом. "А" в одній спіралі завжди з'єднується із "Т" в іншій спіралі, а "С" завжди з'єднується з "G".

У випадку, пошкодження однієї спіралі, друга є моделлю для відновлення.

Радіаційне опромінення може вбити клітини або змінити інформацію в ДНК так, що з часом в організмі почнуть з'являтися дефектні клітини. Зміна генетичного коду клітини організму називається *мутацією*.



Внаслідок пошкодження в результаті впливу іонізуючого випромінювання ядерних структур виникають генетичні ураження (мутації у клітинах статевих органів), що призводить до спадкових захворювань. Велике значення мають також віддалені наслідки мутацій у соматичних клітинах організму, які можуть викликати захворювання на рак та інші злоякісні новоутворення.

Бета- та гама-випромінювання викликають малу щільність іонізації, ймовірність ушкодження обох ланцюгів спіралі ДНК відносно мала. Як правило, пошкодження наноситься *тільки одному ланцюгу або одній базі*, тому це ушкодження може бути відновлено.

Альфа-випромінювання викликає високу щільність іонізації. Виникає велика ймовірність руйнування *обох ланцюгів* ДНК. Генетична модель клітини руйнується, вірогідна помилка у процесі «ремонт» клітини, що може даже призвести до смерті клітини.

2. Форми променевої загибелі клітин

Радіаційні ураження прийнято ділити на *соматичні* і *генетичні*.

До основних видів променевих уражень відносять:

- *генетичні ураження* (домінантні або рецесивні генні мутації, хромосомні та хроматидні аберації, що передаються нащадкам через статеві клітини);
- *сомато-стохастичні* ураження (скорочення тривалості життя людини та її нащадків; онкогенез – злоякісні новоутворення в різних органах та лейкоз – рак крові; тератогенний вплив – вроджені аномалії розвитку плода);
- *соматичні ураження* або детерміністичні (гостра та хронічна променева хвороба, опіки, катаракта; гострий трахеоларінгобронхіт; гіперплазія

щитовидної залози; променевиї дерматит); детерміністичні ураження виникають тільки при перевищенні дозових лімітів.

До *соматичних уражень* відносяться *гостра* і *хронічна променевиї хвороби* (ПХ), локальні променевиї ураження організму.

Гостра променевиї хвороба (ГПХ). Виникає при отриманні дози опромінення від 1 до 10 Зв (кістково-мозкова форма), 10-20 Зв (кишкова форма), 20-50 Зв (токсемічна форма), понад 50 Зв (церебральна). Розрізняють 4 ступені гострої променевиї хвороби – легкий (1-2 Зв), середньої тяжкості (2-4 Зв), тяжкий (4-6 Зв), дуже тяжкий (понад 6 Зв).

Гостра променевиї хвороба є наслідком *великої дози* опромінення більшої частини тіла *за короткий термін* і, у більшості випадків, призводить до смерті клітин організму. При перевищенні порогового значення ушкодження неминучі і вони посилюються із збільшенням дози. Індивідуальне порогове значення може бути різним.

Хронічна променевиї хвороба (пригнічення кровотворення у кістковому мозку) розвивається поступово, *триває довго*. У цьому разі опромінення систематично повторюється *дозами нижче тих, що викликають променевиї хворобу*, але в сумі набагато більшими за гранично допустимі.

При попаданні РР усередину організму, людина зазнає постійного опромінення до того часу, поки РР не виведеться з організму в результаті розпаду або фізіологічного обміну. Це опромінення дуже небезпечне, тому що викликає ураження різних органів, які довго не заживають.

Можливі чотири *шляхи проникнення РР в організм*: через *органи дихання*, через *забруднену їжу або воду (ШКТ)*, через *ушкодження і розриви на шкірі і шляхом абсорбції через здорову шкіру*.

Найбільш небезпечний перший шлях, оскільки об'єм споживаного повітря становить 20 м³ добу (7,8•10⁶ л/рік), а з їжею людина споживає тільки 2,2 л води за добу (800 л/рік).

Якщо радіонукліди не закріпилися в тканинах і органах тіла, вони через деякий час проходять через нирки і виходять з сечею.

Порівняння ризиків.

«До іонізуючого випромінювання необхідно відноситися з повагою, а не із побоюванням, а ризики, із якими воно пов'язано, необхідно співвідносити з іншими ризиками.» (МКРЗ, публікація 60, 1991).

Кожен рік 40 000 шведів захворюють на рак.

Приблизно у 30 % випадків не було можливості ідентифікувати причину.

Іонізуюче випромінювання – причина приблизно 700 випадків.

3. Забезпеченням радіаційної безпеки. Реєстрація іонізуючого випромінювання

Радіаційна безпека – це стан радіаційно-ядерних об'єктів та навколишнього середовища, що забезпечує *неперевищення* основних дозових лімітів, виключення будь якого *невиправданого* опромінення та *зменшення* доз опромінення персоналу і населення нижче за встановлені дозові ліміти

настільки, наскільки це може бути досягнуто і економічно обґрунтовано.

Радіаційний захист – це сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки.

В установах, де проводяться роботи з джерелами іонізуючого випромінювання, повинен здійснюватися *радіаційний контроль* – контроль за забезпеченням радіаційної безпеки, виконанням вимог щодо санітарних норм праці з радіонуклідами, а також отримання інформації, про опромінення персоналу та населення.

Радіаційний контроль включає контроль за радіаційною обстановкою в установі та індивідуальний контроль опромінення працівників, які безпосередньо працюють з джерелами іонізуючих випромінювань.

Контроль за радіаційною обстановкою залежно від характеру проведення робіт включає:

- контроль за потужністю дози іонізуючого випромінювання на робочому місці, у суміжних приміщеннях і на території;
- контроль за рівнем забруднення радіоактивними речовинами робочих поверхонь і обладнання, шкіряних покривів і одягу працівників, транспортних засобів, а також об'єктів зовнішнього середовища за межами установи;
- контроль за збором, видаленням і знешкодженням радіоактивних відходів.

Індивідуальний контроль опромінення працівників включає:

- контроль за дозою опромінення працівників з використанням індивідуальних вимірювачів дози або розрахункових методів;
- індивідуальний контроль за надходженням в організм і склад радіоактивних речовин в організмі при аварійних ситуаціях.

Для здійснення *радіаційного контролю*, апаратуру, що використовують для його проведення, поділяють на наступні групи:

- *індикатори*, для своєчасного виявлення радіоактивних забруднень з метою оповіщення;
- *вимірювачі дози*, для визначення індивідуальних доз опромінення.
- *прилади радіометричного аналізу*, для лабораторного вимірювання ступеня забруднення радіоактивними речовинами продуктів харчування, води, з метою встановлення режимів їх споживання;
- *вимірювачі потужності дози*, що поділяються на:
 - *засоби контролю радіоактивного забруднення*, які призначені для вимірювання ступеня забруднення різних поверхонь;
 - *засоби радіаційної розвідки*, для вимірювання рівнів потужності експозиційної дози на місцевості з метою визначення часу безпечного перебування людей у забруднених районах, меж та шляхів обходу забрудненого району.

Залежно від характеру взаємодії іонізуючого випромінювання (ІВ) з речовиною розрізняють наступні методи його реєстрації (виміру): *іонізаційний, сцинтиляційний, люмінесцентний, фотографічний, хімічний* та ін.

Іонізаційний метод – це метод виміру ІВ, заснований на вимірі

іонізуючого ефекту, що виникає в речовині чутливого об'єму іонізаційного детектора під впливом ІВ. До іонізаційних детекторів відносяться іонізаційні камери, газорозрядні лічильники та напівпровідникові детектори.

Сцинтиляційний метод – це метод виміру ІВ, заснований на реєстрації та аналізі сцинтиляцій (від лат. scintillatio – блискотіння, мерехтіння, спалах світла), що виникають у речовині чутливого об'єму сцинтиляційного детектора під впливом ІВ.

Люмінесцентний метод – це метод виміру ІВ, заснований на реєстрації та аналізі люмінесценції (від лат. Lumen, Luminis – світло, світіння без виділення тепла), що виникає в речовині під впливом ІВ.

Фотографічний метод – це оптичний метод виміру ІВ, що здійснюється за допомогою виміру зміни під впливом ІВ оптичної щільності світлочутливого матеріалу (вимірювання густини почорніння фотоплівки під дією іонізуючого випромінювання).

Хімічний метод – це метод виміру ІВ, заснований на вимірі концентрації продуктів радіаційно-хімічних реакцій у речовині хімічного детектора під впливом ІВ.

У дозиметрії найбільше застосування знайшли іонізаційний, сцинтиляційний і люмінесцентний методи дозиметрії, а з детекторів, заснованих на цих методах, переважно використовуються іонізаційні камери, газорозрядні лічильники, сцинтиляційні лічильники, напівпровідникові детектори, які, завдяки цілому ряду позитивних якостей, є перспективними. Все більше застосування знаходять люмінесцентні методи дозиметрії, а фотографічний і хімічний методи виміру ІВ застосовуються у спеціальних випадках.

4. Принципи захисту людини від дії іонізуючого випромінювання

Захист від іонізуючих випромінювань являє дуже серйозну проблему і вимагає об'єднання зусиль вчених і спеціалістів не тільки в національних рамках, а й в міжнародному масштабі (МКРЗ, НКДАР, МАГАТЕ).

Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ) була створена у кінці 20-х років. У 1955 р. Генеральна Асамблея ООН заснувала Науковий Комітет з дії атомної радіації – НКДАР для оцінки у світовому масштабі доз опромінення, їх ефекту та пов'язаного з ними ризику. У 1957 році ООН створила Міжнародне агентство з атомної енергії – МАГАТЕ, воно займається проблемами міжнародного співробітництва у галузі світового використання атомної енергії. МАГАТЕ проводить перевірки щодо рівня безпеки конкретних АЕС

Принципи захисту людини від дії іонізуючого випромінювання

Радіаційна безпека – це стан радіаційно-ядерних об'єктів та навколишнього середовища, що забезпечує *неперевищення* основних дозових лімітів, виключення будь якого *невиправданого* опромінення та *зменшення* доз опромінення персоналу і населення нижче за встановлені дозові ліміти настільки, наскільки це може бути досягнуто і економічно обґрунтовано.

Радіаційний захист – це сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-

конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки.

Радіаційна безпека при проведенні робіт із джерелами іонізуючих випромінювань ґрунтується на наступних основних *принципах*:

- по-перше – принцип виправданості;
- по-друге – принцип неперевищення;
- по-третє – принцип оптимізації.

Принцип виправданості – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності перевищувала пов'язаний з цією діяльністю сумарний збиток для суспільства чи людини.

Принцип неперевищення – принцип радіологічного захисту, який вимагає обмеження (неперевищення) величин опромінення, пов'язаних з вибраною людською діяльністю, встановлених рівнів.

Тобто принцип не перевищення полягає у тому, що доза фактична не повинна перевищувати встановлений ліміт дози.

Принцип оптимізації – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності не тільки перевищувала пов'язаний з нею збиток, але й була максимальною.

Головними *принципами* протирадіаційного захисту є:

- захист кількістю – розрахунок допустимої активності джерела випромінювання;
- захист відстанню – розрахунок допустимої відстані до джерела випромінювання;
- захист часом – розрахунок допустимого часу роботи із джерелом іонізуючого випромінювання;
- захист за допомогою екранування – розрахунок необхідної товщини захисного екрану;
- хімічні методи захисту – використання спеціальних фармацевтичних препаратів і сполук: радіопротекторів та радіоінгібіторів;
- захист культурою праці – дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни.

Для захисту від шкідливих дій речовин застосовують *радіопротектори*.

Радіопротектори – профілактичні лікарські засоби, що знижують ступінь променевого ураження, тобто це речовини, що підвищують стійкість організму до впливу іонізуючих випромінювань.

До них відносяться сполуки, що надають протипроменеву дію при уведенні за декілька хвилин, або годин до опромінення.

Нормування іонізуючих випромінювань

Допустимі рівні іонізуючого випромінювання регламентуються «*Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*», які є основним документом, що встановлює радіаційно-гігієнічні регламенти для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства взагалі.

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб які зазнають опромінювання:

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 в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В – все населення.

Радіаційна обстановка на території України

Радіаційна обстановка на території України в цілому визначається наступними джерелами іонізуючих випромінювань:

1. природною радіоактивністю, включаючи космічні випромінювання;
2. глобальним радіаційним фоном, обумовленим випробуваннями ядерної зброї, що проводилися в попередні роки;
3. експлуатацією ядерно та радіаційно небезпечних об'єктів;
4. наявністю територій, забруднених радіоактивними речовинами внаслідок діяльності об'єктів атомної енергетики і промисловості та аварій, що мали місце, на них у попередні роки.

Слід зазначити, що доза опромінення людей від природних джерел іонізуючих випромінювань не має істотно значимих величин. Відповідно до оцінки Наукового комітету з дії атомної радіації ООН сумарна доза на 1 чоловіка у середньому в усьому світі становить усього 2,4 мЗв за рік.

Таким чином, зазначені джерела в найкращому разі повинні враховуватися, але вони не представляють радіаційної небезпеки та не вимагають проведення яких-небудь захисних заходів.

Згідно рекомендації Міжнародної комісії з радіаційного захисту та Всесвітнього товариства охорони здоров'я радіаційний рівень, який відповідає природному фону:

- 0,1-0,2 мкЗв/г (10-20 мкР/г) признано вважати нормальним;
- 0,2-0,6 мкЗв/г (20-60 мкР/г) - допустимим;
- більше 0,6-1,2 мкЗв/г (60-120 мкР/г) з урахуванням ефекту екранування (послаблення) – підвищеним.

Гранично допустима потужність радіації – 0,57 мкЗв/г (57 мкР/г).

Природний радіаційний фон – природний рівень радіоактивності в даній місцевості, в основному залежить від природних факторів.

Склад природного радіаційного фону:

- космічне випромінювання (25-40%) – існує два захисних екрани: ЕМП Землі та озоновий шар;
- природна радіоактивність ґрунту (граніти), повітря, вода – природні та штучні геохімічні провінції;
- продукти харчування – близько 25%.

Таким чином, зовнішнє опромінення складає 75%, а внутрішнє 25%.

Також існують додаткові *антропогенні* джерела підвищення природного радіаційного фону для населення:

- регіони АЕС, наслідки їх аварій та ядерних вибухів;
- діагностичні рентгенівські процедури;
- телебачення.

Деякі технічні та організаційні заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки населення необхідно здійснювати лише на окремих територіях, у місцях рудопроявлення урану і виходу корінних кристалічних порід з підвищеним вмістом природних радіонуклідів, з метою виключення або зниження фактору опромінення населення таким природним радіоактивним джерелом, як радон.

На жаль, проблема радону в країні поки повністю не вирішена. Цілі галузі економіки, такі як нафтовидобування і переробка, видобування вугілля, житлове будівництво на радононебезпечних територіях, виробництво будматеріалів і мінеральних добрив по радоновому фактору, залишаються поки поза ретельним наглядом і регулюванням.

Доза опромінення людей від наслідків випробувань ядерної зброї в 50-х і початку 60-х років ХХ-го століття сьогодні становить близько 1 % від загальної фонові дози та до практично значимих факторів радіаційної небезпеки так само не відноситься.

Таким чином, перші два джерела іонізуючих випромінювань, зазначені вище, практичної значимості не представляють.

Основні проблеми радіаційної небезпеки на сьогодні тісно пов'язані з розвитком та експлуатацією об'єктів атомної енергетики і промисловості, інших форм мирного використання атомної енергії, а так само з наявністю значних територій, забруднених радіоактивними речовинами внаслідок діяльності об'єктів атомної енергетики і промисловості та аварій, що мали місце, на них у попередні роки. Всі ці об'єкти та території є потенційними радіаційно-небезпечними об'єктами.

До цих об'єктів відносяться:

а) за ознакою «об'єкти використання атомної енергії»:

- ядерні установки – споруди та комплекси з ядерними реакторами, у тому числі атомні електростанції; споруди та комплекси із промисловими, експериментальними і дослідницькими ядерними реакторами, комплекси, установки для виробництва, використання, переробки, транспортування ядерного палива і ядерних матеріалів;

- радіаційні джерела – комплекси, що не відносяться до ядерних установок, установки, апарати, устаткування та вироби, у яких утримуються радіоактивні речовини або генерується іонізуюче випромінювання;

- пункти зберігання ядерних матеріалів і радіоактивних речовин, сховища радіоактивних відходів, стаціонарні об'єкти та споруди, що не відносяться до ядерних установок і радіаційних джерел та призначені для зберігання ядерних матеріалів і радіоактивних речовин, зберігання або поховання радіоактивних відходів;

- ядерні матеріали – матеріали, що містять або здатні відтворити ядерні

речовини, що діляться;

- радіоактивні речовини – речовини, які не відносяться до ядерних матеріалів, що випускають іонізуюче випромінювання;

- радіоактивні відходи – ядерні матеріали та радіоактивні речовини, подальше використання яких не передбачається;

б) за територіально-виробничою ознакою:

- об'єкти ядерного комплексу (ядерно-паливного циклу, атомної енергетики);

- території та водойми, забруднені радіонуклідами в результаті радіаційних аварій, що мали місце, ядерних вибухів з мирними цілями, виробничою діяльністю і т.п.

Таким чином, протирадіаційний захист – сукупність нормативно-правових, проектно-конструкторських, медичних, технічних та організаційних заходів, що забезпечують радіаційну безпеку.

Радіоактивне опромінення може відбутися при надходженні ізотопів у навколишнє (робоче) середовище у вигляді газів, аерозолів, твердих і рідких радіоактивних відходів.

Основними принципами захисту від радіоактивного випромінювання є: «захист кількістю», «захист часом», «захист відстанню», «захист екраном», герметизація радіаційно-небезпечного устаткування, використання засобів індивідуального захисту і санітарної обробки, дезактивація, використання радіопротекторів.

Лекція № 4

Тема лекції: „Особливості та технології використання внутрішньоядерної енергії”

План лекції

1. Загальна характеристика та уражаючі чинники ядерної зброї.
2. Характеристика об'єктів ядерно паливного циклу.
3. Радіаційна аварія.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
3. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
4. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
5. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Вступ

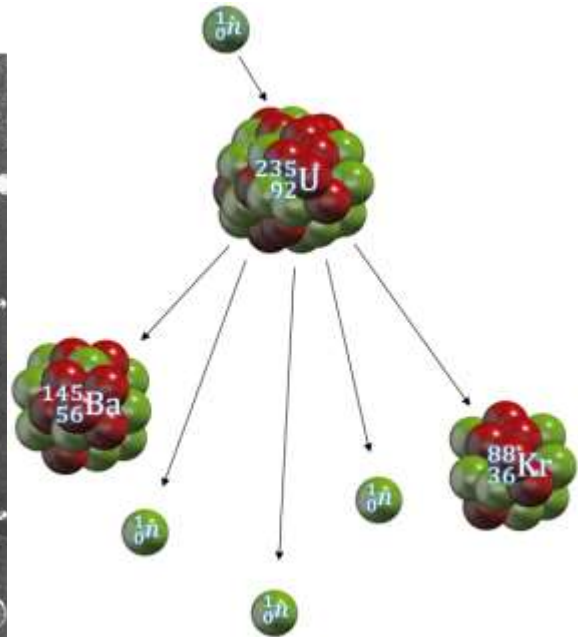
Для більшості людей енергія виглядає як заправка, розетка та батарея, проте мало хто цікавиться, що відбувається по той бік цих приладів. У давні часи людство було менш вибагливим і для повного щастя потребувало лише безпеки та комфорту. Якщо вірити відомому міфу, все це забезпечив людям Прометей: він приніс нам вогонь.

Людство потребує енергії, як повітря, а інколи й навпаки. За досить короткий проміжок часу ми стрибнули від вітряних млинів до сонячних батарей, і навіть складно уявити, що буде далі. Можливо, як у фільмах про фантастичне майбутнє, ми настільки приборкаємо енергію, що зможемо її контролювати силою думки. Або, що більш вірогідно, зробимо нові неймовірні відкриття, які змінять весь наш світ. Однак зрозуміло одне – наше життя точно буде і енергійним, і енергетичним.

Енергія дає можливість замінювати ручну працю, м'язову та тяглову силу. Навіть досі потужність машин вимірюють у кінських силах, віддаючи данину тому, що колись ми не вміли користуватися викопними або іншими джерелами енергії. Ми почали видобувати корисні копалини з землі буквально в останні 200-300 років – все, що ви бачите навколо вас, створене протягом цього часу. І важко уявити, наскільки зросли економічна спроможність та рівень комфорту.

У 1939 році Енріко Фермі разом з іншими вченими з'ясував, що атом урану, який розщеплюється нейтроном, призводить у результаті до вивільнення

величезної енергії.



Поділ ядра урану.

Це явище назвали ядерною реакцією, і дослідники відразу зрозуміли, що воно може бути використане геть не в мирних цілях. У 1942 році Фермі та його команда отримали першу контрольовану ланцюгову ядерну реакцію. Таким чином вони, по суті, створили ядерну бомбу.

9 Ланцюгова ядерна реакція

Нейтрони, що вивільнилися, у свою чергу можуть викликати поділ наступних ядер Урану.

Кількість ядер, що розщеплюються, швидко зростати відбуватиметься ланцюгова реакція.

ядер, що буде — ядерна реакція.

В 1951 році ядерний реактор вперше виробив достатню кількість електроенергії, щоб запалити ланцюг із чотирьох 100-ватних лампочок. А вже в 1954 році свою роботу почала перша у світі атомна електростанція.

1. Загальна характеристика та уражаючі чинники ядерної зброї

В основі дії звичайної вогнепальної зброї (хімічних вибухових процесів) закладено принцип надзвичайно швидкого екзотермічного хімічного перетворення речовини з виділенням енергії та утворенням стиснених газів, що здатні виконувати роботу. При цьому відбувається руйнування складної молекули вибухової речовини, тобто розпадання її на частки, але хімічні елементи, що входять до складу молекули, не змінюються. Вся енергія звичайного вибуху витрачається на утворення вибухової хвилі та розлітання уламків боєприпасу.

Енергію вибуху, що використовує внутрішню енергію атомних ядер при деяких ядерних перетвореннях називають ядерною енергією. Під час ядерного вибуху змінюється природа речовини. Енергія ядерного вибуху витрачається на утворення багатьох уражаючих факторів, як характерних для звичайного вибуху, так і таких, що властиві лише ядерному.

Ядерною зброєю називають зброю, уражаюча дія якої ґрунтується на використанні внутрішньоядерної енергії, що виділяється в наслідок вибухових ядерних реакцій поділу або синтезу ядер елементів. Тобто для того, щоб здійснити ядерний вибух необхідно визволити внутрішню ядерну енергію.

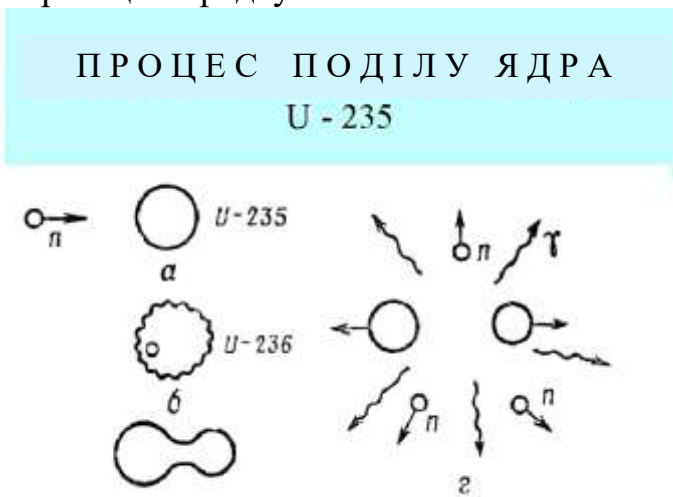
Людство винайшло два шляхи виділення цієї енергії:

- поділ важких ядер на більш легкі уламки;
- синтез легких ядер в одне більш важке.

Найбільш легко діляться ядра урану та плутонію.

Процес поділу ядра ${}_{92}^{235}\text{U}$: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{Z_1}^{A_1}\text{X}_1 + {}_{Z_2}^{A_2}\text{X}_2 + \nu {}_0^1\text{n} + \nu_2 \gamma + E_p$

Час тривання реакції порядку 10^{-14} сек.



Уламки поділу уявляють собою біля 300 радіоактивних ізотопів з масою числом від 70 до 160. При одному акті поділу виділяється, у середньому, 2,5 нейтронів з енергією порядку 1 MeV і 7,4 гама-квантів.

1 eV – це кінетична енергія електрону, яку він набуває в електричному полі з різницею потенціалів в 1 В.

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 4,45 \cdot 10^{-20} \text{ кВт} / \text{ год.}$$

В одному кг урану міститься $2,56 \cdot 10^{24}$ ядер.

Отже, при поділі 1 кг урану виділяється енергія:

$$W = 2,56 \cdot 10^{24} \cdot 200 \cdot 4 \cdot 45 \cdot 10^{-20} = 22,8 \cdot 10^6 \text{ кВт} = 2 \cdot 10^{10} \text{ кКал},$$

що еквівалентна енергії, яка утворюється під час вибуху 20 тис. т тротилу (20 кг).

Основною умовою підтримання ланцюгової ядерної реакції (ЛЯР) є умова, щоб при кожному акті поділу виділялося не менше одного нейтрону, що викликає поділ інших ядер, а для цього речовина, що ділиться повинна мати масу не менше певної величини. Мінімальна маса речовини, що ділиться, даного складу, форми і густини, в якій можливо протікання ланцюгової ядерної реакції (ЛЯР) називається критичною масою.

Критична маса – найменша кількість речовини, що ділиться, у якій можлива ланцюгова реакція, що саморозвивається. Критична маса залежить від типу речовини, що ділиться, від форми ядерного заряду, його густини та чистоти.

Всі ядерні боєприпаси можуть бути розділені на дві основні категорії:

«Ядерні» – однофазні або одноступеневі вибухові пристрої, у яких основний вихід енергії походить від ядерної реакції поділу важких ядер (урану-235 або плутонію) з утворенням більш легких елементів.

«Термоядерні» (також «водневі») – двофазні або двоступеневі вибухові пристрої, в яких послідовно розвиваються два фізичних процеси, зосереджених у різних об'ємах простору: на першій стадії основним джерелом енергії є реакція поділу важких ядер, а на другій – реакції поділу та термоядерного синтезу, використовуються в різних пропорціях залежно від типу та налаштування боєприпасів.

Ядерні заряди. За принципом переводу речовини, що ділиться, в надкритичний стан ядерні заряди поділяють на заряди гарматного і імплзійного типів.

В зарядах гарматного типу дві або більше частини речовини, що діляться, маса кожної з яких менше критичної, швидко з'єднується одна з іншою в надкритичну масу в наслідок вибуху звичайної вибухової речовини (ВР). Перевагами є те, що можливе утворення зарядів малих розмірів та висока стійкість до впливу механічних навантажень (снаряди, міни).

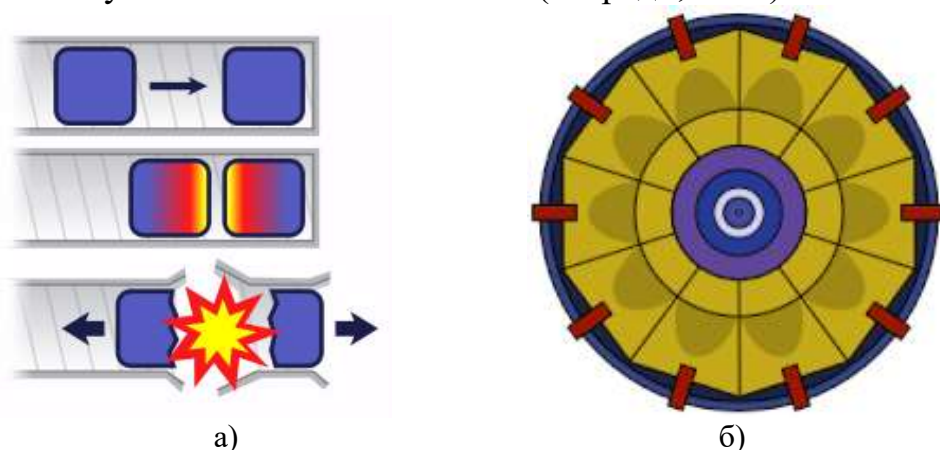
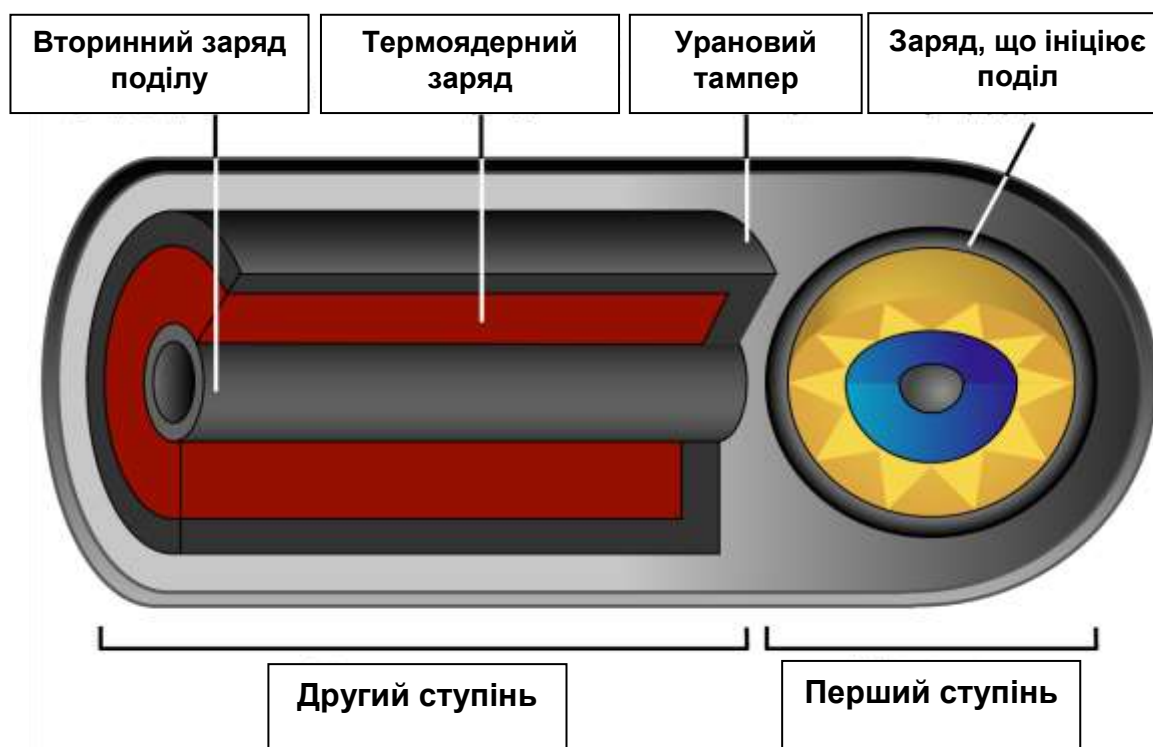


Рис. Ядерні заряди гарматного (а) і імплзійного (б) типів

В зарядах імпульзійного типу речовина, яка ділиться, що має при нормальній густині масу менше критичної, переводиться у надкритичний стан підвищенням її густини в наслідок всебічного обтискання за допомогою вибуху звичайної вибухової речовини. Принцип дії імпульзійної схеми підриву наступний, по периметру речовини, що ділиться, вибухають заряди конвенціональної (звичайної) ВР, які створюють доцентрову вибухову хвилю, яка «стискає» речовину в центрі та ініціює ланцюгову реакцію

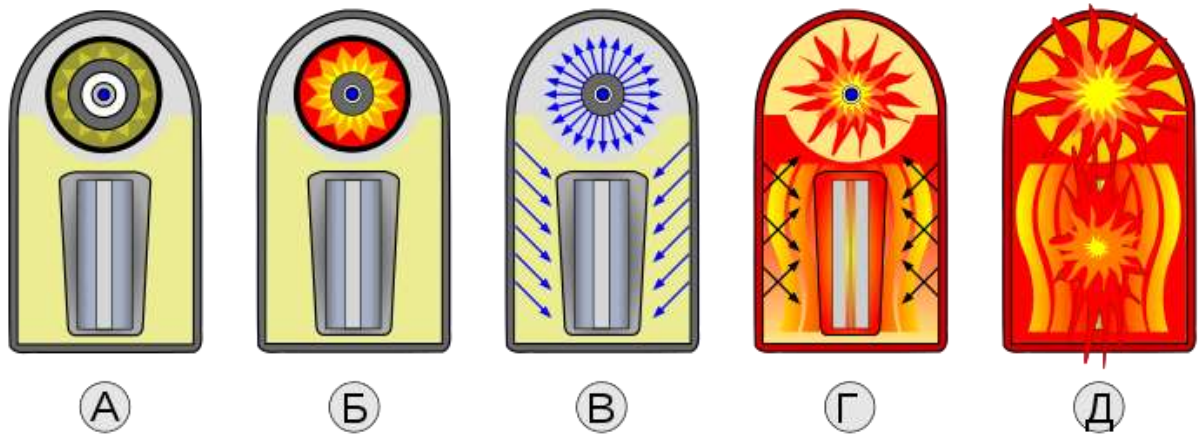
Термоядерні заряди. Основними елементами є термоядерне палне і ядерний заряд – ініціатор реакції синтезу.

Послідовність процесів, що відбуваються при вибуху водневої бомби, можна представити наступним чином. Спочатку вибухає заряд-ініціатор термоядерної реакції, який розташований всередині оболонки (невелика ядерна бомба), в результаті чого виникає нейтронний спалах і створюється висока температура, необхідна для ініціації термоядерного синтезу. Нейтрони бомбардують вкладиш з дейтериду літію – з'єднання дейтерію з літієм (використовується ізотоп літію з масовим числом 6). Літій-6 під дією нейтронів розщеплюється на гелій і тритій. Таким чином, атомний запал створює необхідні для синтезу матеріали безпосередньо в самій приведеній у дію бомбі.



Потім починається термоядерна реакція в суміші дейтерію з тритієм, температура всередині бомби стрімко росте, залучаючи в синтез все більшу і більшу кількість водню. При подальшому підвищенні температури може початися реакція між ядрами дейтерію, характерна для водневої бомби. Всі реакції, звичайно, відбуваються настільки швидко, що сприймаються як миттєві.

Послідовність процесів, що відбуваються у боєприпасі при вибуху водневої бомби приведено на рисунку.



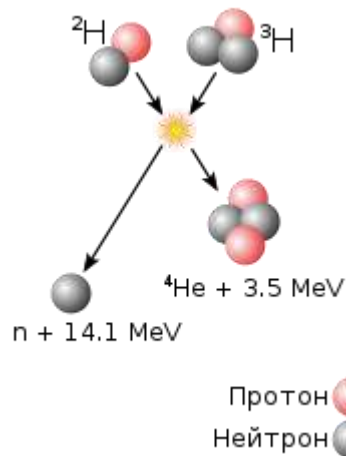
А Бомголовка перед вибухом: перший ступінь зверху, другий ступінь знизу. Обидва компоненти водневої (термоядерної) бомби.

Б Вибухова речовина стискає плутонієву кулю першого ступеня й переводить її у надкритичний стан. Розпочинається ланцюгова реакція розщеплення.

В Під час розщеплення в першому ступені утворюється потужний імпульс [рентгенівського випромінювання](#), який поширюється вздовж внутрішньої частини оболонки, через наповнювач із [пінополістиролу](#).

Г Другий ступінь нагрівається під дією рентгенівського випромінювання й унаслідок абляції (випаровування) стискається. Плутонієвий стержень всередині другого ступеня також переходить у надкритичний стан, ініціюючи ланцюгову реакцію, та виділяючи велику кількість тепла.

Д У стиснутому та розігрітому дейтериді літію-6 розпочинається реакція синтезу, нейтронний потік, що випромінюється, є ініціатором реакції розщеплення [тамперу](#).



Реакція синтезу дейтерію і тритію.

Завдяки унікальній конструкції і описаному механізму дії, зброю такого типу можна зробити якої завгодно потужності. Вона набагато дешевша за атомну бомбу тієї ж потужності.

Для характеристики енергії вибуху ядерного заряду часто використовують поняття “потужність”, яку прийнято кількісно оцінювати тротиловим еквівалентом.

Тротиловий еквівалент ядерних боєприпасів – це маса тротилу, енергія вибуху якого дорівнює енергії, яка виділяється під час повітряного вибуху ЯЗ. Він виражається у тонах. За потужністю вибуху ядерні боєприпаси (ЯБ) умовно поділяються на:

над малі $q < 1$ [кт]; малі $1 \leq q < 10$ [кт];

середні $10 \leq q < 100$ [кт]; великі $100 \leq q < 1000$ [кт];
над великі $q \geq 1000$ [кт].

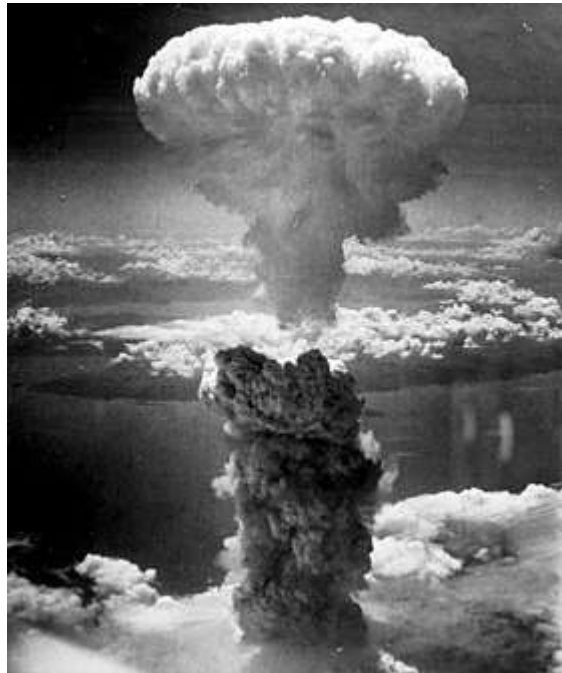
Види ядерних вибухів.

У зв'язку з тим, що оточуюче середовище впливає на характер фізичних процесів, які супроводжують вибух, ядерні вибухи поділяють на:

- *космічний*: понад 100 км:
 - магнітосферний – вибух в межах магнітосфери: на висоті від 400-500 км до магнітопаузи;
 - заатмосферний – вибух в екзосфері: на висоті від 400-800 км до 100 тис. км;
- *атмосферний*:
 - висотний: здійснений на висоті понад 10-15 км, але частіше вважається на висотах 40-100 км, коли ударна хвиля майже не утворюється;
 - високий повітряний: коли форма спалаху близька до кулястої (на висоті понад 1 км);
 - низький повітряний: вогняна куля в ході збільшення могла б торкнутися землі, але натомість відкидається вгору відбитою від поверхні ударною хвилею та прибирає усічену форму (на висоті від 350 до 1000 м);
 - *наземний* – при цьому вибуху спалах торкається землі та прибирає вигляд півкулі (від глибини 30 м до висоти 350 м):
 - наземний з утворенням удавленої вирви без значного викиду ґрунту: нижче (нижче 50 м);
 - наземний контактний: коли ґрунт з вирви викидається і потрапляє у світну область (від висоти 30 м до глибини 30 м);
 - *підземний* – напівсферична світна область не утворюється і повітряна ударна хвиля послаблюється із збільшенням глибини:
 - на викид (викид ґрунту та кратер в рази більший, ніж при наземному вибуху) малозаглиблений – глибина 30-350 м;
 - вибух розпушування – в глибині утворюється порожнина або стовп обвалення, а на поверхні кільцеподібне вивалювання ґрунту (пагорб видуття), в центрі якого провальна вирва;
 - камуфлетний (без руйнування ґрунту на поверхні) – в глибині залишається замкнута (котлова) порожнина або стовп обвалення; якщо стовп обвалення сягає поверхні, то утворюється провальна вирва без пагорба видуття (глибше 700-1000 м);
 - *надводний* – на висоті над водою до 350 м;
 - *надводний контактний* – відбувається випаровування води і утворюється підводна ударна хвиля;
- *підводний*:
 - на невеликій глибині: вода випаровується до поверхні та стовп води (вибуховий султан) не утворюється, 90% радіоактивних забруднень йде з хмарою, 10% залишається у воді (глибина менше 30 м);
 - з утворенням вибухового султана та хмари султана: глибина 25-220 м;
 - *глибоководний*: коли утворюється пухир та виходить на поверхню з

утворенням султана, але без хмари, 90% радіоактивних продуктів залишається у воді в районі вибуху і не більше 10% виходить з бризками базисної хвилі, глибше 250 м.

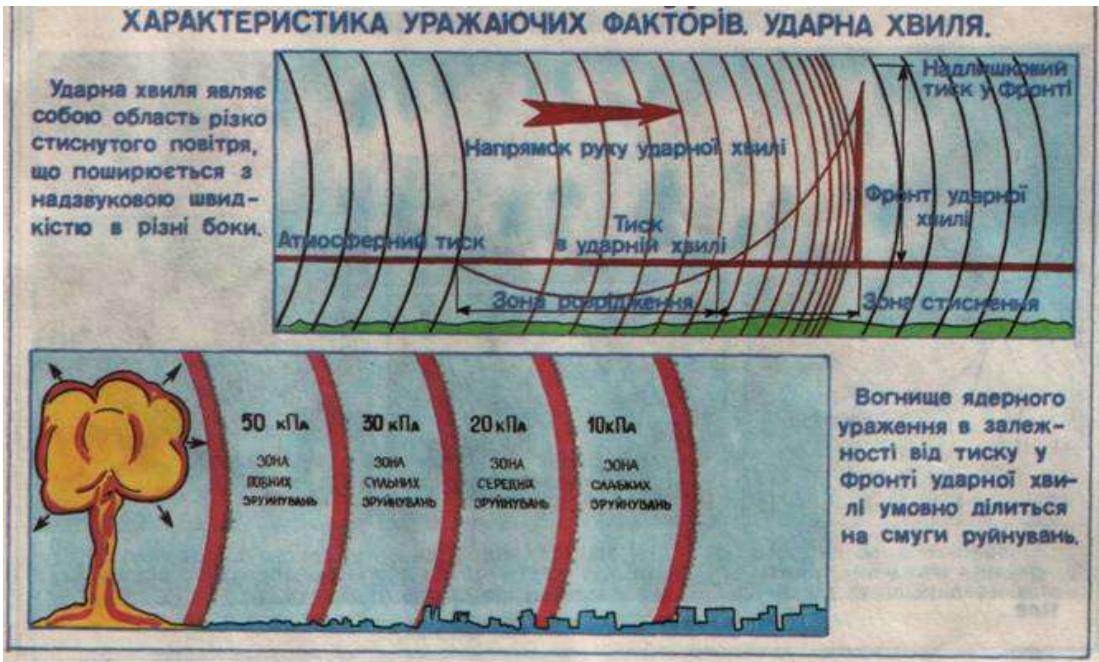
Під час вибуху ядерне паливо відразу перетворюється у плазму гамма-випромінювання і нейтрони, які випускаються при поділі ядра, частково поглинаються оболонкою боєприпасу, частково виходять за її межі та утворюють могутній потік гамма-випромінювання і нейтронів – який називають *проникаючою радіацією* (ПР). Високотемпературна плазма є джерелом електромагнітних випромінювань (ЕМВ), основна частка яких припадає на м'яке рентгенівське випромінювання. Під час вибуху у атмосфері гамма-випромінювання проникаючої радіації з зони реакції розповсюджуються в оточуюче середовище на відстані 6-8 км, іонізує оточуюче середовище, утворюючи потік швидких електронів, які летять переважно у радіальному напрямку. У результаті цього на деякий час у просторі виникає поділ позитивних і негативних зарядів, що призводить до виникнення електричних і магнітних полів (ЕМІ).



Таким чином, в наслідок ядерного вибуху у щільних шарах атмосфери виникають наступні уражаючі чинники:

- ударна хвиля, на яку припадає до 50% запальної енергії вибуху;
- світлове випромінювання (35% загальної енергії);
- проникаюча радіація (5% енергії);
- електромагнітне випромінювання (електромагнітний імпульс (ЕМІ));
- радіоактивне зараження місцевості (РЗМ) (10% енергії).

Повітряна ударна хвиля. Ударною хвилею називається різке стиснення середовища, що розповсюджується з надзвуковою швидкістю. Ударні хвилі при ЯВ можуть виникати у повітрі, ґрунті та воді. Повітряна ударна хвиля – різке стиснення повітря, що розповсюджується з надзвуковою швидкістю.

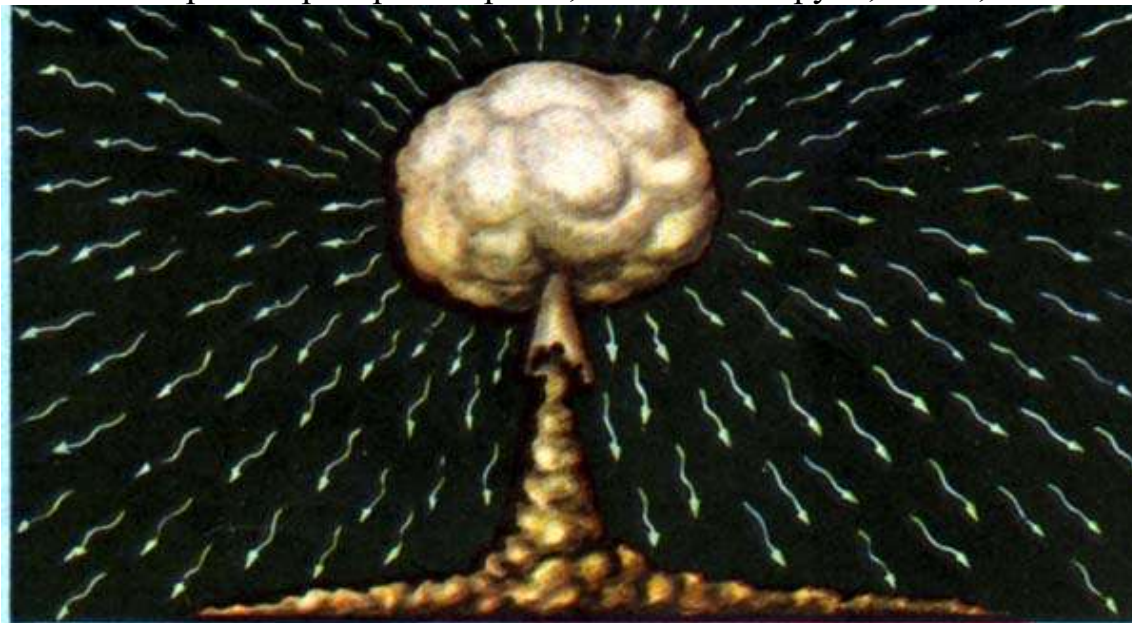


Для захисту від ударної хвилі необхідно використовувати міцні природні екрани (захисні властивості місцевості), заглиблення і герметичні (захисні) споруди, які стійкі до ударних навантажень.

Світлове випромінювання (СВ). Світлове випромінювання являє собою електромагнітне випромінювання, спектр якого охоплює ультрафіолетову (УФ), видиму та інфрачервону області спектра ($\lambda = 0,01 \dots 1000$ мкм, УФ – 13%, видима – 45%, інфрачервона – 42%). Джерелом світлового випромінювання є область світіння ядерного вибуху, яка складається, у випадку повітряного вибуху, з розжарених газів повітря та парів боєприпасів. Швидкість розповсюдження СВ – 300 000 км/с. СВ викликає опіки шкіряного покриву і як наслідок, термічні ураження.



Проникаюча радіація (ПР). ПР – потік гама променів та нейтронів, що випускаються з зони ядерної реакції, області світіння та хмари вибуху. Проникаючими ці випромінювання названі тому, що на відміну від СВ вони проникають і через непрозорі матеріали, включаючи ґрунт, бетон, сталь.



На частку ПР приходить 5% енергії ЯВ, а у нейтронних – 25%. Час дії на наземні об'єкти 10...25 с, відстань 1,5...6 км від центра вибуху. Зі збільшенням висоти вибуху радіус дії ПР збільшується до сотень кілометрів.

Найбільш ефективним способом захисту людей та електронної апаратури від ПР ядерного вибуху є сховати їх у захисних спорудах, які володіють необхідним ступенем, або коефіцієнтом послаблення гама та нейтронного випромінювання. Цей коефіцієнт залежить від матеріалу, товщини перекриття та розташування захисної споруди (вбудована, чи розташована окремо).

Шари половинного послаблення

Матеріал	γ - випромінювання (см)	n - випромінювання (см)
Свинець	2	12
Сталь	3	11,5
Дерево	33	9,7
Ґрунт	12	14,4
Бетон	10	12
Кладка цегляна	15	10
Поліетилен	24	2,7
Склопластик	12	4
Лід	26	3

У таблиці приведено шари різних матеріалів у сантиметрах, які послаблюють гама та нейтронне випромінювання в два рази, або як ще говорять шари половинного послаблення.

Якщо проаналізувати дані, що приведені у таблиці, можна зробити висновок, що з метою захисту від рентгенівського та гамма-випромінювання необхідно застосовувати матеріали з великою атомною масою та з високою щільністю (свинець, сталь). Для захисту від нейтронного випромінювання використовують матеріали, що містять водень (вода, поліетилен, парафін), а

також бор, берилій, кадмій, графіт. Враховуючи те, що нейтронні потоки супроводжуються гамма-випромінюванням, необхідно використовувати комбінований захист у вигляді шарів екранів з важких та легких матеріалів (наприклад – свинець-поліетилен).

Електромагнітне випромінювання. Ядерні вибухи в атмосфері та в більш високих шарах призводять до виникнення потужних електромагнітних полів з довжинами хвиль від 1 до 1000 м та більше. Ці поля в зв'язку з їх коротким часом існування прийнято називати електромагнітним імпульсом (ЕМІ). Уражаюча дія ЕМІ обумовлена виникненням напруг і струмів в провідниках різної протяжності, розташованих в повітрі, землі та техніці, що призводить до пошкодження та виведення із ладу радіоелектронної апаратури.

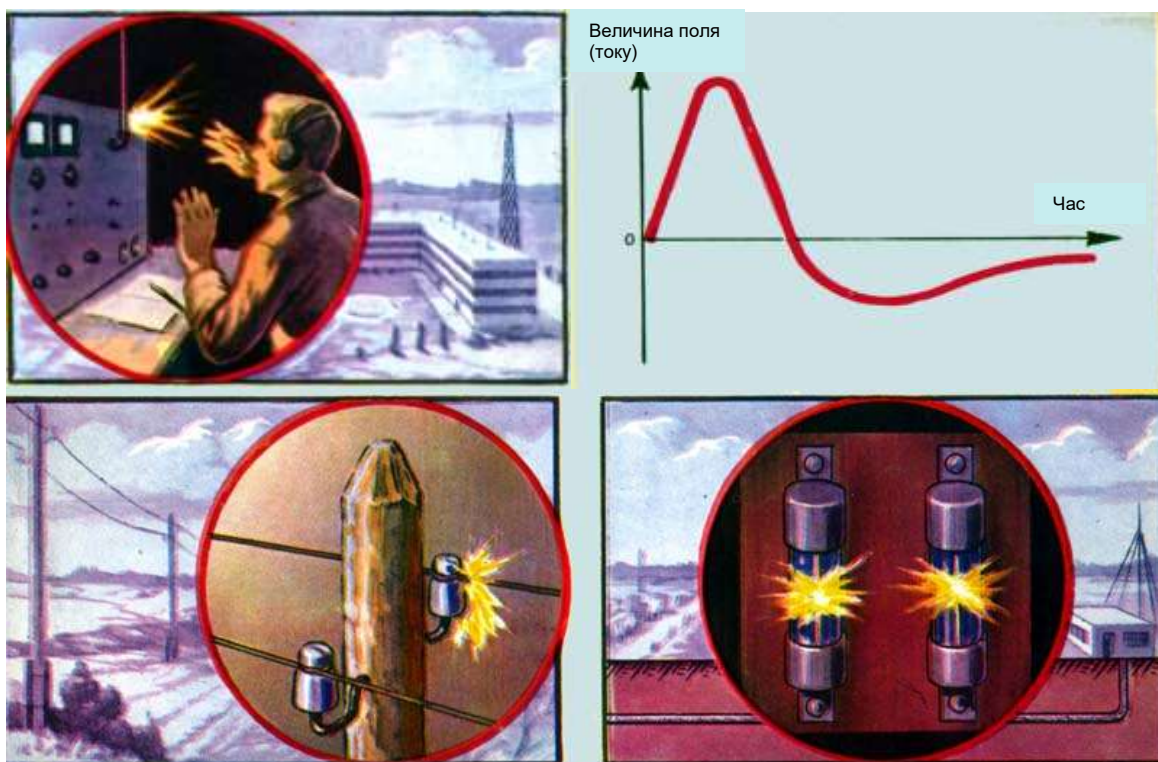


Рис. Уражаюча дія ЕМІ виявляється передусім по відношенню до радіоелектронної та електротехнічної апаратури

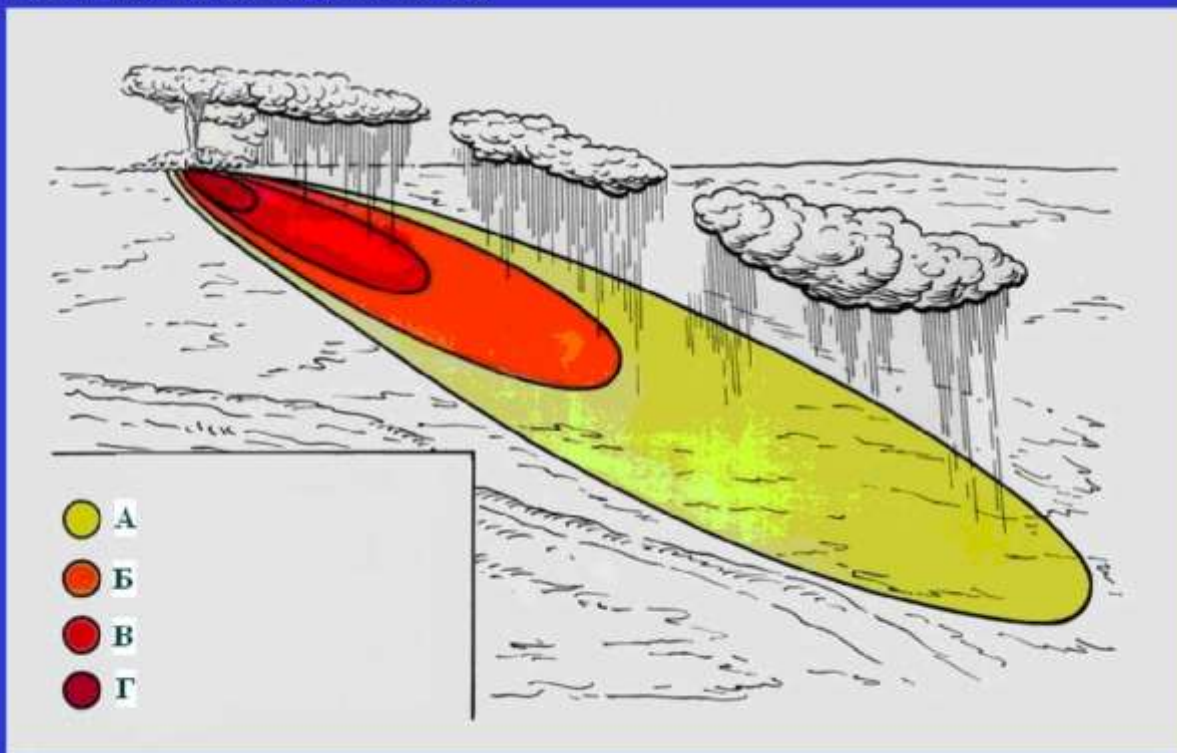
Радіоактивне зараження місцевості, приземного шару атмосфери, повітряного простору, води та інших об'єктів виникає в результаті випадіння радіоактивних речовин з хмари ядерного вибуху.

Всі види ядерних пристроїв, що вибухають у повітрі, є джерелами радіоактивних опадів, але місце та час випадання, а відповідно, і ступінь небезпеки будуть залежати від висоти вибуху та метеорологічних умов.

Особливості цього фактору полягає в тому, що радіоактивному зараженню місцевості піддаються дуже великі території і його дія триває довго (місяці та навіть роки).

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ

Радіоактивне забруднення місцевості – це зараження місцевості, приземного слою атмосфери, води та інших об'єктів радіоактивними речовинами, що випадають з радіоактивної хмари ядерного вибуху.



Існують три джерела радіаційного зараження:

- продукти поділу ядерного заряду;
- радіація, наведена нейтронами;
- частина ядерного заряду, що не прореагувала.

Розрізняють два види радіоактивного зараження:

- зараження в районі вибуху (головним чином, наведена радіація);
- зараження у напрямку руху радіоактивної хмари.

На радіоактивно зараженій місцевості визначальним є зовнішнє опромінення.

Спад активності на радіоактивно зараженій місцевості відбувається за правилом Вейя-Вігнера (правило сімок): при збільшенні часу в 7 разів рівні радіації зменшуються у 10 разів. Так, якщо через годину після вибуху потужність дози 100 Р/г, то через 7 годин буде 10 Р/г, а через 49 годин – 1 Р/г.

Особливо швидко рівень радіації знижується в перші години і дні після вибуху, а потім залишаються речовини з великим періодом напіврозпаду і зниження рівня радіації відбувається дуже повільно.

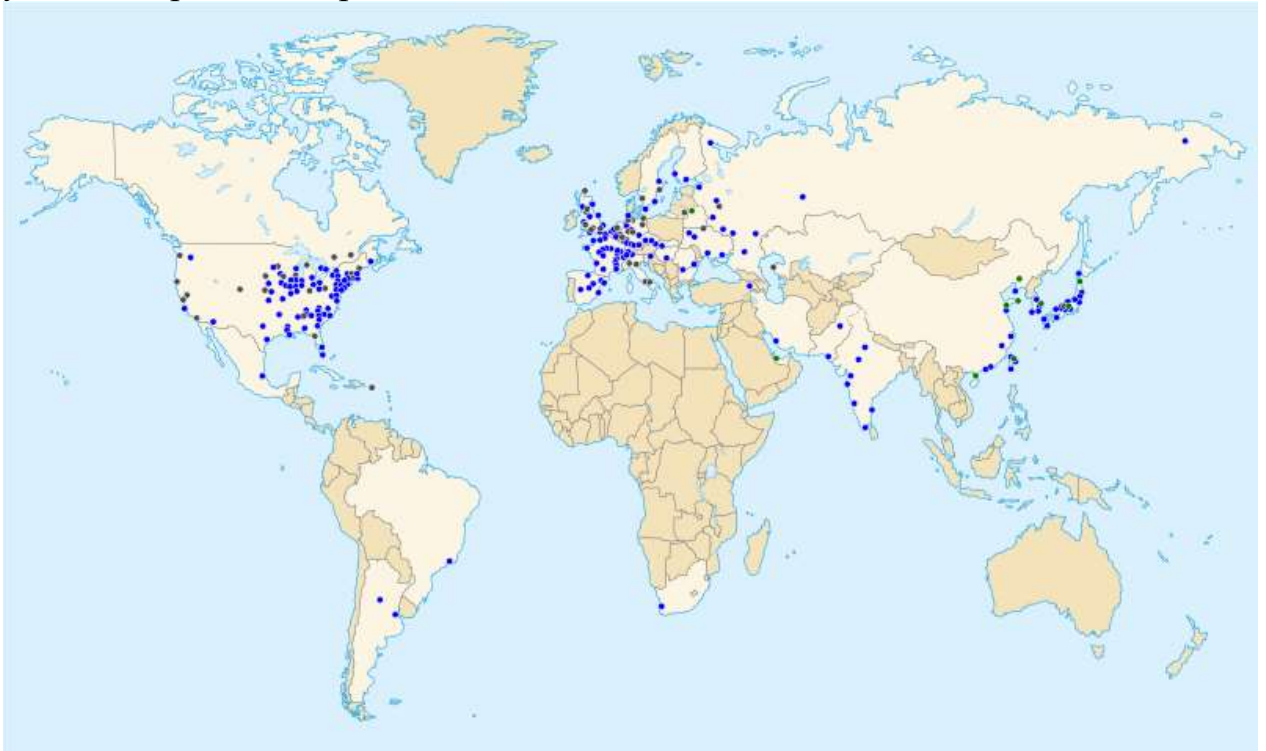
Доза опромінення (гама-променями) незахищених людей буде залежати від рівня радіації, часу перебування на зараженій території, швидкості спаду рівня радіації.

2. Характеристика об'єктів ядерно паливного циклу

Однією з найважливіших галузей використання внутрішньоядерної енергії є *атомна енергетика*.

Сьогодні вже ні в кого не викликає сумніву значення атомної енергетики у світовому енергетичному балансі.

Нині у світі експлуатується більше 450 ядерних енергетичних реакторів (загальною потужністю приблизно 400 ГВт), на яких виробляється понад 20% усієї електричної енергії.



За кількістю ядерних реакторів Україна посідає десяте місце в світі та п'яте у Європі.

В Україні діють 4 атомних електростанцій :

Запорізька АЕС (6 реакторів),

Південноукраїнська АЕС (3),

Рівненська АЕС (4),

Хмельницька АЕС (2)

на них працює 15 реакторів, які виробляють близько 60 відсотків із загальної електроенергії України.

Аварія на Чорнобильській АЕС в 1986 році деякою мірою викликала недовіру суспільних верств населення до атомної енергетики в цілому, у результаті чого відбулося зниження темпів введення в експлуатацію нових АЕС (Кримська, Чигиринська, Одеська, Харківська та ін.).

Атомна електростанція (АЕС) – комплекс технічних споруд, що призначені для вироблення електричної енергії, в якій атомна (ядерна) енергія перетворюється на електричну. Генератором енергії на АЕС є атомний реактор. Тепло, яке виділяється в реакторі внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер деяких важких елементів, потім так само як і на звичайних теплових

електростанціях (ТЕС), перетвориться на електроенергію. На відміну від теплоелектростанцій, що працюють на органічному паливі, АЕС працює на ядерному паливі (переважно ^{232}U , ^{235}U , ^{239}Pu).

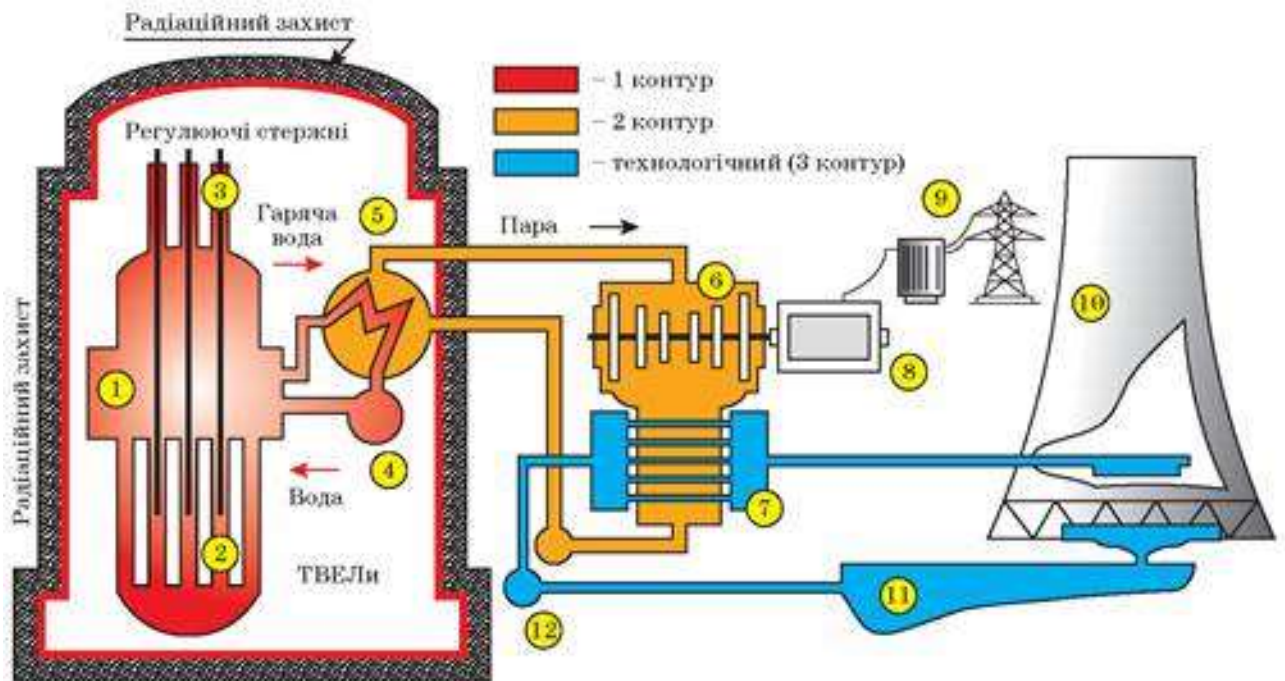


Схема атомної електростанції:

1 - реактор; 2 - активна зона реактора; 3 - приводи стержнів управління; 4 - головний циркуляційний насос; 5 - парогенератор; 6 - турбіна; 7 - конденсатор; 8 - генератор; 9 - трансформатор; 10 - градирня; 11 - ставок-охолоджувач; 12 - насос.

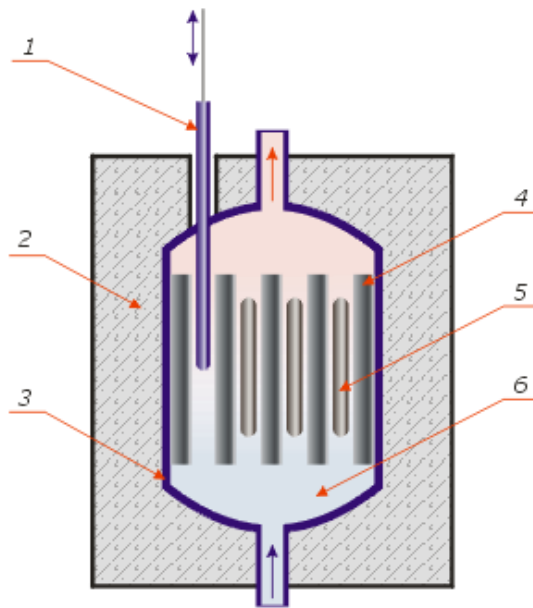
Ядерний реактор – пристрій, у якому здійснюється керована ланцюгова реакція поділу ядер у заданих умовах.

Ядерний реактор є частиною атомної електростанції. В атомній електростанції ядерний реактор відіграє функцію постачальника тепла для нагрівання води та перетворення її на водяну пару.

Гетерогенний реактор – ядерний реактор, у якому паливо розміщено в сповільнювачі у вигляді тепловидільних елементів тої чи іншої форми.

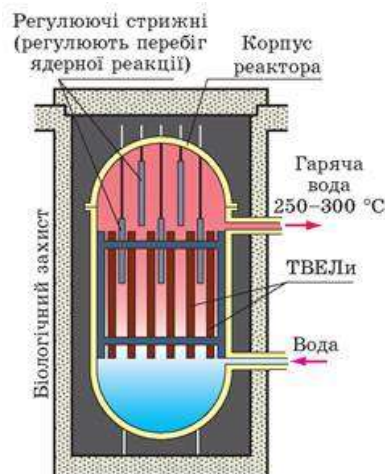
В гетерогенних реакторах, які працюють на природному урані, застосовують як уповільнювач графіт, важку воду, берилій та його окис, а при роботі на збагаченому урані або плутонії – також важку воду.

Протилежний термін – гомогенний реактор, в якому паливо та сповільнювач нейтронів перемішані. Більшість ядерних ректорів гетерогенні.



Схематична конструкція гетерогенного реактора на теплових нейтронах
 1 - Регулюючий стрижень; 2 - Радіаційний захист; 3 - Теплоізоляція;
 4 - Сповільнювач; 5 - Ядерне паливо; 6 - Теплоносіє.

Активна зона ядерного реактора – простір, у якому в результаті ланцюгової реакції поділу відбувається виділення внутрішньоядерної енергії. Активна зона гетерогенного реактора являє собою структуру зі стрижнів ядерного палива. Вільний простір в основному заповнено сповільнювачем. У реакторах на швидких нейтронах сповільнювач відсутній. Активна зона гомогенного ядерного реактора заповнена однорідною сумішшю ядерного палива і сповільнювача.



Основним конструкційним елементом активної зони реактора є тепловіділяючий елемент (ТВЕЛ). У ньому безпосередньо розміщується паливо (звичайно у твердому стані), відбувається виділення основної частини теплової енергії та передача її теплоносію.

Найбільше поширення в енергетичних реакторах одержали стрижневі ТВЕЛ. Стрижневими ТВЕЛами постачені і серійні реактори, що застосовуються на українських АЕС типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 і РБМК-1000.

Стрижневий ТВЕЛ із твердим ядерним паливом складається з наступних основних частин: сердечника – ядерного палива, оболонки і кінцевих заглушок. Сердечник є основною частиною ТВЕЛа і звичайно являє собою набір паливних таблеток. Висота однієї таблетки 10-30 мм.



ТВЕЛ реактору РБМК: 1 - заглушка; 2 - таблетки діоксиду урану; 3 - оболонка із цирконію; 4 - пружина; 5 - втулка; 6 - накінецьник.

числа ТВЕЛів. Наприклад, у реакторі ВВЕР-440 паливне завантаження складають 44000 ТВЕЛів, у ВВЕР-1000 – 48000, у РБМК-1000 – 61000. Для забезпечення необхідної твердості стрижневих ТВЕЛів, а також зручності монтажу, перевантаження, транспортування та організації спрямованого потоку теплоносія для ефективного охолодження ТВЕЛів їх комбінують групами. Ці групи складають конструкцію – тепловиділяючу зборку (ТВЗ).



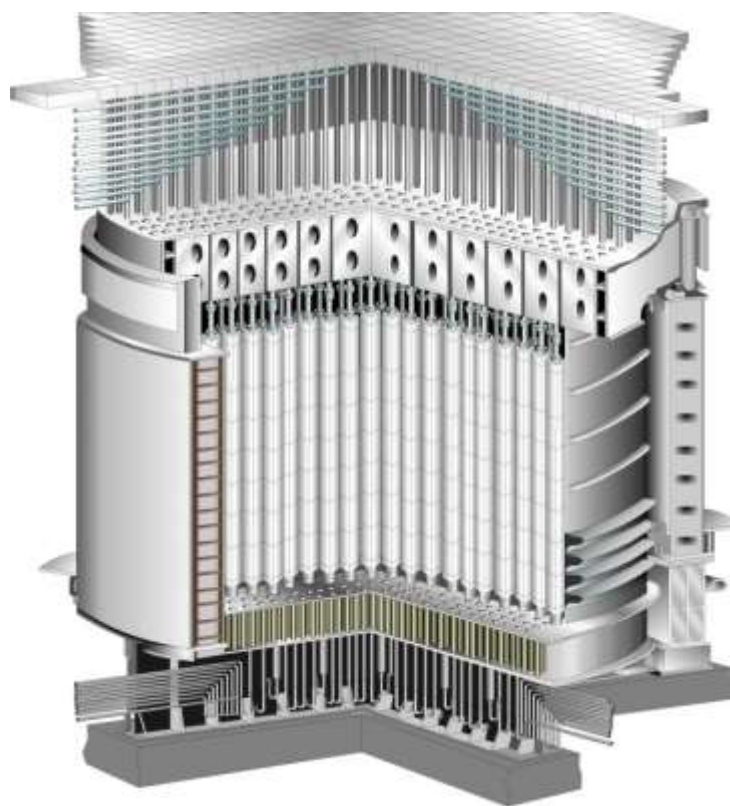
Тепловиділяюча зборка або касета встановлюється в технологічний канал ядерного реактора, у якому здійснюються підведення, відвід і організація спрямованого потоку теплоносія, що омиває ТВЕЛі, забезпечується можливість завантаження і вивантаження ТВЗ чи касет. Технологічний канал, у якому відсутня розділова труба між сповільнювачем і теплоносієм (наприклад, у водо-водяних реакторах), називають *безтрубним каналом*. У цьому випадку окремі ТВЗ чи касети встановлюються безпосередньо у сповільнювач, що заповнює активну зону.

При несумісності матеріалів сповільнювача і теплоносія (наприклад, при використанні графітового сповільнювача і водяного теплоносія) у технологічному каналі маєтся розділова труба між сповільнювачем і теплоносієм, навантажена внутрішнім тиском теплоносія. Канали реактора,

утворені розділовими трубами тиску і конструкційно зв'язані з корпусом реактора нероз'ємними з'єднаннями, називають *трубними технологічними каналами* реактора. Такі канали застосовуються в реакторах каналної конструкції, наприклад у реакторах типу РБМК (Чорнобильська АЕС).

Циркуляційний контур теплоносія – пристрій, що служить для відводу тепла з активної зони енергетичного реактора (перший контур реактора). Як теплоносії застосовуються: вода, газ, легкоплавкі метали.

Відбивач нейтронів – шар матеріалу, що не ділиться, чи конструкція, що оточує активну зону реактора для зменшення витоку нейтронів з активної зони, де відбувається ланцюгова реакція розподілу. Нейтрони, що досягають відбивача, частково повертаються в активну зону. Основна вимога до матеріалу відбивача – малий перетин захоплення нейтронів і великий перетин розсіювання їх. Гарними матеріалами для відбивача є: графіт, берилій, важка вода.



Реактор типу РБМК (Чорнобильська АЕС)

Система керування і захисту (СКЗ) – сукупність пристроїв, призначених для забезпечення надійного контролю потужності (інтенсивності ланцюгової реакції), керування та аварійного гасіння ланцюгової реакції.

Біологічний захист – це пристрій, що знижує інтенсивність випромінювання до безпечно для персоналу рівня при роботі ядерного реактора. Конструкція і матеріали захисту залежать від цільового призначення реактора, його типу, потужності. У стаціонарних реакторах, де обмеження ваги і розмірів захисту не має істотного значення, використовуються спеціальні сорти бетону з наповнювачами у виді залізної або барієвої руди. Для захисту реакторів транспортного призначення використовують комбінований захист зі

спеціальних матеріалів, що знижують масу і габарити біологічного захисту (карбід бору, бораль, сталь, гібриди деяких металів).

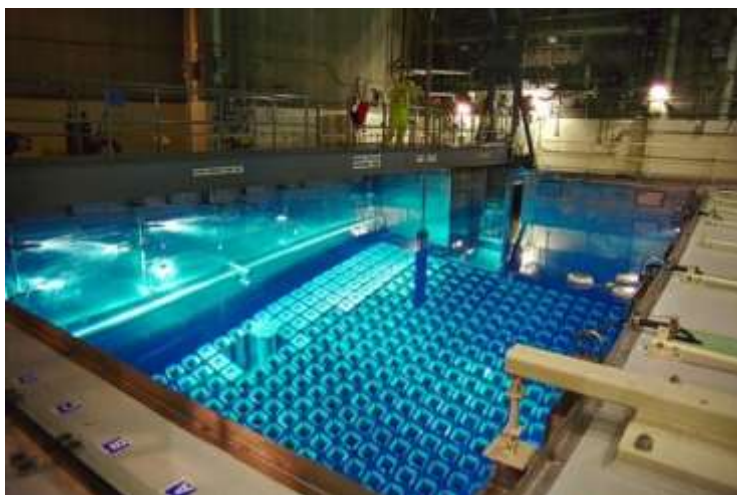
Як *ядерне паливо* використовують радіоактивні речовини, що можуть підтримувати ланцюгову реакцію поділу ядер. До них відносяться ^{233}U , ^{235}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu або речовини, що містять кожний із перерахованих ізотопів. Найбільш широко використовуються ^{233}U , ^{235}U і ^{239}Pu .

У природі зустрічається тільки один вид ядерного палива – ^{235}U .



Через витрату ядерного палива та утворення в процесі роботи реактора продуктів поділу знижується реактивність системи. Коли запас реактивності зменшиться до значення, близького до нуля, реактор зупиняють для перевантаження палива.

Відпрацьоване паливо має дуже високу активність. Для того щоб ця активність трохи знизилася за рахунок розпаду продуктів поділу, що володіють короткими періодами напіврозпаду, воно зберігається якийсь час на АЕС у басейнах витримки. Потім його відправляють у спеціальних транспортних контейнерах або в сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП), або на заводи по переробці відпрацьованого палива для витягу сировини, що залишилися, і виділення деяких найбільш коштовних продуктів поділу.



Розглянемо *класифікацію ядерних енергетичних установок*

Як двигун на атомних електростанціях поки застосовують тільки парові турбіни. Турбіна знаходиться на одному валу з генератором, утворюючи єдиний комплекс, який називають турбоагрегатом. У ньому механічна енергія обертання перетворюється в електричну енергію. Станції такого типу і називають *конденсаційними*.

У системі будь-якої *ядерної енергетичної установки (ЯЕУ)* теплоносій проходить через реактор, відводить теплоту і віддає її робочому тілу. При цьому він активується і його протічки можуть створити серйозну радіаційну небезпеку для обслуговуючого персоналу. Тому циркуляційний контур теплоносія є замкнутим.

Основна класифікація ЯЕУ проводиться за числом контурів у ній.

Всі ЯЕУ за числом контурів поділяють на: одноконтурні, двоконтурні, не цілком двоконтурні та триконтурні.

Розглянемо особливості цих ядерних енергетичних установок.

В одноконтурних ЯЕУ контури теплоносія і робочого тіла збігаються. У реакторі відбувається паротворення чи нагрів газу, далі пара (газ) направляється в турбіну, де, розширюючись, робить роботу, що в електрогенераторі перетворюється в електроенергію. Після конденсації усього пару в конденсаторі конденсат або газ насосом через регенеративні теплообмінники подається в реактор. За інших рівних умов одноконтурні ЯЕУ виходять найбільш економічними і простими по складу устаткування. Однак у

процесі її роботи на устаткуванні з'являються радіоактивні відкладення, що істотно ускладнює експлуатацію ЯЕУ, вимагає розвинутого біологічного захисту.

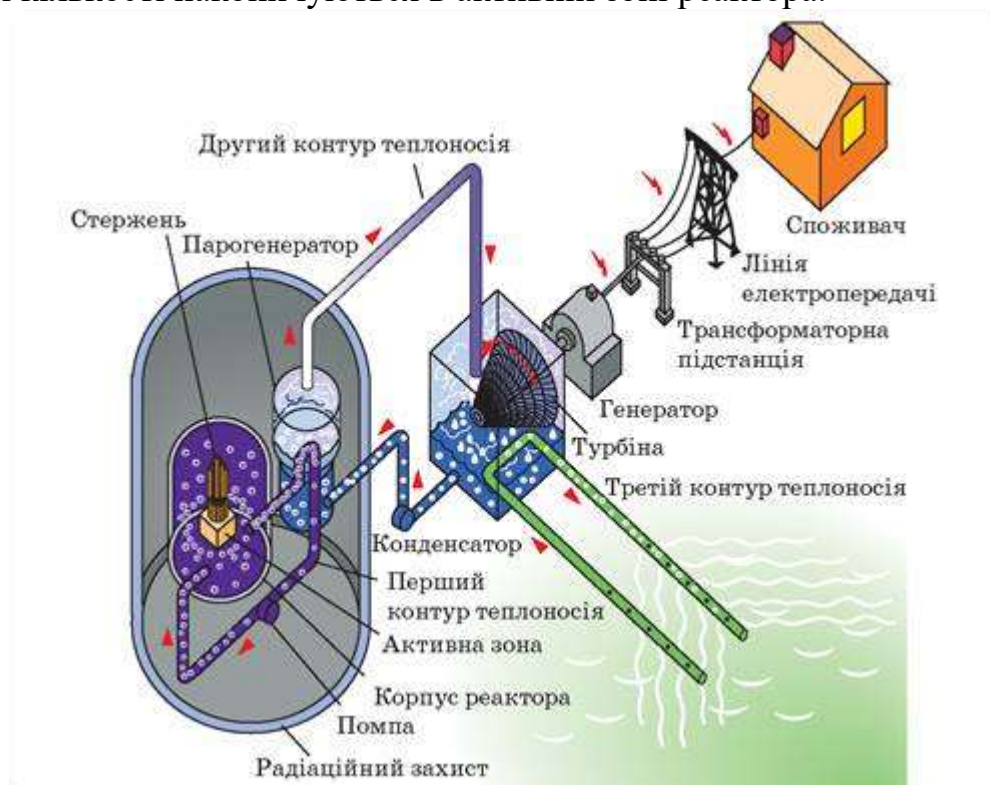
У двоконтурних ЯЕУ, що одержали найбільше поширення, контури теплоносія і робочого тіла розділені. Відповідно контур теплоносія називається *першим*, а контур робочого тіла – *другим*. У двоконтурних ЯЕУ можуть застосовуватися енергетичні реактори практично всіх типів. У таких ЯЕУ нагрітий у реакторі теплоносієм надходить у парогенератор (ПГ) (теплообмінник), де теплота через поверхню нагрівання передається робочому тілу – воді другого контуру. У ПГ ця вода кипить, утворює пару, що направляється в турбіну. Перший контур є радіоактивним і цілком знаходиться усередині біологічного захисту. Другий контур, як правило, радіаційно безпечний, тому що радіоактивний теплоносієм ніде не змішується з робочим тілом. Однак, для здійснення передачі теплоти в ПГ необхідно, щоб температура теплоносія була вище температури киплячої води другого контуру. Звідси в реакторах з водяним теплоносієм, наприклад типу ВВЕР, щоб уникнути кипіння води в активній зоні, необхідно мати тиск у першому контурі значно вище, ніж у другому. Відповідно ККД таких ЯЕУ завжди менше ККД одноконтурної ЯЕУ з тим же тиском у реакторі.

Ядерна енергетична установка може бути *не цілком двоконтурна*. У цьому випадку є самостійний перший контур теплоносія, а також сполучений контур теплоносія з другим контуром. Теплоносієм надходить у ПГ і віддає свою теплоту воді другого контуру, насичена пара що утворилася в ПГ направляється для перегріву в реактор, тобто стає теплоносієм, а далі проходить по всьому другому контуру. Таким чином, перший і другий контури виявляються сполученими по парі. Пара активується істотно менше, ніж вода, тому тут устаткування парового (другого) контуру працює в умовах значно більш слабкої радіоактивності, чим в одноконтурній ЯЕУ. Це спрощує експлуатацію установки.

У *триконтурних* ЯЕУ контури теплоносія і робочого тіла відокремлюються один від одного проміжним контуром з нерадіоактивним теплоносієм. Триконтурні ЯЕУ застосовуються з реакторами, що охолоджуються рідкими лужними металами, наприклад, натрієм. Натрій, циркулюючи через активну зону, стає високорадіоактивним внаслідок активації нейтронами. Крім того, він забруднюється радіоактивними продуктами корозії і протічками продуктів поділу з ТВЕЛів, що втратили герметичність. Лужні метали вступають у бурхливу хімічну реакцію з водою або водяною парою. Для того щоб виключити контакт радіоактивного теплоносія з водою і створюється проміжний контур. Теплота від радіоактивного натрію в проміжному теплообміннику передається нерадіоактивному теплоносію – також натрію. У проміжному контурі створюється більш високий тиск, ніж у першому, щоб виключити протічку радіоактивного натрію з першого контуру в проміжний через можливі дефекти в теплообміннику. Проміжний контур нерадіоактивний. Натрій проміжного контуру віддає свою теплоту робочому тілу – воді та водяній парі в ПГ, у якому допускається перегрів пари до температури близько 450-570⁰С без підвищення тиску теплоносія в реакторі. По капітальних

витратах триконтурні ЯЕУ виходять найбільш затратними.

Турбіна атомної електростанції є тепловою машиною, що визначає загальну ефективність станції. У сучасних атомних електростанціях коефіцієнт корисної дії становить близько 30 %. Отже, для виробництва 1000 МВт електричної потужності теплова потужність реактора має сягати 3000 МВт. При цьому 2000 МВт забирає вода третього контуру, що охолоджує конденсатор. Це призводить до локального перегрівання природних водойм і виникнення екологічних проблем. Проте головна проблема експлуатації ядерних реакторів — це забезпечення повної радіаційної безпеки людей, які працюють на атомних електростанціях, і запобігання випадкових викидів радіоактивних речовин, що у великій кількості накопичуються в активній зоні реактора.



На українських АЕС для виробництва електроенергії використовуються двоконтурні ЯЕУ із серійними водо-водяними реакторами з водою під тиском типу ВВЕР-440 і ВВЕР-1000 і одноконтурні із серійним водо-графітовим каналним реактором РБМК-1000, що охолоджуються киплячою водою і мають графітовий сповільнювач. У водо-водяних реакторах теплоносієм і сповільнювачем є звичайна вода. Кипіння води в активній зоні реактора ВВЕР не відбувається.

Ядерні енергетичні установки.

Ядерні реактори використовують не лише на атомних електростанціях. На морському та космічному транспорті також використовують ядерні енергетичні установки.

Енергія, що виробляється ядерно-енергетичною установкою, йде на живлення системи управління рухом, автоматики, двигунів, систем радіозв'язку, телеметричної системи, системи, що підтримує постійну

температуру в житлових і приладових відсіках, систем життєдіяльності тощо.



Таким чином, ми розглянули пристрої, де використовується внутрішньоядерна енергія. На жаль при використанні таких технологічних процесів виникають події, які можуть призвести до аварійних ситуацій. Захоплення Запорізької АЕС російськими військами, а також періодичні обстріли ними інших об'єктів з радіаційно-ядерною технологією також можуть призвести до виникнення на них аварійних ситуацій. У наступному навчальному питанні розглянемо специфічний вид аварійної ситуації, пов'язаної з радіаційно-ядерною технологією, тобто радіаційну аварію.

3. Радіаційна аварія

Відповідно до Норм радіаційної безпеки України – НРБУ-97 *радіаційна аварія* – незапланована подія на якому-небудь об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідних і достатніх умови:

- утрата регулюючого контролю над джерелом;
- реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з утратою регулюючого контролю над джерелом.

Будь-яка незапланована подія, що відповідає перерахованим вище умовам і виникла на енергетичному, транспортно-енергетичному, дослідницькому чи промисловому атомному реакторі, кваліфікується як радіаційна аварія незалежно від причин і масштабів цієї аварії.

У випадку, якщо подібна аварія виникла з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної чи потенційної загрози мимовільної ланцюгової реакції, то така подія кваліфікується як *аварія радіаційно-ядерна*.

До класу *промислових* відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі територій виробничих приміщень і промислової

площадки об'єкта, а аварійне опромінення одержує тільки персонал.

До класу *комунальних* відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкта і його промисловим майданчиком, а поширюються на навколишні території, де проживає населення. Останнє стає, таким чином, об'єктом реального чи потенційного аварійного опромінення.

За масштабами комунальні радіаційні аварії поділяються на:

- *локальні*, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч чоловік;

- *регіональні*, при яких в зоні аварії виявляються території декількох населених пунктів, один чи кілька адміністративних районів і навіть областей, а загальна чисельність утягненого в аварію населення перевищує десять тисяч чоловік;

- *глобальні* – це комунальні радіаційні аварії, унаслідок яких утягується значна частина (чи вся) територія країни та її населення;

- *трансграничні* – це такі глобальні комунальні аварії, коли зона аварії поширюється за межі країни, у якій вона відбулася.

Аварійна ситуація – стан АЕС, що характеризується порушенням межі або умов безпечної експлуатації, що не перейшли в аварію.

Експериментально встановлено, що у випадку найважчої з можливих аварій у механічну енергію вибуху може перейти лише 1 % енергії ядер, що діляться. Це значить, що потужність теплового вибуху реактора значно менше потужності вибуху номінальної атомної бомби, еквівалентної 20000 т тротилу. Таким чином, головна потенційна небезпека АЕС у випадку аварії обумовлена в основному викидом у навколишнє середовище радіоактивних продуктів поділу, накопичених у реакторі за час його роботи.

Міжнародною групою експертів під егідою МАГАТЕ та Агентства з ядерної енергетики розроблена міжнародна шкала подій на АЕС (INES).

Головна мета шкали – сприяти взаєморозумінню між фахівцями атомної промисловості, громадськістю і пресою. За допомогою шкали робиться спроба ввести диференційоване сприйняття подій і аварій, пояснюючи в доступній формі їхнє значення і відносну важливість для безпеки.

Шкала дозволяє оперативно і погоджено оповіщати суспільство про значимість (з погляду безпеки) подій на ядерних установках, про які надходять повідомлення. Реально характеризуючи події, шкала може спростити досягнення єдиного розуміння подій ядерним співтовариством, засобами масової інформації і суспільством.

Події класифікуються по семизначній шкалі.

Шкала представлена в трьох формах. По-перше, у формі простої матриці (табл. 4.1) із ключовими словами, в основному, що вказують на значимість подій, для демонстрації трьох окремих критеріїв, що використовуються для класифікації подій і для виявлення еквівалентності рівнів за різними критеріями, представленим у колонках матриці. Слова в цій матриці обрані таким чином, щоб дати основне представлення про значимість події з погляду безпеки, і не претендують на точність і визначеність.

Основна структура шкали INES.

Рівень, тип аварії	Вплив за межами площадки	Вплив на площадці	Деградація глибокоешелонованого захисту
7. Велика аварія	Великий викид: великомасштабні впливи на здоров'я і навколишнє середовище		
6. Серйозна аварія	Значний викид: повне здійснення запланованих контрзаходів		
5 Аварія, що супроводжується ризиком за межами площадки	Обмежений викид; часткове здійснення запланованих контрзаходів	Серйозні ушкодження активної зони реактора/ радіаційних бар'єрів	
4. Аварія, не супроводжується значним ризиком за межами площадки	Незначний викид: опромінення населення на рівні величин, що порівняні з установленими межами	Часткове ушкодження активної зони реактора/ радіаційних бар'єрів/ гострі впливи на здоров'я персоналу	
3. Серйозний інцидент	Дуже незначний викид: опромінення населення на рівні частково встановлених меж	Велике поширення забруднення Переопромінення персоналу	Близько до аварії ушкодження бар'єрів ешелонованого захисту
2. Інцидент			Інциденти зі значними відмовами пристроїв, безпеки
1. Аномалія			Аномалія, що виходить за рамки дозволеного, режиму експлуатації
О. Відхилення (подія нижче шкали)	Не має значення з погляду безпеки		

По-друге, у виді дескрипторів, у формі, призначеній для інформування громадськості, що поєднує три критерії і надає номер критерію та визначення по кожному рівню шкали.

Дескриптор (від лат. *describo* – описую).

Дескриптор – лексична одиниця (слово, словосполучення) інформаційно-пошукової мови, яка служить для опису основного смислового змісту документів.

Дескриптор – структура даних, яка представляє відкритий екземпляр базового об'єкта операційної системи.

По-третє, у формі доповіді керівництва для полегшення оцінки інцидентів і аварій, для того, щоб привласнити їм позицію по шкалі відповідно до міжнародних правил. У цій доповіді також містяться приклади використання шкали для розподілу по категоріях ряду реальних подій (табл. 4.2).

Події в шкалі INES класифікуються по семирівневій шкалі. Нижні рівні (1-3) називаються інцидентами, а верхні (4-7) – аваріями. Події, що не мають

значимості з погляду безпеки, класифікуються як такі, що відносяться до рівня, що знаходиться нижче шкали, і називаються відхиленнями. Події, що не стосуються питань безпеки, визначаються як такі, що виходять за межі шкали. Події розглядаються з погляду трьох характеристик критеріїв безпеки, приведених у кожній із трьох показників: вплив за межами площадки, вплив на площадці і деградація глибоко ешелонованого захисту.

Таблиця 4.2

Міжнародна шкала ядерних подій на АЕС
для оперативної передачі повідомлень про важливість подій з погляду безпеки

Рівень аварії	Тип	Критерії	Приклади
7	Велика аварія	Зовнішній викид значної частини радіоактивного матеріалу на великій площі (наприклад з активної зони енергетичного реактора) складається із суміші коротко- і довгоживучих радіоактивних продуктів поділу (у кількостях, радіологічно еквівалентних десяткам тисяч терабеккереллей ¹³¹ I). Такий викид призводить до можливості гострого впливу на здоров'я людей, затриманим впливом на здоров'я в більшості районів, що, можливо, охоплюють території декількох країн, і до довгострокових екологічних наслідків	Чорнобильська АЕС, 1986 рік, СРСР (Україна)
6	Серйозна аварія	Зовнішній викид радіоактивних матеріалів (у кількостях, радіологічно еквівалентних тисячам/десяткам тисяч терабеккереллей йоду-131). Після такого викиду ймовірно повне здійснення контрзаходів, передбачених місцевими планами протиаварійних заходів з метою обмеження серйозних наслідків для здоров'я	Завод переробки палива в Киштимі, 1957 рік, СРСР (Росія)
5	Аварія, що супроводжується ризиком за межами площадки	Зовнішній викид радіоактивного матеріалу (у кількостях, радіологічно еквівалентних сотням або тисячам терабеккереллей йоду-131). Такий викид може призвести до часткового здійснення контрзаходів, передбачених планами протиаварійних заходів з метою зниження ймовірності впливу на здоров'я. Серйозне ушкодження ядерної установки, це може бути ушкодженням значної частини активної зони реактора, великою аварією, пов'язаною з критичністю, великою пожежею чи вибухом з викидом великої кількості радіоактивності в межах установки	Реактор в Уіндскейлі, З'єднане Королівство, 1973 рік, АЕС Трі-Майл Айленд, США, 1979 рік
4	Аварія, не супроводжується значним ризиком за межами площадки	Зовнішній викид радіоактивності, що призводить до дози опромінення найбільш опромінених осіб за межами площадки порядку декількох мілізіверт. При такому викиді необхідність у контрзаходах за межами площадки звичайно малоімовірна, за винятком, можливо, місцевого контролю продуктів харчування. Значне ушкодження ядерної установки. При такій аварії можуть бути ушкодження ядерної установки, у результаті яких виникають серйозні проблеми з відбудовними роботами, як, наприклад, часткове розплавлення активної зони енергетичного реактора. Опромінення одного або кількох працівників, що призводить до переопромінення з високою імовірністю ранньої передчасної смерті	АЕС Сен-Лоран, Франція, 1980 рік, Критична збірка в Буенос-Айресі Аргентина, 1983 рік
3	Серйозний інцидент	Зовнішній викид радіоактивності, що перевищує встановлені межі, що призводить до дози опромінення	АЕС Вандельос, Іспанія, 1989 рік

		найбільш переопромінених осіб за межами площадки порядку десятих часток мілізіверта. При такому викиді контрзаходи за межами площадки можуть не знадобитися. Високі рівні опромінення і/чи забруднення на площадці в результаті відмов устаткування чи експлуатаційних інцидентів Переопромінення персоналу (доза індивідуального опромінення, що перевищує 50 мЗв). Інциденти, при яких подальша відмова систем безпеки може призвести до аварійної обстановки, або ситуація, коли системи безпеки будуть не в змозі запобігти аварії у випадку виникнення визначених ініціюючих подій	
2	Інцидент	Технічні інциденти або аномалії які, хоч і не надають безпосереднього впливу на безпеку станції, але призводять до подальшої переоцінки заходів безпеки	
1	Аномалія	Аномалія, що виходить за межі дозволеного режиму експлуатації. Вона може бути обумовлена відмовами устаткування, помилкою людини чи неправильними її діями (такі аномалії варто відрізнити від ситуацій, при яких не перевищуються експлуатаційні межі та умови, відрегульовані відповідно до процедур.	
Нижче шкали	Відхилення	Не має значення з погляду безпеки	



На даному рисунку приведено перелік найбільших ядерних аварій світу. Це наймасштабніші радіаційно-ядерні аварії, до яких відносять ядерні аварії на

Чорнобильській АЕС та АЕС у Фукусімі, Киштимська аварія та ряд аварій на інших АЕС.

Але чомусь у один ряд із аваріями на АЕС поставили подію не на АЕС, не на ядерній енергетичній установці і не у науково-дослідній установі. Так що ж відбулось у невеликому місті Бразилії.

13 вересня 1987 року із занедбаної лікарні, з установки для радіотерапії збирачі металобрухту винесли металеву капсулу, яку потім продали на звалище. Власник звалища Девар Феррейра сказав розрізати капсулу. У середині виявили порошок, що світився блакитним світлом. Це був хлорид радіоактивного цезію-137. Девар приніс цей порошок до свого будинку та запросив сусідів, родичів і друзів подивитися на дивину. Дрібні фрагменти брали в руки, натирали ними шкіру, дарували іншим людям, і в результаті почалося поширення радіоактивного забруднення. Протягом більш ніж двох тижнів із порошкоподібним хлоридом цезію контактували все нові люди, і ніхто з них не знав про пов'язану з ним небезпеку.

Чотири особи, які активно контактували із порошком (6, 18, 22 та 38 років) отримали смертельні дози опромінення та померли за 40-45 днів.

У результаті широкого розповсюдження високорадіоактивного порошку і його активного контакту з різними предметами, накопичилася велика кількість забруднених радіацією речей, які в подальшому були поховані на горбистій території одного з передмість, у так званому приповерхневому сховищі. Цю територію можна буде знову використовувати тільки через 300 років.

Що робити у разі радіаційної аварії? Алгоритм дій від МОЗ.

Кожному українцю слід знати базові правила поведінки у випадку виникнення надзвичайної ситуації будь-якого характеру, зокрема у разі радіаційної аварії.

У зв'язку з цим Міністерство охорони здоров'я оприлюднило відповідний алгоритм дій.

І хоча станом на сьогодні радіаційний фон по Україні перебуває у нормі, у відомстві наголошують: підготовлений – значить захищений.

"Це правило у час повномасштабної війни стало ще більш актуальним. Зважаючи на те, що країна-терорист не дотримується жодних законів та правил ведення війни, кожен українець повинен знати базові правила поведінки у випадку надзвичайної ситуації будь-якого характеру", наголошують у відомстві.

То як діяти, якщо у вашій місцевості трапилась радіаційна аварія?

Передусім необхідно залишатися у приміщенні або терміново зайти до нього, якщо ви знаходитесь на вулиці.

Перебувайте в укритті

Радіоактивний матеріал осідає на зовнішній стороні будівель, тому найкраще триматися якомога далі від стін і даху будівлі. Найбезпечніше – перебувати у підвалі або всередині будівлі.

Якщо ви маєте домашніх тварин, тримайте їх поруч і не випускайте на вулицю.

Якщо можливо:

- залишайтеся в кімнаті без вікон і зовнішніх дверей;
- зачиняйте вікна та двері;
- ущільніть отвори підручними засобами (скотч, змочена водою тканина тощо);
- вимикніть системи вентиляції (кондиціонери або обігрівачі) у вашому будинку.

Залишатися в укритті необхідно до того часу, доки офіційна влада не надала інших вказівок.

Слідкуйте за офіційними джерелами інформації

Користуйтеся лише офіційними джерелами інформації. У разі надзвичайної ситуації читайте/слухайте повідомлення від:

- Державної служби з надзвичайних ситуацій;
- поліції;
- місцевої влади.

Перебуваючи в укритті, увімкніть телебачення чи радіо. Також варто заздалегідь підписатися на канали рятувальників, поліції та місцевої влади у Telegram або Facebook.

Якщо місцева влада та ДСНС дають вказівки – виконуйте їх обов'язково.

Якщо ви зайшли у приміщення з вулиці де повітря забруднене радіоактивними речовинами *зnezаразьте себе*.

Передусім у МОЗ радять:

✓ Зняти верхній шар одягу, що може містити до 90% радіоактивного матеріалу. Однак робіть це обережно, аби не розтрусити радіоактивний пил. Помістіть одяг у пластиковий пакет або герметичний контейнер, тримайте його подалі від людей та домашніх тварин.

✓ Якщо є можливість, прийміть душ з милом, голову помийте шампунем. Проте не використовуйте кондиціонери для волосся, оскільки вони можуть закріпити на ньому радіоактивний матеріал. Не тріть і не подряпайте шкіру, аби радіоактивний матеріал не потрапив у відкриті рани.

Якщо можливості помитися у душі немає, вимийте з милом під проточною водою руки, обличчя та відкриті частини тіла.

У разі відсутності води, скористайтеся вологими серветками або вологою тканиною. Зверніть особливу увагу на руки та обличчя, протріть повіки, вії, вуха.

✓ Одягніть чистий одяг.

✓ Допоможіть вашим рідним і близьким зробити всі вище перераховані пункти. За можливості робіть це в рукавичках та масці або респіраторі.

Безпека води та харчових продуктів

✓ Допоки рятувальники чи влада не повідомили про безпеку водопровідної води, доти залишатиметься незабрудненою лише вода у пляшках. Пакування захищає рідину всередині від радіоактивних речовин.

Пам'ятайте: кип'ятіння водопровідної води не позбавляє її від радіоактивних речовин.

✓ МОЗ радить про всяк випадок мати запас води у пляшках чи інших герметичних контейнерах. Напої у холодильнику теж безпечні для вживання.

Вода в інших ємностях у вашому домі, таких як унітаз або водонагрівач, не буде містити радіоактивних речовин. Водопровідну або колодязну воду можна використовувати для миття себе, а також для протирання поверхонь ємностей, де знаходиться їжа та вода.

✓ Навіть якщо водопровідна вода забруднена, ви все одно можете використовувати її для знезараження. Будь-який радіоактивний матеріал, який потрапляє в поверхневі або підземні води, буде розбавлятися водою до дуже низького рівня і буде безпечним для миття шкіри, волосся та одягу.

Стосовно їжі, то тут, за аналогією із водою, харчові продукти є безпечними, якщо зберігались у герметичних контейнерах:

- консерви;
- банки;
- пляшки;
- коробки.

Їжа з холодильника та морозильної камери також буде безпечною для вживання у разі радіаційної аварії у вашій місцевості.

Проте, перед відкриттям варто протерти харчові контейнери вологою тканиною або чистим рушником. Теж саме зробіть із кухонним приладдям перед використанням. Використану тканину чи рушник покладіть у поліетиленовий пакет або герметичний контейнер і залиште у недоступному місці, подалі від людей і тварин.

Коли варто приймати йодид калію?

Йодид калію – це сіль, схожа на кухонну. В аптеках він найчастіше продається у формі таблеток.

"Якщо його приймати вчасно та у визначеному дозуванні, йодид калію блокує поглинання радіоактивного йоду щитоподібною залозою. Це знижує ризик розвитку раку щитоподібною залози та інших її захворювань", наголошують у МОЗ.

Пам'ятайте: йодид калію слід приймати лише тоді, коли ви отримали таку вказівку від органів влади або ДСНС.

Вживання йодиду калію "для профілактики" та без реальної потреби – недопустимо. Це може зашкодити вашому здоров'ю.

Висновки.

Розвиток цивілізації, потреби виробництва ставили перед ученими та інженерами завдання пізнання теплових, електричних і магнітних явищ, радіоактивності та використання їх на практиці.

Великий вплив на розвиток електроенергетики надали відкриття явища радіоактивності, оволодіння атомною енергією.

На перший погляд, ядерна енергетика здавалася геніальним розв'язанням енергетичної проблеми, однак питання безпеки постало в цій сфері дуже гостро – не було зрозумілим, як правильно утилізувати радіоактивні відходи та швидко будувати безпечні об'єкти. Тому після катастрофи на Чорнобильській АЕС 1986 року та її наслідків чимало країн попрощалися з ядеркою та стали фокусуватись на іншому напрямку – зеленій енергетиці.

Створити вічне джерело енергії на землі. Звучить утопічно? А от і ні.

Термоядерний синтез дозволить отримати так звану вільну енергію буквально з води, при цьому відходами виробництва будуть абсолютно безпечні водень та гелій.

І цей процес не є винаходом людини. Всесвіт активно і повсюдно використовує термоядерні реактори. Найближчим до нас є Сонце.

Основна проблема в тому, що вченим досі не вдавалося створити такий реактор термоядерного синтезу, щоб кількість енергії, що виділялася в результаті реакції, була більшою за ту кількість, яка потрібна, власне, для здійснення самої реакції.

Термоядерна енергія – вільна енергія майбутнього. Побудова промислового термоядерного реактора виявилась набагато складнішою, ніж це здавалося спочатку. Проте подолано велику частину шляху, і цей проект наблизить нас до нового потужного і екологічного джерела енергії.

Лекція № 5

Тема лекції: „Оцінка радіаційної безпеки та принцип нормування радіаційного випромінювання”

План лекції

1. Критерії оцінки небезпеки іонізуючого випромінювання.
2. Принципи нормування радіаційного опромінення.
3. Норми радіаційної безпеки.
4. Забезпечення радіаційної безпеки.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
3. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
4. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
5. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Вступ

У лекції викладаються критерії оцінки небезпеки іонізуючого випромінювання, розглянуто принципи нормування радіаційного опромінення у відповідності до системи нормування опромінення людини від джерел іонізуючих випромінювань введеної Міжнародною комісією з радіологічного захисту, а також "Норми радіаційної безпеки України" (НРБУ-97), які є основним юридичним документом, що визначає умови роботи в сфері впливу іонізуючого випромінювання в Україні.

1. Критерії оцінки небезпеки іонізуючого випромінювання

При впливі на організм людини ІВ та радіоактивних речовин виникає ураження цього організму. Ураження можливе як при зовнішньому опроміненні, тобто у випадку, коли радіоактивне джерело перебуває поза організмом, так і при влученні його усередину організму через органи дихання (із забрудненим повітрям), перорально (із забрудненою їжею та водою), шкіряні покриви та відкриті рани.

При зовнішньому опроміненні найбільшу небезпеку представляє гамма- і нейтронне випромінювання, при влученні радіоактивних ізотопів усередину організму – альфа- і бета-випромінювання.

Шкідливі наслідки опромінення залежно від ряду умов можуть проявитися в найближчі дні та тижні після опромінення або значно пізніше – через багато місяців і навіть років. Характер променевого ураження залежить від виду випромінювання, тривалості опромінення, розмірів і характеру частини тіла людини, що піддалася опроміненню, а також від величини поглиненої дози випромінювання. Однак, у більшості випадків біологічна дія загальної поглиненої дози випромінювання знижується при збільшенні часу опромінення. Так, доза в 1000 рад (10 Зв) виявиться смертельною при однократному впливі на все тіло, але така ж доза не викличе смерті та виражені розлади в організмі, якщо вона буде поступово сприйнята людиною на протязі 30 років.

Доза зовнішнього опромінення, що не приводить до зниження працездатності (боекдатності) при однократному опроміненні, вважається рівною приблизно 50 рад, а при опроміненні на протязі трьох місяців – 200 рад, на протязі одного року – 300 рад. При опроміненні організму ділянки тіла мають різну чутливість до впливу випромінювань. Найбільш чутливими є органи в животі, грудях та голова.

На ступінь ураження організму впливають його індивідуальні особливості. В одних людей захворювання та смерть можуть наступити після однократного опромінення дозою, що не перевищує 200 рад, у той час як інші залишаться живими після опромінення дозою 400-450 рад. На підставі численних даних, зібраних у Хіросімі та Нагасакі, а також у результаті нещасних випадків, що мали місце в ряді країн, встановлено, що при загальному однократному опроміненні поглинена доза випромінювання, яка дорівнює приблизно 500-600 рад, є абсолютно смертельною для людини, якщо вона не лікувалася. Доза опромінення близько 400 рад при відсутності лікування призводить до загибелі приблизно 50 % потерпілих. Сучасна терапія променевої хвороби при більших дозах може зберегти життя значній кількості потерпілих.

При зовнішньому опроміненні можливі ураження організму бета-випромінюванням радіоактивних ізотопів.

Радіоактивні продукти, що випускають бета частки, вступаючи в контакт зі шкірою, та залишаючись на ній на протязі тривалого часу, можуть викликати серйозні опіки шкіри. Ці опіки можуть мати місце навіть і тоді, коли не буде отримана летальна доза гамма- і нейтронного випромінювань.

Бета-частки на відміну від гамма-квантів віддають свою енергію при проходженні декількох перших міліметрів шкіряного покриву і, отже, у цьому випадку вони набагато небезпечніше гамма-квантів. Ступінь ураження шкіри залежить від енергії бета-випромінювання, щільності забруднення та тривалості контакту. Контакт у цьому випадку є дуже важливим фактором. Як свідчить аналіз наслідків радіоактивних опадів, помітні шкірні ураження, які викликані бета-випромінюванням, з'являлися на тих ділянках тіла людини, де

радіоактивні речовини перебували в безпосередньому контакті зі шкірою. Якщо забруднення шкіри викликане випаданням радіоактивних речовин, що утворилися в результаті вибуху ядерних боєприпасів, аварій на радіаційно-небезпечному об'єкті (РНО), то відносна нерозчинність цих речовин знижує ступінь уражаючої дії випромінювання. Дослідження продуктів поділу свідчить, що гарною розчинністю у воді володіють менше 10 % цих речовин, відповідно це забезпечує можливість їх легкої та ефективної дезактивації (видалення).

При влученні радіоактивних речовин усередину організму альфа- і бета-частки є найнебезпечнішими, тому що в цьому випадку вся їх енергія поглинається тканинами організму. При цьому навіть досить мала кількість радіоактивних продуктів, що перебувають усередині організму, може завдати тяжкі ураження. Опромінення різних органів і тканин тіла джерелами внутрішнього опромінення носить безперервний характер і зменшується з часом тільки внаслідок зміни кількості радіоактивних речовин усередині організму, що відбувається в результаті радіоактивного розпаду та природного виведення їх з організму.

Відзначений факт збільшується тим, що деякі хімічні елементи мають властивість концентруватися в специфічних клітинах або тканинах, які іноді володіють досить великою чутливістю до іонізуючого випромінювання. Шлях радіоактивного ізотопу, що потрапив у кров, буде залежати від його хімічної природи. Радіоактивні ізотопи елемента, що є нормальною складовою частиною тканин організму, будуть брати участь у тих же самих процесах, що і стабільні ізотопи даного елемента. Так, наприклад, йод як радіоактивний, так і нерадіоактивний концентрується в щитовидній залозі.

Радіоактивний ізотоп елемента, який, як правило, не входить до складу тканин організму, буде поводитися так, як поводить себе подібний з ним за хімічними властивостями елемент, нормально присутній в організмі. Так, радіоактивні ізотопи стронцію і барію, будучи хімічно подібними до кальцію, значною мірою відкладаються в кальцинованій тканині кісток. Ізотопи рідкоземельних елементів, наприклад, церію, також відкладаються в кістках. Так, як ці елементи не є хімічними аналогами кальцію, то вони відкладаються в менших кількостях і не в тих структурних елементах кістки, що стронцій і барій. Слід зазначити, що радіоактивні ізотопи, які відкладаються в кістках, мають досить високу потенційну небезпеку, тому що можуть викликати ушкодження чутливого кісткового мозку, у якому виробляються багато клітин крові. Результатом ушкодження кровотворної тканини є зниження кількості кров'яних клітин, що шкідливо позначається на всьому організмі.

Елементи, які не мають здатність до накопичення в організмі, порівняно швидко виводяться в результаті природних процесів.

Поглинання радіоактивних елементів через кишковий тракт значною мірою залежить від їхньої розчинності. Радіоактивні продукти ядерного вибуху (радіаційного перетворення в реакторах АЕС), такі як уран і плутоній, зустрічаються в основному у формі окислів, більшість з яких малорозчинні в рідинах організму. Але окисли стронцію та барію добре розчинні, завдяки чому

вони легко можуть проникати в кров і далі в кістки. Йод в основному також перебуває в розчинній формі, тому він швидко потрапляє у кров і потім концентрується в щитовидній залозі. Дуже важливим фактором, що визначає в основному небезпеку даного радіоактивного ізотопу, є загальна поглинена доза випромінювання, що створюється ним у період перебування в організмі. Найбільш важливими показниками при визначенні величини цієї дози є маса та період напіврозпаду радіоізотопу, природа та енергія його випромінювань і час перебування в організмі. Цей час залежить від двох факторів: звичайного періоду напіврозпаду ізотопу і так названого біологічного періоду напіввиведення. Останній являє собою час, необхідний для того, щоб кількість певного елемента, що перебуває в організмі, зменшилася наполовину в результаті природних (біологічних) процесів виділення.

Найбільшу потенційну небезпеку при влученні в організм являють собою ізотопи з коротким періодом напіврозпаду та відносно тривалим періодом біологічного напіввиведення. Ізотоп з коротким періодом напіврозпаду буде надавати більш інтенсивне випромінювання, ніж така ж маса іншого ізотопу навіть того ж самого елемента, який має більше тривалий період напіврозпаду. Тривалий біологічний період напіввиведення означає, що радіоактивний ізотоп буде повільно виділятися з організму. Наприклад, біологічний період напіввиведення йоду в багатьох людей досить тривалий. Практично для різних людей він коливається в межах від декількох днів до багатьох років, але в середньому він дорівнює 90 діб. Йод швидко зосереджується у щитовидній залозі. Досить широко розповсюджений радіоактивний ізотоп йоду-131 має період напіврозпаду тільки 8 діб, якщо достатня кількість цього ізотопу надійде в кров'яне русло, може виникнути серйозне ураження щитовидної залози, тому що цей ізотоп залишається в організмі протягом майже всього періоду розпаду.

Небезпечні радіоактивні ізотопи, що утримуються в продуктах розподілу, крім радіоактивного йоду, поділяють на дві групи. У першу групу, що має велике значення, входять стронцій-89, стронцій-90 і барій-140. До другої групи відносяться рідкоземельні елементи, зокрема, церій-144 і хімічно подібний йому ітрій-91.

Таким чином, допустима кількість окремих радіоактивних ізотопів в організмі людини розраховується, виходячи із допустимої дози опромінення.

Допустимою дозою опромінення називається така максимальна доза іонізуючого випромінювання, яка протягом всього життя людини та її потомства не викликає в ранні або віддалені строки ознак ураження. При цій дозі опромінення організм може «урівноважувати» зміни, викликані нею.

У нинішній час допустимі дози зовнішнього та внутрішнього опромінення мають різні значення залежно від категорії опромінення і критичних органів. У табл. 5.1 наведені допустимі дози опромінення для персоналу, тобто осіб, які безупинно працюють із джерелами іонізуючих випромінювань, і окремих осіб з населення, що проживає на території зони спостереження.

При систематичному професійному опроміненні всього організму, або червоного кісткового мозку допустима поглинена доза встановлена рівною 5

бер на протязі одного року та не перевищуюча 3 бери за квартал. Причому доза в 3 бери може бути отримана однократно на протязі одного кварталу року, за три квартали, що залишилися отримана доза не повинна перевищувати 2 бер. Однак необхідно приймати всі заходи для зниження дози опромінення персоналу. Все це відноситься і до людей, які працюють із джерелами іонізуючих випромінювань.

Таблиця 5.1

Допустимі дози опромінення для персоналу

Група критичних органів або тканин	Критичні органи або тканини	Гранично припустима доза опромінення персоналу, бер		Межа дози для окремих осіб з населення, бер/рік
		за квартал	за рік	
I	Все тіло, червоний мозок	3	5	0,5
II	Будь який окремий орган, крім червоного кісткового мозку, кісткової тканини, щитовидної залози, шкіри, а також кистей, передпліч, щиколоток і стоп	8	15	1,5
III	Кісткова тканина, щитовидна залоза, шкірний покрив усього тіла (крім шкіри кистей, передпліч, щиколоток і стоп)	15	30	3
IV	Кисті, передпліччя, щиколоток і стопи	40	75	7,5

При випаданні радіоактивних продуктів ядерного вибуху на місцевості відбувається радіоактивне забруднення цієї місцевості, а також озброєння, техніки, особового складу, що перебувають на цій місцевості, що становить серйозну небезпеку для організму людини.

Допустимі ступені забруднення різних об'єктів продуктами ядерного вибуху, при яких контакт із зараженими об'єктами без застосування спеціальних захисних засобів не представляє небезпеки для організму, наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Найменування об'єкта	Потужність дози, мР/год
Поверхня тіла людини	20
Натільна білизна	20
Лицьова частина протигаза	10
Обмундирування, спорядження, взуття, засоби індивідуального захисту	30
Особиста зброя	20
Поверхня тіла тварини	50
Бойова техніка та технічне майно	200
Інженерні споруди, кораблі, літаки, стартові комплекси:	100
внутрішні поверхні	500
зовнішні поверхні	1000
Внутрішні поверхні хлібопекарень, продовольчих комор, шахтних колодязів т.д.	50

Допустимі величини забруднення продовольства та води продуктами ядерного вибуху, що не призводять при тривалому їхньому споживанні до променевого ураження та які не обтяжують уражаючий ефект від зовнішнього гамма-опромінення представлені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Найменування продукту	Об'єм вимірювання (поверхня)	Допустиме забруднення, мР/год, при віку осколків розподілу		
		1 доба	5 доби	більше 10 діб
Вода	Казанок	10	5	2
	Відро	20	10	4
Рідкі, сипучі (зерно) харчові продукти, їжа у звареному виді	Казанок	10	5	2
Макаронні вироби, вермішель, сухофрукти	Казанок	5	2,5	1
Хліб	Буханець	6	3	1,5
М'ясо	Туша, напівтуша	100	50	20
Риба	25x25 см ² (1кг)	10	5	2
Молоко: дорослі діти	Казанок	0,6	0,6	0,6
		0,1	0,1	0,1

2. Принципи нормування радіаційного опромінення

Відомо, що в природних умовах всі біологічні об'єкти, у тому числі і людина піддаються опроміненню від природних джерел ІВ. У табл. 5.4 приведено джерела опромінення та річні дози, що створюються цими джерелами.

Таблиця 5.4

Джерела випромінювання	Доза, бер/рік	Частина цього джерела в річній дозі, %
Радон-222 (легені)	0,09-0,11	45-55
Калій-40 - (м'язи)	0,024-0,036	12-18
Космічні промені	0,028	14
Уран + Радій (кістки)	0,026	13
Торій + Радій (кістки)	0,016	8
Разом	0,20	100

При цьому 1/3 дози надається зовнішнім опроміненням, а 2/3 дози здійснюється радіонуклідами усередині тіла.

Прийнято, що доза в 0,5 бер/рік не створює шкоди здоров'ю людини, а доза в 35 бер за все життя людини (75 років) не приведе до яких-небудь помітних шкідливих наслідків.

На Землі є місця, де природна доза в багато разів перевищує середнє значення дози від природних джерел. Так, у горах природна доза в 2-3 рази більше середньої, у штаті Керала (Індія) природна доза досягає 0,8-1,2 бер/рік, у Бразилії (зона Гуананара) природна доза перевищує 1,5-2 бер/рік. При цьому негативного впливу на здоров'я жителів цих районів не виявлено.

Практичні дослідження та їх аналіз свідчить про зв'язок з дозою в берах або зівертах та рівнем ушкодження здоров'я людини радіацією, які приведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Еквівалентна доза		Наслідки радіаційного опромінення
Зіверт	бер	
1000	100000	Смерть через хвилину після опромінення
100	10000	Смерть через годину після опромінення
10	1000	Смерть через дні після опромінення
7	700	90% смертності через кілька тижнів
4	400	Напівлетальна доза (50% протягом наступних місяців)
2	200	10% смертності в наступні місяці
1	100	Легка променева хвороба з лікуванням. Збільшення ймовірності смерті від раку. Стерилізація чоловіків на 2-3 роки, жінок – назавжди.
0,25	25	Максимальна доза (рівень допустимого ризику в екстремальних умовах).
0,1	10	Рівень подвоєння природної кількості генних змін (мутацій). Помітні тимчасові зміни характеристики крові.
0,05	5	Максимально допустима річна доза для осіб працюючих з іонізуючим випромінюванням.
0,002	0,2	Розповсюджене для поверхні Землі значення річної дози від наявних природних джерел випромінювання.

Виходячи з вищевикладеного Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) ввела систему нормування опромінення людини від джерел іонізуючих випромінювань для імовірнісних (стохастичних) і генетичних (нестохастичних) ефектів.

Для нестохастичних ефектів використовується принцип нормування по межі еквівалентної дози в критичному органі.

Критичний орган (при опроміненні) – це орган або тканина, частина тіла або все тіло, опромінення якого в даних умовах заподіює найбільшу шкоду здоров'ю даної особи або його потомству.

У порядку убубання радіочутливості встановлені три групи критичних органів:

1 група – все тіло, червоний кістковий мозок;

2 група – щитовидна залоза, жирова тканина, печінка, нирки, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталік ока та інші органи, які не входять в першу та третю групи;

3 група – кісткова тканина, шкіряний покрив, кисті, передпліччя, щиколотки та стопи.

Для будь-якого критичного органу встановлюється граничнодопустиме значення еквівалентної дози в 0,5 Зв/рік.

Для нормування дози по стохастичним ефектам усього організму введено поняття – ефективна еквівалентна доза H_E , що враховує під час повного опромінення тіла уразливість критичних органів, і яка вимірюється так само в зівертах.

Величина ефективної еквівалентної дози H_E визначається за формулою:

$$H_E = \sum H_T \cdot \omega_T,$$

де: H_T – середнє значення еквівалентної дози в органі T ;

ω_T – зважений коефіцієнт (ваговий множник) для даного органу T , встановлений МКРЗ.

Значення зважених коефіцієнтів ω_T , рекомендованих МКРЗ, представлені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Органи або тканини	ω_T
Червоний кістковий мозок	0,12
Легені	0,12
Щитовидна залоза	0,03
Кісткова тканина	0,03
Молочні залози	0,15
Статеві залози	0,25
Інші органи та тканини	0,25

Фізична сутність ефективної еквівалентної дози H_E усього організму відповідає такому рівню рівномірного опромінення усього тіла, при якому сумарний ризик смерті r_w буде таким же, як і ризик смерті r_T при середній

еквівалентній дозі \bar{H}_T на якийсь критичний орган T , тобто

$$r_w = r_T = \bar{H}_T \cdot C_T$$

де: C_T – імовірність смертельних випадків від злоякісної пухлини критичного органу T .

Імовірність смертельних випадків від злоякісних пухлин для критичних органів при еквівалентній дозі 1Зв і 1бер приведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Орган, що опромінюється, або тканина	Імовірність смерті C_T для однієї людини при еквівалентній дозі	
	1Зв	1бер
Червоний кістковий мозок легені	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Кісткова тканина (кістяк)	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Щитовидна залоза	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Інші органи та тканини	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Ймовірність сумарного виходу C_T для усього організму та тканини	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$1,25 \cdot 10^{-4}$

Наприклад, при опроміненні щитовидної залози дозою $H_{щз} = 2$ Зв, ризик смерті від раку щитовидної залози складе: $r_{щз} = 2 \text{ Зв} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 10 \cdot 10^{-4}$. Такий же сумарний ризик від злоякісних утворень різних органів і тканин може бути реалізований при рівномірному опроміненні всього тіла за умови еквівалентної дози опромінення $H_E = 0,08$ Зв.

тому що $r_{щз} = r_w$ усього тіла

або $1 \cdot 10^{-3} = H_E \cdot C_T \text{ тіла}$,

таким чином $1 \cdot 10^{-3} = H_E \cdot 1,25 \cdot 10^{-2}$,

тоді $H_E = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 10^{-2}} = 0,08$ Зв.

При нормуванні радіаційного опромінення Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) виходила з наступних принципів:

1. Еквівалентна доза опромінення окремих осіб не повинна перевищувати межі, рекомендованої комісією відповідним рівням.
2. Ніякий вид використання джерел іонізуючого випромінювання не повинен вводитися в практику, якщо він не приносить реальної користі.
3. Всі дози опромінення повинні підтримуватися на таких низьких рівнях, які тільки можна розумно досягти з урахуванням економічних і соціальних факторів.

У спрощеному виді ці принципи можна викласти у наступному:

1. Установлення меж індивідуальної еквівалентної дози.
2. Виправданість практичної діяльності.
3. Оптимізація радіаційного захисту.

3. Норми радіаційної безпеки

Рекомендації Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ) покладено в основу "Норм радіаційної безпеки України" (НРБУ-97), які є основним юридичним документом, що визначає умови роботи в сфері впливу іонізуючого випромінювання в Україні.

В НРБУ-97 закладено такі принципи:

- не перевищення встановленої дозової характеристики;
- виключення усякого необґрунтованого опромінювання;
- зниження дози опромінювання до можливо низького рівня.

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

Категорія А (персонал) – особи, які постійно або 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

мість у приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримати додаткове опромінювання.

Категорія В – все населення.

НРБУ-97 вводить поняття "ліміт дози" (ЛД) – основний радіаційно-гігієнічний норматив, метою якого є обмеження опромінення осіб категорії А, Б і В від усіх індустріальних джерел іонізуючого випромінювання в ситуаціях практичної діяльності. Крім того НРБУ-97 встановлює ліміт ефективної дози та ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення.

Числові значення лімітів доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детерміністичних (визначаючих) ефектів опромінення і, одночасно, гарантують настільки низьку ймовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому.

Для осіб категорії А і Б ліміт дози встановлюються в термінах індивідуальної річної ефективної та еквівалентних доз зовнішнього опромінення (ЛДЕ), а для осіб категорії В вводиться ліміт річної ефективної та еквівалентної доз для критичних груп.

Критична група – це частина населення, яка за своїми статеві-віковими, соціально-професійними умовами, місцем проживання та іншими ознаками отримує або може отримувати найбільші рівні опромінення від даного джерела.

Встановлений ліміт дози наведений у табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Ліміт дози (мЗв/рік)	Категорія осіб, які зазнають опромінювання		
	А	Б	В
ЛДЕ (ліміт ефективної дози)	20	2	1
Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінювання:			
- ЛД _{ons} (для кришталика ока)	150	15	15
- ЛД _{skim} (для шкіри)	500	50	50
- ЛД _{extrim} (для кистей та стоп)	500	50	-

НРБУ-97 встановлює значення допустимого радіоактивного забруднення робочих поверхонь, шкіри, спецодягу, засобів індивідуального захисту персоналу.

Встановлені рівні приведені в табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Об'єкт забруднення	Альфа-активні нукліди		Бета-активні нукліди
	Окремі*	Інші	
Непошкоджена шкіра, спецбілизна, рушники, внутрішня поверхня лицьових частин засобів індивідуального захисту.	1	1	100
Основний спецодяг, внутрішня поверхня додаткових засобів індивідуального захисту.	5	20	800
Поверхні приміщень постійного перебування персоналу та розміщеного в них обладнання, зовнішня поверхня спецвзуття.	5	20	2000

Поверхні приміщень періодичного перебування персоналу та розміщеного в них обладнання.	50	200	8000
Зовнішня поверхня додаткових засобів індивідуального захисту, що знімаються в санітарних шлюзах.	50	200	10000

*До окремих альфа-нуклідів відносяться альфа-випромінюючі радіонукліди, середньорічна допустима об'ємна активність яких у повітрі приміщень менша $0,3 \text{ Бк/м}^3$.

Таким чином метою НРБУ-97 є визначення основних вимог до:

- охорони здоров'я людини від можливої шкоди, що пов'язана з опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання;
- безпечної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання;
- охорони навколишнього середовища.

Виходячи з цього, при роботі з радіоактивними речовинами та іонізуючим випромінюванням необхідно створити такі умови праці, при яких вплив від внутрішніх і зовнішніх іонізуючих опромінювань має бути мінімальним, навіть якщо встановлені ліміти доз та допустимі рівні забруднення.

4. Забезпечення радіаційної безпеки

Радіаційна безпека – це стан радіаційно-ядерних об'єктів і навколишнього середовища, який забезпечує неперевищення основних дозових лімітів, виключення будь-якого невинуватеного опромінення та зменшення доз опромінення персоналу і населення нижче встановлених дозових лімітів настільки, наскільки це може бути досягнуто та економічно обгрунтовано.

Організація роботи з радіоактивними речовинами та захист від опроміненнь

При роботі із радіоактивними речовинами (РР) і джерелами іонізуючого випромінювання (ДІВ) першочергового значення набуває правильна організація праці, що забезпечує безпеку обслуговуючого персоналу та усього населення в цілому.

Правильно організувати роботу із РР – це значить передбачити такий комплекс заходів щодо забезпечення радіаційної безпеки (РБЗ), при якому рівні випромінювання від джерел зовнішнього та внутрішнього опромінення не будуть перевищувати регламентовані дозові межі для відповідних категорій осіб і груп критичних органів.

До цих заходів відносяться:

- створення захисту від зовнішніх потоків випромінювання;
- запобігання поширення РР у робочі приміщення та зовнішнє середовище;
- відповідне планування та обробка приміщень;
- організація необхідного радіаційного контролю і санітарно-пропускного режиму;

- забезпечення необхідних умов транспортування РР; збору та поховання радіоактивних відходів;
- використання засобів індивідуального захисту;
- проведення дезактиваційних робіт і т.д.

Керівним документом, що регламентує вимоги щодо забезпечення радіаційної безпеки (РБЗ) при роботі з ДІВ, є "Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України", прийняті в 2000 році (ОСПУ-2000).

ОСПУ-2000 обов'язкові для всіх підприємств і установ, де проводяться роботи із РР та іншими ДІВ, а також здійснюється зберігання, транспортування і переробка радіоактивних відходів. Цими правилами зобов'язані керуватися служби, що здійснюють контроль за забезпеченням радіаційної безпеки професійних працівників і населення країни, а також організації, які здійснюють проектування та будівництво установ, цехів, ділянок, установок, призначених для робіт із РР і ДІВ.

Порушення ОСПУ-2000 призводить до дисциплінарної та адміністративної відповідальності, а за найбільш грубі порушення винні притягуються до кримінальної відповідальності.

Робота з РР і ДІВ проводяться з дозволу та під контролем органів Державного санітарного нагляду, яким надається вся необхідна документація з радіаційної обстановки на підприємстві або установі та на прилягаючій території.

Робота із закритими джерелами іонізуючого випромінювання

При роботі із РР у закритому виді, тобто коли конструкція джерела виключає влучення РР у навколишнє середовище, персонал може отримати тільки зовнішнє опромінення.

При роботах із закритими джерелами людина піддається впливу ІВ тільки на протязі того терміну часу, коли він перебуває поблизу джерел іонізуючого випромінювання. Захист від зовнішнього опромінення здійснюється шляхом створення *стаціонарних* або *пересувних* захисних огорожень, які знижують рівень опромінення до регламентованих меж.

До *стаціонарних захисних огорожень* відносяться: захисні стіни, перекриття підлоги та стелі, двері та дверні отвори, оглядові вікна і т.д.; до *пересувних* – ширми різного типу, екрани, тубуси та діафрагми рентгенівських, гама- та інших установок, які обмежують пучок променів, контейнери для транспортування РР.

Застосування тих або інших захисних пристроїв і способів захисту залежить від призначення ДІВ та умов їхньої експлуатації.

Спеціальні заходи захисту необхідно передбачати тільки тоді, коли потужність дози на відстані 0,1 м від джерела перевищує 10 мЗв/год (0,1 мбер/год). У цьому випадку всі ДІВ в неробочому положенні повинні перебувати в захисних пристроях. Передбачаються також системи дистанційного переміщення джерел з положення зберігання в робоче положення.

Пробіг альфа-частинок, які випускають радіоактивне випромінювання, дуже малий, тому немає необхідності в захисті від зовнішнього опромінення альфа-частинками. Достатньо перебувати на відстані 9-10 см від радіоактивного препарату, і жодна альфа-частинка не потрапить на тіло працюючого. Одяг, гумові рукавички повністю захищають від зовнішнього опромінення альфа-частинками.

Для захисту від зовнішнього опромінення бета-частинками необхідно вести операції із РР за спеціальними екранами (ширмами) або в спеціальних захисних шафах. Товщина захисних екранів повинна бути більше максимального пробігу бета-частинки.

Зберігати бета-активні радіонукліди необхідно в посудинах або контейнерах з відповідною товщиною стінки. Як захисні матеріали використовуються, як правило, плексиглас, алюміній і скло. Товщину захисту (г/см^2) можна визначити за формулою:

$$d = (0,54E_{max} - 0,16),$$

де: E_{max} – максимальна енергія β -спектра даного радіонукліда, МеВ.

Максимальна енергія β -часток, яку випускають відомі на цей час радіонукліди, не перевищує 3 МеВ. Для таких β -часток товщина захисного екрану становить 1,5 см води, або 0,66 см алюмінію, або 0,19 см сталі.

При розрахунку товщини пристрою від гамма-випромінювання необхідно враховувати спектральний склад випромінювання, потужність ДІВ, а також відстань, на якій перебуває обслуговуючий персонал, і час перебування його в середовищі впливу випромінювання.

Для забезпечення розрахунків у ряді керівництв надаються різні номограми та таблиці, які дозволяють безпосередньо визначити товщину захисту для рентгенівського та гамма-випромінювання різного спектрального складу та різних умов роботи, що забезпечують зниження рівня випромінювання до регламентованих значень.

Як захист від рентгенівського і гамма-випромінювання в принципі можна використати будь-яку речовину. Однак при виборі захисного матеріалу необхідно керуватися його конструктивними властивостями, а також вимогами до геометричних розмірів і маси.

Система захисту рентгенівських і гамма-установок різного призначення будується по одному і тому ж самому принципу та складається з місцевого захисту того хто опромінюється від зайвого опромінення і стаціонарного захисту для запобігання переопромінення працівників, які обслуговують установку та перебувають у сусідніх приміщеннях.

Місцевий захист складається із захисного кожуха, у якому міститься ДІВ, з вікном для випуску пучка променів тільки в потрібному напрямку, діафрагми, яка обмежує та формує поле опромінення, тубуса, що огорожує від розсіяного випромінювання, яке виникає на краях вихідного вікна та у діафрагмі.

В установках, де ДІВ є радіонукліди, захисний кожух повинен забезпечувати також зниження рівня випромінювання до регламентованих меж

при виключеній установці (джерело в положенні зберігання), щоб забезпечити доступ у приміщення, де розміщується установка, для проведення там необхідних налагоджувальних і ремонтних робіт. Згідно Основних санітарних правил протирадіаційного захисту України (ОСПУ-2000) при знаходженні ДІВ в положенні зберігання захисний кожух повинен забезпечувати таке ослаблення гамма-випромінювання, щоб на відстані 1 м від установки не перевищувалася допустима потужність дози для персоналу.

Стаціонарні захисні огороження складаються із захисних стін і перекриттів, захисних дверей у приміщення, де розташована установка, або лабіринтового входу та оглядового вікна. Захист розраховують, виходячи з активності джерела і відстані до місця знаходження персоналу та працівників сусідніх приміщень.

При проектуванні захисту приміщень, у яких розміщуються ДІВ (установки), необхідно враховувати напрямок випуску пучка променів і тільки в цих напрямках проектувати захист від прямого випромінювання, а в інші досить передбачати захист від розсіяного випромінювання.

Оскільки проникаюча здатність рентгенівського та гамма-випромінювання значно більше проникаючої здатності α - і β -часток, товщина захисних огорожень може досягати кілька десятків і навіть сотень сантиметрів. Тому при проектуванні стаціонарного захисту необхідно враховувати призначення сусідніх приміщень, час перебування в них працівників у годинах на тиждень, а також їхню приналежність до тієї або іншої категорії осіб, що опромінюються. При цьому захист повинен проектуватися з коефіцієнтом запасу, рівним двом.

Таким чином, проектна потужність еквівалентної дози за захистом H (мЗв/год) розраховується за формулою:

$$H = \frac{H}{2t},$$

де: H – гранично припустима доза, рівна 50 мЗв за рік для категорії А, або межа дози для категорії Б, яка дорівнює 5 мЗв за рік;

t – тривалість роботи персоналу у приміщенні за захистом за рік, в годинах.

При вимірі H у позасистемних одиницях (мбер/год) формула приймає вид:

$$H = 500 \frac{H}{t},$$

де: H – 5 бер за рік або 0,5 бер за рік відповідно для категорії А і Б.

У табл. 5.10 наведені значення проектної потужності дози за захистом при різному часі перебування в ньому персоналу.

Таблиця 5.10

Категорія осіб, що опромінюється і тип приміщення	\dot{H}_{np}	
	мкЗв/год	мбер/год
Приміщення постійного перебування персоналу (категорія А) – стандартна тривалість опромінення 1700 годин за рік	14,5	1,4
Приміщення, у яких персонал (категорія А) перебуває не більше половини робочого часу	29	2,9
Приміщення та територія санітарно-захисної зони, де постійно можуть перебувати особи, які відносяться до категорії Б (стандартна тривалість опромінення 2000 годин за рік)	1,2	0,12
Будь-які приміщення (у тому числі і житлові) та територія в межах зони спостереження (стандартна тривалість опромінення 8000 годин за рік)	0,3	0,03

У приміщеннях і на території в межах зони спостереження проєктована потужність еквівалентної дози регламентується рівною $3 \cdot 10^{-4}$ мЗв (0,03 мбер/год). Цей рівень встановлено виходячи із того, що гранична доза (ГД) для обмеженої частини населення (категорія Б) дорівнює $5 \cdot 10^{-3}$ Зв за рік, або допустима мінімальна доза (ДМД) = 10^{-1} мЗв/тижд. (10 мбер/тижд.).

Для ряду радіонуклідних приладів технологічного контролю, які за умовами експлуатації найчастіше використовуються в загальних приміщеннях, потужність еквівалентної дози на відстані 1 м від захисного кожуха установки не повинна перевищувати 3 мкЗв у рік (0,3 мбер/рік). Вона встановлена із розрахунку, якщо на протязі усього робочого часу перебувати на цій відстані від установки протягом року, то не буде перевищена ГД для категорії Б, тобто 5 мЗв за рік (0,5 бер за рік). До розміщення установок з таким захистом, а також до приміщень, де вони експлуатуються, не пред'являється ніяких спеціальних вимог. Допустима потужність еквівалентної дози впритул до таких установок згідно ОСПУ-2000 не повинна перевищувати 0,1 мЗв/год (10 мбер/год). Якщо потужність еквівалентної дози перевищує 3 мкЗв/год (0,3 мбер/год) на відстані 1 м від захисного кожуха, то такі установки необхідно розміщувати в спеціальних приміщеннях, де передбачається стаціонарний захист, який залежить від потужності установок, характеристики джерела випромінювання і умов експлуатації.

Щоб забезпечити доступ у приміщення, де розміщуються установки, які опромінюють, при знаходженні джерела в положенні зберігання (установка вимкнена) і проведенні там необхідних налагоджувальних або ремонтних робіт, регламентована потужність дози на відстані 1 м від захисного кожуха не повинна перевищувати 30 мкЗв/год (3 мбер/год), що відповідає гранично припустимій дозі (ГПД) для персоналу в 50 мЗв (5 бер) за рік.

Пульт керування установок, які опромінюють, повинен розміщуватися у суміжному приміщенні; вхідні двері в приміщення, де розміщується установка, обладнані блокуючим пристроєм, який перешкоджає прохід в приміщення при увімкненій установці. Крім того, необхідно передбачати пристрій для

примусового дистанційного переміщення джерела в положення зберігання у випадку будь-якої аварії.

У деяких випадках умови роботи із джерелами гамма-випромінювання можуть бути такими, коли неможливо створити стаціонарний захист (при перезарядженні установок, добуванні радіоактивного препарату з контейнера, градуюванні приладу та ін.). У цьому випадку мається на увазі, що активність джерела невелика (10-30 мг/еквівалента радію). Щоб убезпечити персонал від опромінення, необхідно користуватися захистом відстанню та захистом часом. Це значить, що всі маніпуляції із відкритими джерелами гамма-випромінювання необхідно здійснювати за допомогою довгих захватів або тримачів. Відомо, що для джерел невеликих лінійних розмірів доза випромінювання зменшується обернено пропорційно квадрату відстані. Крім того, ту або іншу операцію необхідно проводити тільки за той проміжок часу, на протязі якого доза, отримана працюючим, не перевищить установлені величини. Такі роботи необхідно проводити під контролем дозиметриста. При цьому в приміщенні не повинні перебувати сторонні особи, а зону, де доза перевищує граничну допустиму за час роботи, необхідно відгородити.

Розрахунок захисту від нейтронів проводиться за відповідними формулами і номограмам. Як захисні матеріали необхідно використовувати речовини з малим атомним номером, наприклад, воду, поліетилен.

Практично не буває чистих потоків нейтронів. Як відомо, джерелами нейтронів є ядерні реактори, прискорювачі, радій-берилієві препарати. У цих джерелах крім нейтронів утворюється потужним потоком гамма-випромінювання. Тому при проектуванні захисту від нейтронів необхідно завжди одночасно передбачати захист від гамма-випромінювання.

Таким чином, при роботі із закритими джерелами випромінювання основними вимогами щодо забезпечення безпечних умов праці є: обладнання захисних огорожень, які забезпечують зниження дози зовнішніх потоків випромінювання на робочих місцях і сусідніх приміщеннях до допустимих рівнів; використання захисту часом і захисту відстанню. Це необхідно для того, щоб за час проведення якоїсь операції не відбулося переопромінення персоналу та обмеженої частини населення.

Робота з радіоактивними речовинами у відкритому виді

Радіоактивні речовини використовуються також у відкритому виді. У цих випадках, крім зовнішнього опромінення, можливе влучення радіоактивних речовин усередину організму. Тому при роботах із РР у відкритому виді поряд з організацією захисту від зовнішнього опромінення необхідно передбачати комплекс заходів, які запобігають радіоактивному забрудненню повітря та поверхонь робочих і суміжних приміщень, одягу і шкірних покривів, а також об'єктів зовнішнього середовища.

Одним з важливих заходів є забезпечення радіаційної безпеки (РБЗ) при роботі із РР у відкритому виді, при якій максимально утруднене поширення РР по інших приміщеннях. Для цього роботи із РР необхідно зосереджувати в

одній частині будинку та зменшувати до мінімуму переходи через ці приміщення. Обробка та обладнання приміщень повинні забезпечувати їхню легку дезактивацію. Крім того, ОСПУ-2000 пред'являє ряд вимог до системи вентиляції, організації робочих місць і технологічних режимів, до системи збору та видалення радіоактивних відходів, дотриманню заходів особистої гігієни і т.п., що дозволяє виключити можливість влучення радіоактивних речовин усередину організму і тим самим забезпечити безпечні умови праці. Ці вимоги залежать від характеру проведених робіт з тими або іншими радіонуклідами, їхньої активності, а також від групи радіаційної небезпеки, до якої належить даний радіонуклід.

Радіоактивні речовини як потенційні джерела внутрішнього опромінення по ступеню радіаційної небезпеки розділяють на чотири *групи*: А, Б, В, Г.

До групи А відносяться радіонукліди з мінімально значимою активністю (МЗА), рівною $3,7 \cdot 10^3$ Бк (0,1 мкКі); до груп Б, В, Г – радіонукліди, для яких МЗА дорівнює $3,7 \cdot 10^4$; $3,7 \cdot 10^5$ та $3,7 \cdot 10^6$ Бк (1, 10 и 100 мкКі відповідно).

Залежно від групи радіаційної небезпеки радіонукліда і його активності на робочому місці (згідно ОСПУ-2000) роботи із РР розділяються на три *класи*. Для кожного класу робіт відповідні вимоги пред'являються до обробки приміщень та інших санітарно-гігієнічних заходів, які необхідно дотримувати.

Роботи з відкритими джерелами активністю нижче мінімально значимої активності (МЗА), а також з будь-якою кількістю радіоактивних розчинів об'ємною активністю, яка не перевищує допустимої концентрації групи Б для води, можна проводити в приміщеннях, до яких спеціальні вимоги не пред'являються.

Роботи 3 класу можна робити в тих же приміщеннях, у яких проводяться роботи із стабільними ізотопами. Роботу з летучими, газоподібними, порошкоподібними РР доцільно проводити у витяжних шафах звичайного типу.

Для робіт 2 класу необхідно передбачити спеціально обладнані ізольовані приміщення, а роботу із РР проводити в захисних боксах (камерах) або в спеціальних витяжних шафах. У передній стінці таких захисних камер монтуються гумові рукавички або різний тип захвату, що дозволяють здійснювати необхідні операції із РР.

Захисні камери та витяжні шафи обладнані спеціальною вентиляцією. Щоб виключити просочування повітря в лабораторні приміщення у камерах і шафах створюється розрядження. При роботах 2 класу необхідно систематично проводити дозиметричний контроль рівнів гамма-випромінювання в лабораторіях, індивідуальний контроль забруднення повітря, поверхонь.

У приміщеннях, де проводяться роботи 2 класу, необхідно мати санітарний пропускник або душу, на виході з яких повинен здійснюватися контроль рівня забруднення рук і тіла.

Роботи 1 класу проводяться в окремому будинку або в приміщеннях, розташованих в окремій частині будинку, ізольованих один від одного приміщеннях і які мають спеціальне планування, що забезпечує відділення

апаратури для вимірів від установок, які є джерелами забруднення повітряного середовища, поверхонь, а також місць постійного перебування людей.

Найбільш раціонально використовувати *трьох зональне планування*. У *першій зоні* розташовуються камери, бокси, приміщення, які не обслуговуються, де розміщені технологічне обладнання та комунікації, які є основним джерелом радіоактивного забруднення. До *другої зони* відносяться приміщення, які обслуговуються періодично, де може здійснюватися ремонт обладнання та інші роботи, пов'язані із розкриттям технологічного обладнання, а також вузли завантаження-вивантаження радіоактивних матеріалів, приміщення тимчасового зберігання радіоактивних відходів. До *третьої зони* відносяться приміщення, призначені для постійного перебування персоналу: операторські, пульти керування та ін. Між другою і третьою зонами обладнаються санпропускники примусового типу.

У всіх приміщеннях передбачається спеціальна вентиляція з фільтрами на виході для очищення повітря. У першій і другій зонах створюється розрядження стосовно третьої зони, щоб запобігти просочуванню повітря з першої та другої зон, де ймовірність забруднення вище, ніж у третій.

При роботі з відкритими РР, коли можливе появлення у приміщеннях радіоактивних аерозолів, обслуговуючий персонал обов'язково забезпечується респіраторами для захисту органів дихання від РР.

При переході із приміщень для робіт менш високого класу в приміщення для робіт більш вищого класу необхідно контролювати рівень радіоактивного забруднення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) і рук. При переході із другої в третю зону в саншлюзі необхідно знімати додаткові ЗІЗ (пластикові халати, фартухи, додаткове взуття). При цьому додаткові ЗІЗ необхідно піддавати дезактивації в саншлюзі або в інших спеціально відведених місцях.

Поряд із цим повинен проводитися систематичний контроль рівня забруднення основного спецодягу.

Сучасна концепція радіозахисного харчування базується на трьох принципах:

- обмеження надходження радіонуклідів з їжею;
- гальмування всмоктування, накопичення та прискорення їх виведення;
- підвищення захисних сил організму.

Третій напрям передбачає пошук та створення радіозахисних харчових речовин і продуктів, які мають антиоксидантну та імуностимулюючу активність і здатні підвищувати стійкість організму до несприятливої дії радіоактивного випромінювання (антимутагени та радіопротектори). На допомогу приходять природні «захисники». До цих речовин належать: листя чаю, виноград, чорна смородина, чорноплідна горобина, обліпіха, банани, лимони, фініки, грейпфрути, гранати; з овочів – брюссельська і цвітна капуста, боби, петрушка. Для того, щоб радіонукліди не засвоювались організмом, потрібно постійно вживати продукти, які містять пектини, зокрема яблука. Насіння соняшника належить до групи радіозахисних продуктів. Багаті на біорегулятори морські продукти, дуже корисний мед та свіжі фруктові соки.

Правильна організація роботи, систематичний дозиметричний контроль і вчасно вжиті заходи дезактивації, а також виконання правил особистої гігієни - необхідна умова забезпечення радіаційної безпеки, що дозволяє виключити шкідливий вплив РР на організм людини.

Лекція № 6

Тема лекції: „Фізичні основи реєстрації іонізуючих випромінювань”

План лекції

1. Загальна характеристика методів виміру іонізуючих випромінювань.
2. Фізичні основи реєстрації іонізуючих випромінювань.
3. Методи реєстрації іонізуючих випромінювань.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
3. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
4. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
5. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Вступ

Розвиток атомної промисловості, широке використання ядерних технологій у багатьох галузях народного господарства призвели до необхідності створення надійних методів реєстрації (виміру) іонізуючих випромінювань.

1. Загальна характеристика методів виміру іонізуючих випромінювань

Вимір іонізуючого випромінювання – це вимір фізичної величини, що характеризує джерело або поле іонізуючого випромінювання, радіоактивні зразки або взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною.

Вимір іонізуючого випромінювання виконується з метою визначення їх якісних і кількісних характеристик (вид випромінювання, енергія, активність джерела випромінювання, щільність потоку і т.д.). Основним елементом будь-якого приладу, призначеного для виміру іонізуючого випромінювання, є детектор випромінювання.

Детектор – це первинний вимірювальний перетворювач, що перетворює параметри іонізуючих випромінювань у параметри таких фізичних ефектів, які легко можна зареєструвати наявними технічними пристроями.

Основа будь-якого методу виміру становить взаємодію випромінювання з

речовиною. Вплив іонізуючого випромінювання на середовище приводить до іонізації та збудження атомів і молекул цього середовища. Крім того, це може призвести до різних фізичних і хімічних змін у речовині (зміна електричних властивостей, випромінювання світла, зміна оптичних параметрів, температури, об'єму, зміна концентрації продуктів радіаційно-хімічних реакцій і т.п.). Вимір іонізуючого випромінювання завжди пов'язаний із заміром тих змін, які виникають у результаті поглинання енергії випромінювання в чутливому об'ємі детектора. Детектори іонізуючого випромінювання розрізняють насамперед за методом реєстрації, тобто за ефектом взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, який використовується в детекторі.

Залежно від характеру взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною розрізняють наступні методи його реєстрації (виміру): іонізаційний; сцинтиляційний; люмінесцентний (термо- і фотолюмінесцентний); фотографічний; хімічний та ін.

Іонізаційний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на вимірі іонізуючого ефекту, що виникає в речовині чутливого обсягу іонізаційного детектора під впливом іонізуючого випромінювання. До іонізаційних детекторів відносяться іонізаційні камери, газорозрядні лічильники та напівпровідникові детектори.

Сцинтиляційний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на реєстрації та аналізі сцинтиляцій (від лат. *scintillatio* – блискотіння, мерехтіння, спалах світла), що виникають у речовині чутливого обсягу сцинтиляційного детектора під впливом іонізуючого випромінювання. Світловий спалах – сцинтиляція, за допомогою фотоелектронного помножувача або іншого fotocутливого приладу перетворюється в електричний сигнал.

Найчастіше в радіометричних вимірюваннях використовують сцинтиляційні лічильники, що мають низку переваг: вони універсальні з погляду можливості реєстрації іонізуючих випромінювань практично будь-яких видів; дають можливість вимірювати енергію досліджуваних частинок або квантів; володіють високою роздільною здатністю і високою ефективністю реєстрації випромінювання (до декількох відсотків). Сучасний сцинтиляційний лічильник складається з сцинтилятора – речовини, здатної випускати видиме випромінювання під дією заряджених частинок, і фотоелектронного помножувача (ФЕП), в якому енергія світлових спалахів (сцинтиляції) перетворюється в імпульси електричного струму.

Сцинтилятор разом з фотоелектронним помножувачем становить сцинтиляційний лічильник. Мірою випромінювання може бути величина струму на виході фотоелектронного помножувача або швидкість рахунку імпульсів.

Люмінесцентний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на реєстрації та аналізі люмінесценції (від лат. *Lumen, Luminis* – світло, світіння без виділення тепла), що виникає в речовині під впливом іонізуючого випромінювання. У таких речовинах енергія іонізуючого випромінювання накопичується та може утримуватися тривалий час. Під впливом стимулюючих факторів, таких як світлове опромінення або

температурне нагрівання, люмінофор частину поглиненої енергії випромінює у вигляді фотонів світла. У відповідності зі стимулюючим фактором метод може бути фотолюмінісцентним або термолюмінісцентним.

Мірою накопиченої енергії, тобто дози, служить кількість фотонів, що випускаються. Реєстрація світіння здійснюється за допомогою фотоелектронного помножувача.

Фотографічний метод – це оптичний метод виміру іонізуючого випромінювання, здійснюваний за допомогою виміру зміни під впливом іонізуючого випромінювання оптичної щільності світлочутливого матеріалу після його проявлення. Як детектор використовується спеціальна рентгенівська фотоплівка. Мірою поглиненої енергії, тобто дози, служить щільність почорніння фотоматеріалу після його проявлення та закріплення.

Хімічний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на вимірі концентрації продуктів радіаційно-хімічних реакцій у речовині хімічного детектора під впливом іонізуючого випромінювання. Мірою поглиненої енергії, тобто дози, служить вихід радіаційно-хімічних реакцій. У якості детектуючого середовища при хімічному методі використовуються різні водяні розчини.

У дозиметрії найбільше застосування знайшли іонізаційний, сцинтиляційний і люмінесцентний методи дозиметрії, а з детекторів, заснованих на цих методах, переважно використовуються іонізаційні камери (ІК), газорозрядні лічильники (ГЛ), сцинтиляційні лічильники (СЛ), напівпровідникові детектори (НПД), які, завдяки цілому ряду позитивних якостей, є перспективними. Все більше застосування знаходять люмінесцентні методи дозиметрії, а фотографічний і хімічний методи виміру ІВ застосовуються у спеціальних випадках.

2. Фізичні основи реєстрації іонізуючих випромінювань

Взаємодія іонізуючих випромінювань із різними речовинами приводить до різноманітних змін їх фізичних і хімічних властивостей. Ці зміни беруться за основу при розробці методів реєстрації іонізуючих випромінювань. Невід'ємна частина будь-якого детектора – чутливий об'єм, у якому енергія іонізуючого випромінювання в процесі взаємодії з речовиною перетворюється в певний вид сигналу. Речовина, що представляє собою чутливий об'єм, може бути газом, рідиною, твердим тілом, що і дає відповідні назви детекторам: газові, рідинні, твердотільні.

Одна з основних характеристик детектора – *ефективність реєстрації* випромінювання, що дорівнює відношенню енергії, поглиненої в чутливому об'ємі, до енергії випромінювання, яка проходить через цей об'єм.

Вимірювальна апаратура характеризується *чутливістю*, яка визначається мінімальним рівнем реєструемого сигналу детектора. Різноманітні обладнання, що реєструють обов'язково містять наступні складові частини (рис.6.1):

- детектор для перетворення енергії іонізуючого випромінювання в інші форми енергії, більш зручні для реєстрації (електричну, світлову, теплову і

т.д.).

- підсилювач для підсилення сигналів;
- перетворююче обладнання для перетворення сигналів по амплітуді, формі, кількості та тривалості;
- обладнання реєстрації, що показує або реєструє сигнал в формі зручній для сприймання людиною. Обладнанням, що реєструє, може бути стрілочний прилад, самопис, електромеханічний лічильник, цифровий індикатор, дисплей і т.д.;
- блок живлення для живлення окремих блоків приладу стабілізованою напругою. Для цієї мети можуть використовуватися акумулятори, батареї, високовольтні стабілізатори та інші засоби.

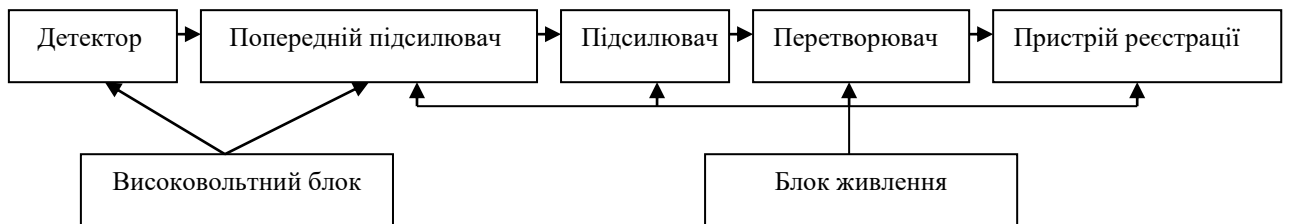


Рис.6.1. Структурна схема установки реєстрації іонізуючого випромінювання.

Для того щоб визначити дозиметричні характеристики реєструемого випромінювання необхідно встановити зв'язок між сигналом, сформованим детектором, і дозою (потужністю дози) випромінювання. Розглянемо на прикладі фотонного випромінювання найбільш важливі поняття, визначення та фізичні характеристики, необхідні для встановлення такого зв'язку.

Електронна рівновага – це такий стан взаємодії фотонів з речовиною, при якому поглинена енергія випромінювання в заданому об'ємі речовини дорівнює сумарній кінетичній енергії електронів, звільнених фотонами в тому ж об'ємі. Поглинена енергія в об'ємі визначається співвідношенням:

$$\Delta E = (E_{\gamma} + E_e) - (E'_{\gamma} + E'_e). \quad (6.1)$$

де: E_{γ} , E'_e сумарна енергія всіх фотонів, що відповідно входять у розглянутий об'єм і виходять із нього;

E_e , E'_e – сумарна кінетична енергія всіх вхідних і вихідних електронів.

Енергія вхідних в об'єм фотонів перетворюється в сумарну кінетичну енергію електронів, що виникають у цьому об'ємі E_k і енергію фотонів, що виходять із об'єму E'_{γ} :

$$E_{\gamma} = E'_{\gamma} + E_k. \quad (6.2)$$

При $\Delta E = E_k$ (по визначенню) з (6.1) і (6.2) одержимо:

$$E_e = E'_e$$

тобто при електронній рівновазі сумарна кінетична енергія всіх електронів, що входять у розглянутий об'єм, дорівнює сумарній кінетичній енергії електронів,

що залишають його.

Ефективний атомний номер речовини в дозиметрії – це атомний номер такої умовної простої речовини, для якого коефіцієнт передачі енергії випромінювання, розрахований на один електрон середовища, дорівнює коефіцієнту для даної складної речовини.

У двох речовинах з однаковим ефективним атомним номером при електронній рівновазі та тотожних умовах опромінення поглинена енергія випромінювання, що доводиться на один електрон середовища, яке опромінюється, буде однаковою.

Ефективний атомний номер визначається для кожного виду взаємодії. Для фотоэффекту ефективний атомний номер складної речовини визначається за формулою:

$$Z_{ef} = \sqrt{\frac{a_1 Z_1^4 + a_2 Z_2^4 + a_3 Z_3^4}{a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3}},$$

для ефекту утворення пари:

$$Z_{ef} = \frac{\sum_i a_i \cdot Z_i^2}{\sum_i a_i \cdot Z_i}$$

де: a_1, a_2, a_3 . – відносне число атомів відповідно елементів $Z_1, Z_2, Z_3 \dots$ у складній речовині.

Для комптон-ефекту немає необхідності у визначенні Z_{ef} , тому що для складної речовини, яка складається з не дуже важких елементів, число електронів міняється незначно і перетин пропорційний $Z/A = const$.

Середня енергія іоноутворення. Звільнені фотонами електрони витрачають свою енергію на порушення, іонізацію та гальмове випромінювання. Кінетична енергія первинного електрона дорівнює:

$$E_e = E_{iон} + E_s. \quad (6.3)$$

де: $E_{iон}$ – енергія, що затрачується на іонізацію;

E_s – енергія, що переходить в енергію характеристичного та гальмового випромінювання.

Якщо прийняти що U_i – середній потенціал іонізації атомів середовища, а $N_{iон}$ – повне число пар іонів, то одержимо:

$$E_{iон} = N_{iон} \cdot e \cdot U_i. \quad (6.4)$$

де: e – заряд одного іона;

U_i – енергія іонізації.

Із (6.3) та (6.4) отримаємо середню енергію, необхідну на утворення одної пари іонів:

$$W_0 = \frac{E_e}{N_{\text{іон}}} = e \cdot U_i \left(1 + \frac{E_S}{E_{\text{іон}}} \right).$$

Середня енергія іоноутворення містить у собі енергію іонізації та енергію порушення. В області енергій електронів до декількох мегаелектронвольт втратою енергії на гальмове випромінювання зневажають. Середнє значення W_0 для повітря прийняте рівним 33,85 еВ.

Співвідношення Брега-Грея встановлює зв'язок між поглиненою енергією в порожнині та у оточуючій її стінці.

Теоретично співвідношення отримується при наступних припущеннях:

- інтенсивність первинного випромінювання постійна в газовій порожнині та у оточуючій її речовині;
- лінійні розміри газової порожнини значно менше, ніж пробіг електронів, звільнених фотонами;
- газова порожнина для досягнення в ній електронної рівноваги повинна бути оточена шаром твердої речовини, товщина якого більше пробігу найбільш швидких електронів у твердій речовині.

Виходять цих припущень, можна одержати наступне співвідношення:

$$\Delta E_Z = \rho \cdot q \cdot W_0, \quad (6.5)$$

де: ΔE_Z – енергія, поглинена за одиницю часу в одиниці об'єму твердої речовини поблизу порожнини;

$\rho = S_z(E_e)/S_r(E_e)$ – середнє значення відношення гальмової здатності (середньої втрати енергії на одиниці шляху електронами з енергією E_e) твердої речовини та газу;

q – число пар іонів, що утворюються в одиниці об'єму порожнини за одиницю часу;

W_0 – середня енергія іоноутворення в повітрі.

Формула (6.5) називається формулою *Брега-Грея*. Добуток $q \cdot W_0$ в формулі дорівнює енергії, яка поглинена в одиниці об'єму порожнини ΔE_n . У загальному випадку для любого наповнення порожнини и любого складу оточуючого її матеріалу формула (6.5) має вид:

$$\Delta E_Z = \rho \cdot \Delta E_n \quad (6.6)$$

Енергетична залежність чутливості дозиметричних детекторів. Припустимо, що показання приладу, призначеного для виміру поглиненої енергії ΔE_0 у деякій зразковій речовині, пропорційні поглиненій енергії в чутливому об'ємі детектора. Якщо для детектора дотримані умови Брега-Грея, то поглинена енергія ΔE_Z у стінках, що оточують чутливий об'єм детектора, пов'язана з поглиненою енергією в самому чутливому об'ємі ΔE_n співвідношенням:

$$\Delta E_Z = S_Z \cdot \Delta E_n / S_r \quad (6.7)$$

при електронній рівновазі:

$$\Delta E_0 = \mu_{en,0} \cdot \Delta E_Z / \mu_{en,Z}, \quad (6.8)$$

де: $\mu_{en,0}$ і $\mu_{en,z}$ – коефіцієнти поглинання енергії фотонного випромінювання зразкової речовини та стінки детектора відповідно.

Так, як показання приладу пропорційні ΔE_n , а вимірювана величина є ΔE_0 , то чутливість детектора пропорційна відношенню $\Delta E_n / \Delta E_0$. З (6.7) і (6.8) одержимо вираз для чутливості:

$$\frac{\Delta E_n}{\Delta E_0} = \frac{\mu_{en,Z}}{\mu_{en,0}} \cdot \frac{S_r}{S_Z} \quad (6.9)$$

Розглянемо енергетичну залежність чутливості $\Delta E_n / \Delta E_0 = f(E)$ іонізаційної камери, наповненої повітрям, прийнявши повітря за зразкову речовину, у якому необхідно виміряти поглинену енергію в полі фотонного випромінювання. Тоді замість (6.9) можна записати:

$$\frac{\Delta E_n}{\Delta E_0} = \frac{\mu_{en,E,Z}}{\mu_{en,E,B}} \cdot \frac{S_{E,B}}{S_{E,Z}} \quad (6.10)$$

де: $\mu_{en,E,B}$ та $S_{E,B}$ – відповідно коефіцієнт поглинання та гальмова здатність для повітря із розрахунку на один електрон середовища;

$\mu_{en,E,Z}$ і $S_{E,Z}$ – ці ж величини для матеріалу стінки камери.

Відношення $S_{E,B} / S_{E,Z}$ практично не залежить від енергії фотонів і, таким чином, енергетична залежність чутливості детектора визначається відношенням $\mu_{n,E,Z} / \mu_{n,E,B}$.

Зміни коефіцієнтів поглинання (а отже і чутливості детектора) залежно від енергії первинного випромінювання називають ходом із жорсткістю.

3. Методи реєстрації іонізуючих випромінювань

Залежно від характеру взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною розрізняють наступні методи його реєстрації (виміру):

- іонізаційний;
- сцинтиляційний;
- люмінесцентний (термо- і фотолюмінесцентний);
- фотографічний;
- хімічний та ін.

Іонізаційний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на вимірі іонізуючого ефекту, що виникає в речовині чутливого обсягу іонізаційного детектора під впливом іонізуючого випромінювання. До іонізаційних детекторів відносяться іонізаційні камери, газорозрядні лічильники та напівпровідникові детектори.

Іонізаційна камера – це газовий іонізаційний детектор, у якому електричне поле використовується для збирання без газового підсилення зарядів, що виникають у чутливому об'ємі під дією іонізуючого

випромінювання.

Іонізаційна камера (ІК) використовується в основному на приладах, призначених для виміру потужності дози випромінювань і дози випромінювання і являє собою пристрій, що складається із двох плоско паралельних металевих пластин-електродів, ізольованих одна від іншої високоякісним діелектриком, до яких підведена напруга від джерела живлення. Простір між електродами заповнюється повітрям або яким-небудь іншим робочим газом і є чутливим об'ємом камери. Найчастіше використовується камера з повітряним наповнювачем при атмосферному тиску.

На електроди камери подається постійна напруга від джерела живлення. Під час впливу на робочий об'єм радіоактивного випромінювання в ІК утворюються електрони і позитивно заряджені іони (рис.6.2).

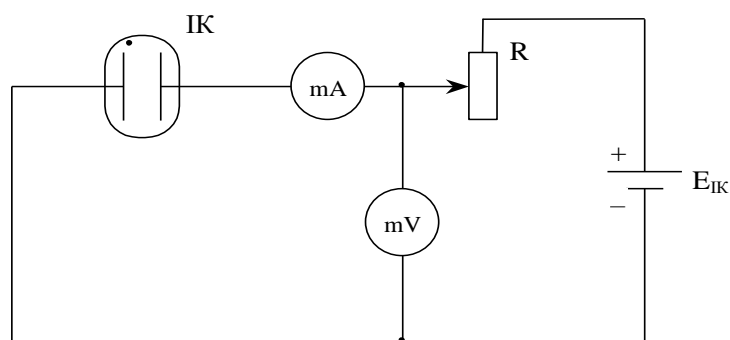


Рис. 6.2. Схема включення іонізаційної камери

Під дією сил електричного поля електрони переміщуються до позитивного електрода (анода), а позитивно заряджені іони – до негативного (катода). Частина цих іонів і електронів під час зіткнення між собою будуть рекомбінувати, а інша частина, досягнувши електронів, – нейтралізуватися на них. У результаті заряд на електродах буде зменшуватися, що викликає приплив нових зарядів від джерела живлення, тобто в зовнішньому ланцюзі іонізаційної камери буде протікати електричний струм, який називається іонізаційним струмом. Величина іонізаційного струму буде визначатися потужністю дози (ПД) випромінювання, що впливає на робочий об'єм іонізаційної камери, та напругою, що прикладена до електродів. Отже, вимірюючи величину іонізаційного струму, можна визначити потужність дози випромінювання, що впливає на іонізаційну камеру.

Якщо камера заповнена повітрям, то електрони приєднуються до молекул кисню і утворюють негативні іони. Якщо різниця потенціалів на електродах камери дорівнює нулю, то іони, що утворюються під дією випромінювання, як і всі молекули газу, будуть брати участь у тепловому русі. При цьому іони можуть зіштовхуватися один з одним і утворювати нейтральні молекули, тобто рекомбінувати. Після закінчення деякого часу в камері встановиться динамічна рівновага між числом пар іонів, що утворюються n і числом рекомбінуваних n_p за

одиницю часу в одиниці об'єму камери пар іонів, тобто:

$$n = n_p$$

Якщо до електродів камери прикласти деяку різницю потенціалів, то під дією електричного поля, що утворилося, позитивні та негативні іони будуть переміщуватися відповідно до негативного електроду (катода) і позитивного електроду (анода).

Частина іонів n_e в кожен одиницю часу буде розряджатися на електродах, а інша частина n_p – рекомбінувати. При цьому буде спостерігатися рівність:

$$\begin{aligned} n &= n_e + n_p, & \text{звідки} \\ n_e &= n - n_p. \end{aligned} \tag{6.11}$$

Іони, розряджаючись на електродах, утворюють струм у зовнішньому ланцюзі, що називають іонізаційним струмом:

$$I = q_e \cdot n_e \cdot V,$$

де: I – струм у ланцюзі камери, А;

V – об'єм камери, см³;

N_e – число пар іонів, що розряджаються в одиниці об'єму камери за одиницю часу;

q_e – заряд електрону.

З огляду на вираз (6.11), запишемо:

$$I = q_e \cdot V \cdot (n - n_p), \text{ А.}$$

Таким чином, величина іонізаційного струму залежить як від числа утворених, так і від числа рекомбінованих іонів, тобто від імовірності рекомбінації. Зі зменшенням імовірності рекомбінації струм іонізаційної камери за інших рівних умов збільшується та у граничному випадку буде мати значення:

$$I = q_e \cdot V \cdot n$$

У випадку, коли всі іони, що утворюються за одиницю часу в об'ємі камери досягають електродів, струм камери буде постійним і називається струмом насичення.

Теорія іонізаційної камери показує, що для забезпечення повного насичення необхідно до електродів камери прикласти нескінченно велику напругу. На практиці обмежуються наближенням до насичення, тобто коли 95% утворених в об'ємі іонізаційної камери іонів досягнуть своїх електродів і тільки 5% рекомбінують.

Для того, щоб виконати цю умову, необхідно до електродів прикласти напругу, рівну:

$$U = 1,41 \cdot 10^{-3} \cdot h^2 \cdot \sqrt{n},$$

де: h – відстань між електродами ІК, см;

n – концентрація пар іонів, що утворилися в одиниці об'єму камери при потужності дози гамма-випромінювання \dot{X} , Р/г.

З огляду на те, що при потужності дози гамма-випромінювання в 1 Р/год в 1 см³ повітря утвориться $2,08 \cdot 10^9$ пара іонів, будемо мати:

$$U = 1,41 \cdot 10^{-3} \cdot h^2 \cdot \sqrt{\frac{2,08 \cdot 10^9}{3,6 \cdot 10^3} \cdot \dot{X}} = 1,1 \cdot h^2 \cdot \sqrt{\dot{X}},$$

де U – напруга живлення іонізаційної камери, В;

h – відстань між електродами, см;

\dot{X} – потужність дози гамма-випромінювання, Р/год;

$3,6 \cdot 10^3$ – число секунд у годині.

Вираз у системі СІ буде мати вигляд:

$$U = 3,93 \cdot 10^{-3} \cdot h^2 \cdot \sqrt{\dot{X}},$$

де: \dot{X} – потужність дози гамма-випромінювання, Р/год;

h – відстань між електродами, см;

За даною формулою обчислюють робочу напругу іонізаційної камери, що відповідає максимальному значенню діапазону потужностей доз гамма-випромінювання \dot{X} для плоскопаралельної камери.

Якщо камера циліндрична, то у формулу необхідно підставити еквівалентну відстань між електродами:

$$h_{екв} = (r_2 - r_1) \cdot \sqrt{\frac{r_2 + r_1}{r_2 - r_1} \cdot \frac{1}{2} \ln \frac{r_2}{r_1}},$$

де: $h_{екв}$ – еквівалентна відстань між електродами, см;

r_1 – зовнішній радіус внутрішнього електрода, см;

r_2 – внутрішній радіус зовнішнього електрода, см.

Іонізаційні камери, як правило, працюють у режимі насичення. По струму насичення можна визначити потужність дози, активність радіоактивного джерела та інші параметри випромінювання. Величина іонізаційного струму досить мала (10^{-10} - 10^{-15} А), тому його вимірювання здійснюється спеціальними методами.

Газорозрядний лічильник (ГЛ) – це газовий іонізаційний детектор, що має коефіцієнт газового посилення більше одиниці, у якому окремі акти іонізації викликають появу на виході електричних імпульсів.

Устрій газорозрядного лічильника представлений на рис. 6.3.

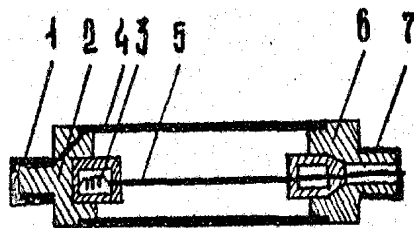


Рис. 6.3. Циліндричний газорозрядний лічильник
 1 - вивід катода; 2, 6 - ізолятори; 3 - пружина;
 4 - катод; 5 - анод; 7 - вивід анода.



Рис. 6.4. Газорозрядний лічильник СТС-5.

Конструктивно газорозрядного лічильника виконаний, як правило у вигляді циліндра – зовнішнього електрода, по осі якого натягається тонка металева нитка, внутрішній електрод.

Зовнішній електрод виготовляється металевим або скляним з нанесенням на нього шару металу. Це катод лічильника.

Нитка є анодом і через навантажувальний опір з'єднується із плюсом джерела живлення.

Таким чином, включення газорозрядного лічильника по полярності протилежно включенню іонізаційної камери.

Газорозрядний лічильник використовується як детектор іонізуючого випромінювання в приладах, призначених для виявлення радіоактивного зараження місцевості та об'єктів.

Принципова відмінність лічильника від іонізаційної камери полягає в тому, що в ньому використовується посилення іонізаційного струму за рахунок явища ударної іонізації.

Поява ударної іонізації можлива тоді, коли енергія, яку отримав електрон на довжині свого пробігу до анода, виявиться більше енергії іонізації газу. У цьому випадку зіткнення електрона з нейтральною молекулою газу призведе до появи пари: позитивного іону і вторинного електрону. Вторинний електрон, що утворився, у свою чергу, може придбати енергію, достатню для іонізації

молекул газу і т.д. У результаті загальне число електронів буде швидко, лавиноподібно зростати, тобто утворяться електронні лавини.

Розряджаючись на відповідних електродах, електрони та позитивні іони утворюють імпульс струму в ланцюзі лічильника і відповідно імпульс напруги на його електродах.

Як наповнювачі газорозрядного лічильника у більшості випадків використовуються інертні гази – аргон і неон. Основна вимога до наповнювачів – малий коефіцієнт прилипання електронів. При виконанні цієї вимоги перенесення негативних зарядів у лічильнику буде здійснюватися вільними електронами. Це сприяє скороченню тривалості імпульсу лічильника.

Повітря як наповнювач не використовується, тому що кисень, який входить у склад повітря, легко утворює з електронами малорухомі негативні іони.

Газорозрядні лічильники *класифікуються* за режимом роботи, за способом гасіння розряду в них, за видом випромінювання, що реєструється, за формою виконання.

За режимом роботи: пропорційні; обмежено пропорційні; самостійного розряду; іскрові; коронні.

За способом гасіння: несамогасні; самогасні (спиртові та галогенні).

За видом випромінювання, що реєструється: лічильники альфа-випромінювання; м'якого бета-випромінювання; жорсткого бета-випромінювання; гамма-випромінювання; нейтронного випромінювання.

За формою виконання лічильника: циліндричні; торцеві.

Конструкція газорозрядного лічильника в основному визначається видом і енергією іонізуючого випромінювання.

Напівпровідникові детектори іонізуючого випромінювання

У дозиметрії іонізуючого випромінювання досить широке поширення одержали твердотільні детектори на основі кристалів і напівпровідників деяких речовин.

Принцип роботи таких детекторів також заснований на ефекті іонізації, що створюється іонізуючим випромінюванням в його чутливому об'ємі. Але процеси, що протікають у таких детекторах, відрізняються від процесів у газових детекторах через наявність сильного зв'язку між атомами, що утворюють кристалічні решітки. Атоми кристала не можуть розглядатися ізольовано один від одного, як у газі, тому що зовнішні електронні оболонки перекриваються. Валентні електрони можуть переміщуватися по всьому об'єму кристала. Приналежність їх до конкретних атомів зникає, замінюючись сукупною взаємодією всіх електронів з атомною основою кристалічних решіток.

Тому процеси, що протікають у напівпровідникових і кристалічних детекторах при поглинанні ними енергії іонізуючого випромінювання, можна пояснити не іонізацією атомів, із яких складається кристал, а використовуючи зонну теорію кристалів.



Залежно від способу одержання $n-p$ – переходу напівпровідникові детектори розділяються на *дифузійні, поверхнево-бар'єрні, детектори з іонним легуванням, дифузійно-дрейфові*.

Висока чутливість, малі габарити, можливість створення точкових детекторів з низькою робочою напругою роблять кристалічні і напівпровідникові детектори незамінними в багатьох практичних випадках, наприклад, у медицині, контролі та керуванні ядерними енергетичними установками, у приладах захисту та контролю герметичності оболонок тепловиділяючих елементів ядерних реакторів.

До серйозних недоліків таких детекторів відносять:

- досить значна інерційність (за рахунок малих значень амплітуд імпульсів напруги та струму), що змушує використовувати складні пристрої посилення та накопичення інформації;
- зміна чутливості в часі за рахунок руйнування кристалічних решіток частками більших енергій;
- залежність результатів виміру від енергії іонізуючих часток (хід з жорсткістю).

Ці недоліки, а також відносно висока вартість стали головною причиною того, що у військовій дозиметрії напівпровідникові детектори поки не знайшли широкого застосування.

Сцинтиляційний метод – це метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на реєстрації та аналізі сцинтиляцій (від лат. *scintillatio* – блискотіння, мерехтіння, спалах світла), що виникають у речовині чутливого об'єму сцинтиляційного детектора під впливом іонізуючого випромінювання.

У дозиметрії іонізуючих випромінювань використовують різні оптичні явища, що виникають у деяких речовинах, що піддаються впливу іонізуючого випромінювання. Одним з таких оптичних явищ є сцинтиляція деяких матеріалів, що використовуються у дозиметрії як детектори.

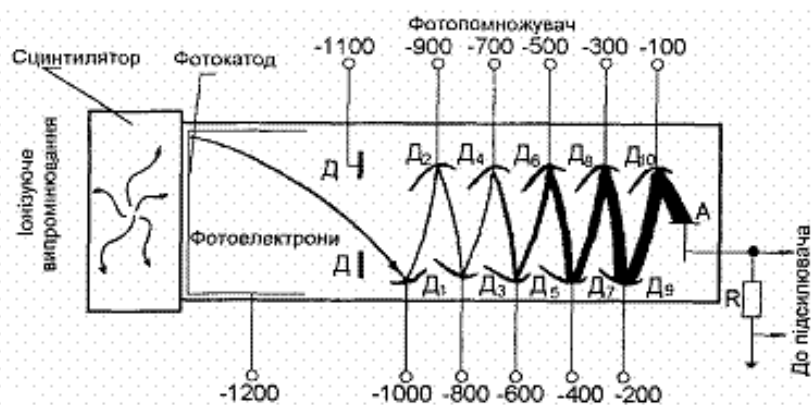
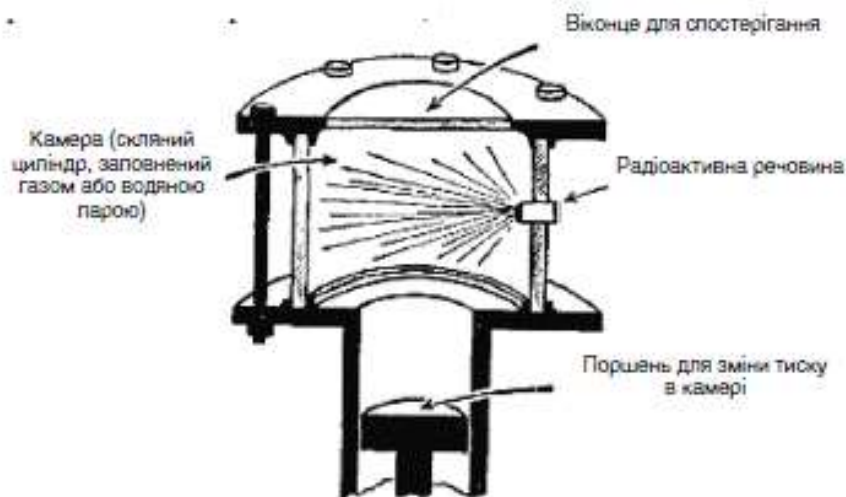


Рис. 15. Принципова схема сцинтиляційного лічильника

Радіофотолюмінесцентний ефект в дозиметрії

Сутність люмінесцентних методів дозиметрії полягає в тому, що деякі речовини поглинають енергію іонізуючого випромінювання та утримують її тривалий час.

Накопичена енергія може бути звільнена при впливі на таку речовину дестабілізуючих факторів, таких як опромінення ультрафіолетовим світлом або нагріванням. Накопичена енергія виділяється у вигляді світіння речовини жовтогарячим або синім світлом. У першому випадку явище називається радіофото- (РФЛ), у другому випадку радіотермо- (РТЛ) люмінесценція. Ступінь інтенсивності світіння і є ступенем поглиненої енергії іонізуючого випромінювання.

У практичній дозиметрії як речовини, що володіють радіофотолюмінесцентними властивостями, використовуються метафосфатне скло активоване сріблом.

Історично *фотографічний метод* дозиметрії або реєстрації іонізуючого випромінювання є першим методом, за допомогою якого було виявлено іонізуючого випромінювання. Фотографічний метод – це оптичний метод виміру іонізуючого випромінювання, заснований на вимірі зміни під впливом іонізуючого випромінювання оптичної щільності світлочутливого матеріалу після його проявлення.

Сучасні світлочутливі матеріали, як правило, складаються із світлочутливого шару – емульсії та підкладки. Як підкладка звичайно використовуються скло, целулоїд, папір. Залежно від матеріалу підкладки розрізняють фотопластинки, фотоплівки, фотопапір.

У нинішній час із метою дозиметрії, як правило використовують рентгенівські плівки, що представляють собою світлочутливу емульсію, нанесену з однієї або із двох сторін на целулоїдну підкладку.

Таким чином, для виміру дози іонізуючого випромінювання необхідно виміряти почорніння фотографічного матеріалу.

Хімічний метод дозиметрії заснований на вимірі виходу радіаційно-хімічних реакцій, що протікають у речовині хімічного детектора під впливом іонізуючого випромінювання. Іонізовані та збуджені молекули, що утворюються при поглинанні енергії випромінювання, часто виявляються хімічно нестійкими та розпадаються з утворенням хімічних радикалів. Останні, маючи підвищену хімічну активність, взаємодіють із різними елементами середовища. У результаті хімічних реакцій, що протікають, відбувається нагромадження нових продуктів. Якщо вихід продуктів не залежить від швидкості поглинання енергії, то така система може бути використана для виміру дози. Кількість кінцевих продуктів, пропорційна дозі, може бути визначена відповідними фізико-хімічними методами.

У нинішній час поширені рідинні хімічні детектори, що використовують водяні розчини. Ці детектори засновані на хімічних реакціях, які протікають між розчиненими у воді речовинами та продуктами радіолізу води, що утворюються під дією іонізуючого випромінювання.

З рідинних хімічних детекторів набули застосування феросульфатний, нітратний методи та метод заснований на хлорзаміщених вуглеводах.

Феросульфатний метод заснований на властивості іонів двовалентного заліза Fe^{2+} окислятися у кислому середовищі радикалами $OH\cdot$ до тривалентного Fe^{3+} .

Нітратні дозиметри. Цей дозиметр заснований на властивості іонів нітрату NO_3^- відновлюватися атомарним воднем до нітриту іону NO_2^- , які можуть бути виявлені рядом індикаторів. Як дозиметрична система використовуються водні розчини нітратів, наприклад KNO_3 .

Дозиметри на основі хлороформу. У процесі опромінення хлороформу в дозиметрі накопичується соляна кислота HCl . Соляну кислоту, що утворилася, можна виявити за допомогою кислотно-основного індикатора, наприклад, водного розчину бромкреазолу пурпурного.

Хімічні дозиметри можуть застосовуватися для вимірів дуже великих доз гамма-випромінювання.

Таким чином, на занятті розглянуто загальну характеристику методів виміру іонізуючих випромінювань, фізичні основи реєстрації іонізуючих випромінювань та методи реєстрації іонізуючих випромінювань.

Лекція № 7

Тема лекції: „Принципи побудови та функціонування приладів радіаційної розвідки та контролю”

План лекції

1. Класифікація дозиметричної апаратури.
2. Принципи побудови та функціонування аналітичних засобів радіаційної розвідки та контролю.

Література

1. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
2. Безпека життєдіяльності. Підручник затверджений МОН України / Запорожець О.І. – К.: ЦУЛ, 2019. – 448 с.
3. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
4. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Вступ

Значний прогрес в галузі створення приладів, що реєструють іонізуючі випромінювання (ІВ), був досягнутий завдяки необхідності удосконалення і розвитку військової дозиметричної апаратури (ВДА). Починаючи з появи ядерної зброї, військова дозиметрична апаратура вже протягом півстоліття дозволяє вирішувати завдання: ведення радіаційної розвідки; забезпечення контролю зараження особового складу, озброєння, техніки і запасів матеріальних засобів радіоактивними речовинами; контролю за зміною ступеня зараження місцевості.

Протягом всієї історії розвитку ядерної зброї та атомної енергетики удосконалювалися і розвивалися технічні засоби радіаційної розвідки і контролю. Змінювалися методи реєстрації, метрологічні та ергономічні характеристики приладів, форма подання інформації. Однак залишився незмінним один універсальний принцип будови дозиметричної апаратури, заснований на детектуванні іонізуючого випромінювання, тобто на перетворенні енергії іонізуючого випромінювання в інші види енергії, що легко вимірюються існуючими методами та способами обробки інформації, які надходить із блока детектування та представлення кінцевого результату обробленої інформації у формі, зручній для використання.

1. Класифікація дозиметричної апаратури

Для своєчасного виявлення радіоактивного зараження місцевості та

оповіщення про радіаційну небезпеку необхідно організувати радіаційне спостереження і розвідку з використанням спеціальних технічних засобів, що дозволяють виміряти величину потужності дози гамма-випромінювання, рівень зараження різноманітних поверхонь альфа- і бета-активними речовинами, а також величини поглинених гамма- і нейтронних доз опромінення, отриманих особовим складом підрозділів, а також цивільним населенням, яке потрапило в зону дії радіоактивного випромінювання і зараження.

Рішення цих завдань здійснюється за допомогою спеціальних технічних засобів дозиметричної апаратури (ДА). Дозиметричні прилади можна класифікувати:

- за призначенням;
- за видом вимірюваного випромінювання;
- за ефектом взаємодії випромінювання з речовиною;
- за характером електричних сигналів перетворених схемою приладу та іншими ознаками.

Класифікація дозиметричної апаратури за призначенням приведена на рис. 7.1.

За призначенням:

Прилади радіаційної розвідки. Ці засоби призначені для виявлення радіаційного зараження та вимірювання величини потужності дози над зараженою радіоактивними речовинами місцевістю. До цих засобів належать:

- індикатори для орієнтованої оцінки потужності дози (ДП-64), які мають найпростіші електричні схеми із вбудованою світловою або звуковою сигналізацією. За допомогою індикаторів можна *орієнтовано встановити підвищення потужності дози або зменшення.*

- вимірювачі потужності дози гамма-випромінювання всіх типів: найпростіші переносні (МКС-У, ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1Р), бортові наземні (ДП-3Б), або (ИМД-21Б), бортові авіаційні (РАП-1, ИМД-31). За їх допомогою здійснюється виявлення радіаційної обстановки, виявлення та визначення радіоактивного зараження .

Результати вимірювань, одержані за допомогою цих засобів, дозволяють *оцінити ступінь потенційної загрози зовнішнього опромінення, яке являється головною небезпекою променевого ураження особового складу військ.*

Прилади радіаційного контролю. Ці засоби служать для вимірювання величини поглинених доз гамма- і гамма-нейтронного випромінювання, одержаних особовим складом а також засоби контролю радіоактивного зараження різних поверхонь (з метою визначення необхідності та повноти проведення дезактивації і санітарної обробки).

До першої групи приладів належать військові (ДП-22В, ИД-1) і індивідуальні вимірювачі доз (ДП-70М, ИД-11, ИД-0,2, МКС-05 “Терра”). До другої радіометри: МКС-У, ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1, ИМД-12.

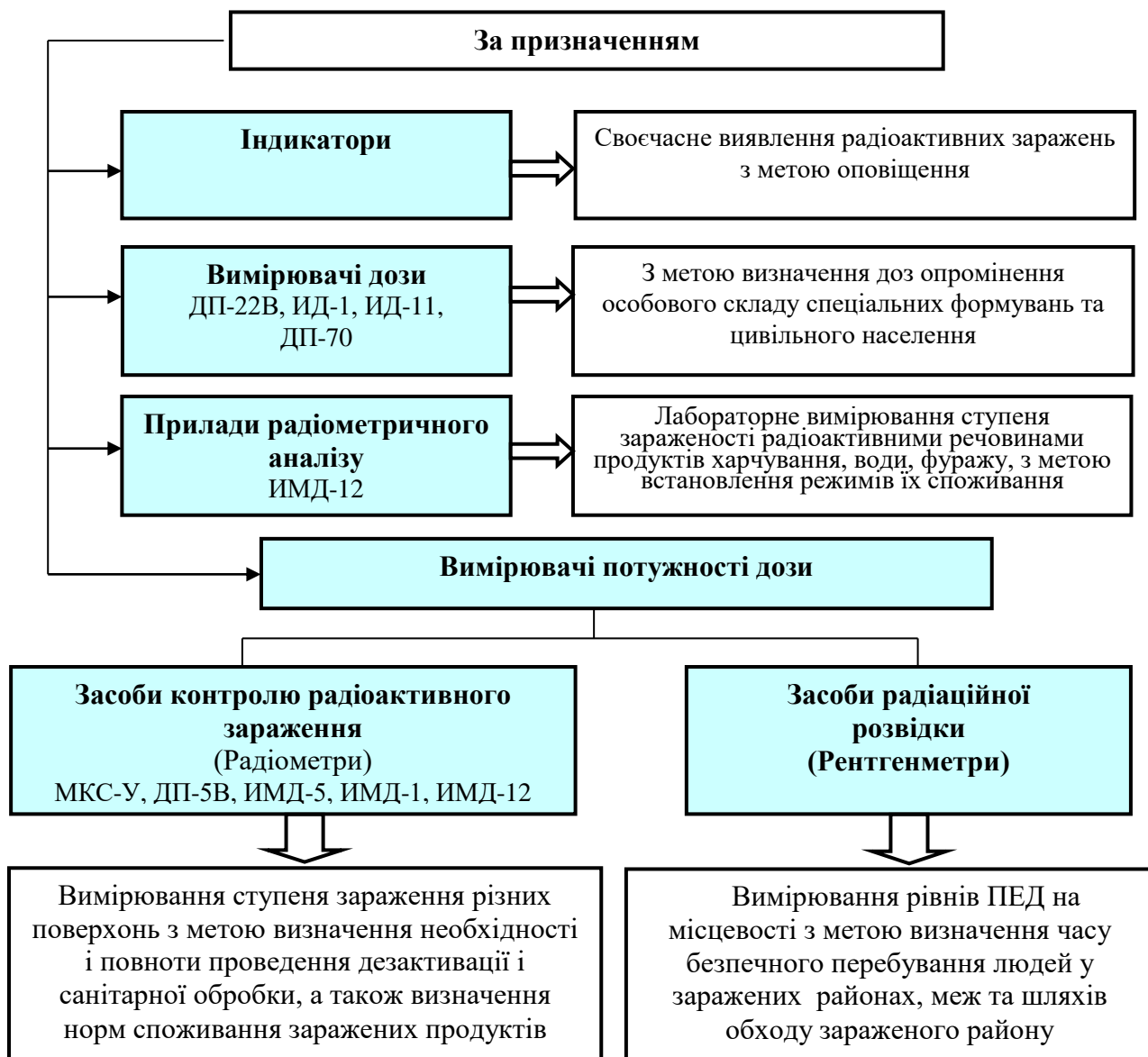


Рис. 7.1. Класифікація дозиметричної апаратури

Величини доз, зареєстровані вимірювачами доз, використовуються для оцінки працездатності людей і боєздатності частин та підрозділів.

Дози, заміряні індивідуальними вимірювачами, необхідні медичній службі для діагностики ступеня важкості променевих уражень і проведення на їх основі лікарняно-профілактичних і евакуаційних заходів.

Прилади радіометричного контролю. Радіометричні установки, що використовуються в польових радіометричних лабораторіях (АЛ-4М).

За допомогою лічильних установок (ИМД-12) визначається активність або ступінь зараження радіоактивними речовинами води, продовольства і фуражу, оцінюється можливість їх споживання.

В ранніх випусках військової дозиметричної апаратури їх назви не відповідали теперішній індексації, наприклад, ДП-64 (дозиметричний прилад 64 моделі) або РУП-1 (радіометр універсальний переносний 1-ої моделі), але в сучасних випусках назва приладу відповідає встановленій індексації,

наприклад, ИМД-21 (вимірювач потужності дози 21 моделі) або ИД-1 (вимірювач дози 1-ої моделі).

Крім перерахованих типів військових дозиметричних приладів мають місто комбіновані прилади (прилад радіаційної та хімічної розвідки – ПРХР), які встановлюються на броньованих об'єктах і призначаються для ведення безперервного контролю за появою гамма-випромінювання і отруйних речовин типу зарін з метою захисту екіпажу.

В залежності від *особливостей використання приладів* (виходячи з завдань, що вирішуються), технічні засоби розділяють наступним чином (табл. 7.1):

Таблиця 7.1.

Класифікація засобів радіаційної розвідки та контролю за використанням

Призначення приладів	Тип приладу	Зразки типу приладів
Прилади радіаційного спостереження та розвідки	Стаціонарні вимірювачі потужності дози	ДП-64; ИМД-21С; ИМД-1С
	Переносні вимірювачі потужності дози	МКС-У, ДП-5В; ИМД-5; ИМД-1Р(А)
	Бортові вимірювачі потужності дози	ДП-3Б; ИМД-21Б; ПРХР
	Авіаційні вимірювачі потужності дози	РАП-1; ИМД-31
	Корабельні вимірювачі потужності дози	КДУ-6А(Б)
Прилади радіаційного контролю	Військові вимірювачі дози	ИД-1, ДП-22В;
	Індивідуальні вимірювачі дози	ИД-11; ДП-70М; ИД-0,2
Прилади радіометричного контролю	Засоби військового радіометричного контролю	ИМД-12

2. Принципи побудови та функціонування аналітичних засобів радіаційної розвідки та контролю

Виявити і зареєструвати іонізуюче випромінювання (ІВ) можна тільки посереднім шляхом, тобто, виявити і зареєструвати кінцевий результат взаємодії іонізуючого випромінювання з елементами середовища. В результаті такої взаємодії можуть з'являтися такі ефекти, як іонізація газу або рідини, змінення оптичних, діелектричних, електропровідних характеристик тих або інших матеріалів, змінення структури побудови різних кристалів і т.д. Саме за цими ефектами можна виявити і реєструвати іонізуюче випромінювання. Ділянка середовища, в якій в тій або іншій формі проявляється ефект взаємодії іонізуючого випромінювання з матеріалом середовища, і результати цієї взаємодії можна зареєструвати тим або іншим способом, називається *детектором іонізуючого випромінювання*. Іншими словами, *детектор* – це

первинний вимірювальний перетворювач, який перетворює параметри іонізуючих випромінювань в параметри таких фізичних ефектів, які легко можна зареєструвати технічними приладами, які є в наявності. Відповідно, в склад приладів обов'язково входить детектор іонізуючого випромінювання.

В залежності від ефекту взаємодії ІВ існують наступні типи детекторів іонізуючого випромінювання:

- іонізаційні детектори – іонізаційні камери, газорозрядні лічильники і напівпровідникові детектори;
- сцинтиляційні детектори – сцинтилятори;
- люмінесцентні детектори – фото- і термолюмінісцентні;
- фотодетектори – фотоплівки і фотопластини;
- хімічні детектори;
- кристалічні детектори і т.д.

В військовій дозиметричній апаратурі найбільш широке використання знайшли іонізаційні детектори, тобто іонізаційні камери (ІК) і газорозрядні лічильники (ГЛ), а також люмінесцентні детектори. Менш широко, але все таки використовуються, фото- і хімічні детектори. В теперішній час в практику розробки і побудови приладів впроваджуються люмінесцентні, напівпровідникові, кристалічні та інші детектори. *Вихідні параметри* різних детекторів різні:

- для іонізаційних, люмінесцентних, кристалічних детекторів – це параметри електричних сигналів – *електричний струм* або *напруга*;
- для сцинтиляційних детекторів – *світлові спалахи* з довжиною хвилі, яка лежить в межах оптичної області і т.д.

В теперішній час всі вихідні параметри детекторів можна сучасними засобами зареєструвати, виміряти і визначити функціональний зв'язок між іонізуючим випромінюванням, яке впливає на детектор, і його вихідним ефектом, наприклад, між потужністю дози і струмом іонізаційної камери.

В сучасній техніці зручним для передачі, обробки, використання в різних управляючих і виконавчих системах є електричний сигнал. Розвиток електронної техніки дозволяє вихідний ефект детектора будь-якого типу перетворити в електричний сигнал, який несе в собі інформацію про параметри іонізуючого випромінювання, що впливає на даний детектор.

Іонізаційна камера (ІК) використовується в основному на приладах, призначених для виміру потужності експозиційної дози (ПЕД) випромінювань (ДП-3Б, ИМД-21Б) і дози випромінювання (ДКП-50А, ИД-1 та ін.) і являє собою пристрій, що складається з двох ізольованих один від одного електродів, до яких підведена напруга від джерела живлення. Об'єм іонізаційної камери заповнюється повітрям при нормальному тиску. Під час впливу на робочий об'єм радіоактивного випромінювання в іонізаційній камері утворюються електрони і позитивно заряджені іони (рис. 7.2).

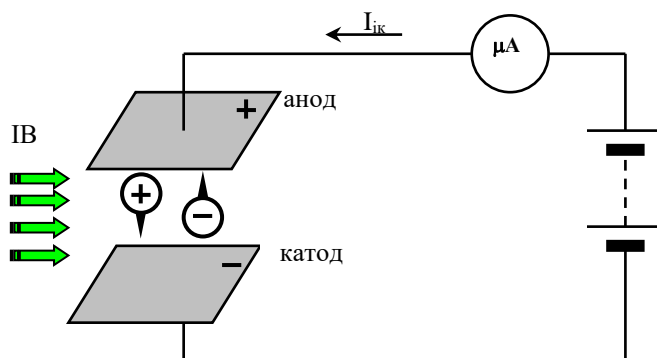


Рис. 7.2. Електричний ланцюг іонізаційної камери.

Під дією сил електричного поля електрони переміщуються до позитивного електрода (анода), а позитивно заряджені іони – до негативного (катода). Частина цих іонів і електронів під час зіткнення між собою будуть рекомбінувати, а інша частина, досягнувши електронів, нейтралізуються на них. У результаті заряд на електродах буде зменшуватися, що викликає приплив нових зарядів від джерела живлення, тобто в зовнішньому ланцюзі іонізаційної камери буде протікати електричний струм, який називається іонізаційним струмом. Величина іонізаційного струму буде визначатися потужністю дози (ПД) випромінювання, що впливає на робочий об'єм іонізаційної камери, та напругою, що прикладена до електродів. *Отже, вимірюючи величину іонізаційного струму, можна визначити потужність дози випромінювання, що впливає на іонізаційну камеру.*

Газорозрядний лічильник (ГЛ) використовується як детектор іонізуючого випромінювання в приладах, призначених для виявлення радіоактивного зараження місцевості та об'єктів (МКС-У, МКС-05 “Терра”, ДП-64, ДП-5В, ИМД-1, ИМД-5 та ін.). Газорозрядний лічильник являє собою металевий циліндр із тонкої коаксіальної металевої нитки (зовнішній і внутрішній електроди), до яких прикладена досить висока постійна напруга. Простір між електродами заповнено сумішшю інертних газів під зниженим тиском. Принципова відмінність газорозрядного лічильника від іонізаційної камери полягає в тому, що в газорозрядному лічильнику використовується посилення іонізаційного струму за рахунок явища ударної іонізації в газі.

Вибір того або іншого детектора іонізуючого випромінювання визначається видом випромінювання, що реєструється, параметрами джерела випромінювання або поля випромінювання, що вимірюються, діапазоном змін вимірюваного параметра.

Сигнали що надходять з детекторів можуть існувати в двох видах:

- в дискретному – наприклад, у виді послідовності електричних імпульсів;

- в аналоговому – наприклад, у вигляді постійного струму або напруги.

Як правило, величина заряду в імпульсі або сила струму на виході детектора дуже малі та нестабільні за часом і не можуть бути заміряні

безпосередньо приладами, що реєструють. Тому послідовні електронні пристрої, які використовуються в дозиметричній апаратурі, проводять підсилення, формування та вимірювання електричних сигналів детекторів і подають результати вимірювання у формі, зручній для спостереження.

Як правило, детектор та елементи його включення (монтування) в схему електроживлення це пристрій, який перетворює вихідний ефект (спалахи світла) в електричний сигнал, конструктивно виконані в окремому блоці, який кабелем з'єднаний з вимірювальною схемою, що знаходиться в пульті.

Такий блок отримав назву “блок детектування” (БД), а пристрій з вимірювальною схемою – “Вимірювальний блок” або “Пульт”. Елементи схеми електричного живлення приладу також розташовуються в окремому блоці і цей блок одержав назву “Блок живлення” (БЖ).

Таким чином, структурна схема дозиметричного приладу може бути представлена в наступному вигляді (рис. 7.3).

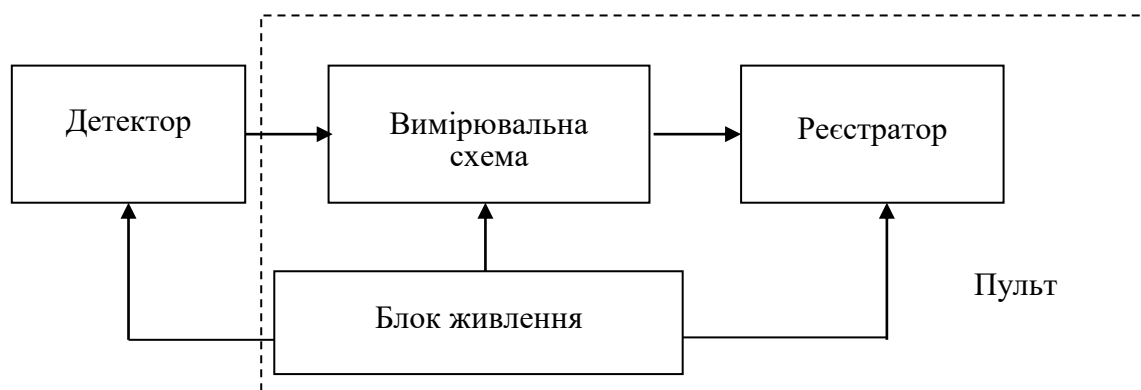


Рис. 7.3. Структурна схема дозиметричного приладу

У залежності від типу детектора і виду дозиметричної величини, що вимірюється електронні вимірювальні схеми дозиметричних приладів розділяються на вимірювачі постійного струму, вимірювачі заряду – електрометри, вимірювачі середньої частоти імпульсів і лічильники імпульсів.

Вимірювачі постійного струму використовуються для виміру малих струмів іонізаційної камери у вимірювачах потужності експозиційної дози випромінювання.

Вимірювачі заряду – електрометри служать для виміру малих зарядів ємності іонізаційної камери дозиметрів.

Вимірювачі середньої частоти імпульсів призначені для визначення середнього числа імпульсів за одиницю часу, що надходять на вхід, і використовуються у вимірювачах потужності експозиційної дози. У найпростіших вимірювачах визначення потужності експозиційної дози може здійснюватися без посилення вхідних імпульсів.

Лічильники імпульсів використовуються для рахунку імпульсів детекторів у перерахункових установках, призначених для визначення радіоактивного зараження води, продовольства і фуражу.

Електричне живлення дозиметричних приладів здійснюється, як правило, від автономних джерел електроенергії – сухих елементів або акумуляторів бортової мережі рухомих об'єктів.

Для одержання високої напруги, необхідної для живлення детекторів, електронних ламп, транзисторів та індикаторних пристроїв, використовуються перетворювачі напруги на транзисторах, що перетворюють низьку постійну напругу сухих елементів або акумуляторів у постійну високу напругу.

Вимірювачі постійного струму

Вимірювачами постійного струму (ВПС) – називають електричні схеми, призначені для визначення миттєвої величини струму, що не змінює свого напрямку (полярності) і відносно повільно змінюється за величиною.

У дозиметричній апаратурі (ДА) знаходять застосування два основних типи вимірювачів постійного струму: аналогові і дискретні. Обидва типи вимірювача постійного струму використовуються в приладах, в яких детектори працюють в струм-режимі.

Застосування вимірювачів постійного струму у дозиметричній апаратурі викликано тим, що струм детектора звичайно дуже малий. Безпосереднє вимірювання такого малого струму реєструючими пристроями, які використовуються в дозиметричних приладах, неможливо. Тому струм із детектора подається на вхід підсилювача постійного струму (ППС), який підсилює його в лінійній залежності в декілька (K_i) десятків або сотень разів. Тут K_i являється *коефіцієнтом підсилення*. Тільки після цього струм вимірюється вимірювальним приладом.

Таким чином, устрій або структуру підсилювача постійного струму (структурну схему) можна подати у наступному вигляді (рис. 7.4.).

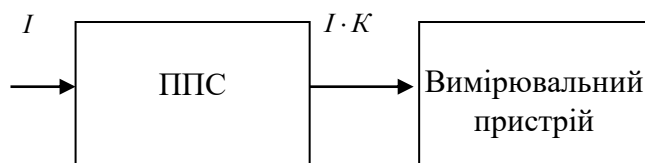


Рис. 7.4. Структурна схема підсилювача постійного струму (ППС).

У дозиметричній апаратурі знаходять застосування наступні аналогові вимірювачі постійного струму (ВПС):

- вимірювачі із гальванічними зв'язками, в яких зв'язок вимірювачів постійного струму з детекторами та іншими елементами схеми здійснюється через резистори без розділювальних конденсаторів (ПРХР);
- вимірювачі з перетворенням вхідного сигналу, в якому постійний струм детектора перетворюється в змінний струм так, що амплітуда перемінної напруги пропорційна силі постійного струму (РАП-1).

Вимірювач постійного струму з перетворюванням (модуляцією) вхідного сигналу у порівнянні з вимірювачами постійного струму з гальванічними

зв'язками має значно більшу чутливість (на два-три порядки), що являється дуже важливою його перевагою, особливо, коли вимірювання потужності дози проводиться на значному віддаленні від джерела гамма-випромінювання, наприклад, під час ведення радіаційної розвідки місцевості з літальних апаратів.

Крім аналогових вимірювачів постійного струму у дозиметричній апаратурі знаходять також застосування *дискретні (цифрові)* вимірювачі постійного струму, до яких належить, наприклад, вимірювальний пристрій ИД-11 (ГО-32). В ньому для вимірювання постійного струму, пропорційного дозі випромінювання, використовується аналого-імпульсний перетворювач, перетворюючий постійний струм у послідовність імпульсів, число яких потім зчитується цифровою схемою лічення імпульсів.

Вимірювачі постійного струму можуть використовуватись не тільки для вимірювання малих струмів, а значить, і пропорційних їм величин потужностей доз випромінювання, а також для реєстрації порогових значень величин потужності дози. В цьому випадку підсилений у підсилювачі постійного струму сигнал використовується для включення якого-небудь сигнального устрою: лампочки, джерела звукового сигналу або якого-небудь виконавчого устрою, які спрацьовують тоді, коли потужність дози досягає порогового значення (ПРХР).

Як правило, підсилювачі постійного струму будуються на спеціальних електрометричних лампах, які мають великий вхідний опір ($R_{вх}=10^{11}\text{Ом}$), але вони поступово витісняються польовими транзисторами з ізольованим затвором, які мають великий вхідний опір порядку $10^{13}\text{-}10^{15}\text{Ом}$. Це дозволяє використовувати їх в схемах вимірювання дуже малих струмів. Транзисторний підсилювач постійного струму відрізняється миттєвою готовністю до роботи, тому що не потребує часу для розігрівання катоду, має менші габарити, вагу і вартість, більшу економічність та надійність. Ці позитивні якості роблять схему з використанням польового транзистора дуже перспективною.

Вимірювачі заряду – електрометри

Електрометри з безпосереднім відліком являють собою пристрої, у яких вимір напруги на ємності іонізаційної камери здійснюється за допомогою електроскопа. За принципом дії електроскоп є найпростішим вольтметром електричної системи. Устрій дозиметра з електроскопом показаний на рис. 7.5. З рисунка видно, що дозиметр з електроскопом являє собою дюралюмінієву трубу (3), у якій впресована циліндрична іонізаційна камера (4) невеликого об'єму (близько 2 см^3) з тонкопровідної повітроеквівалентної пластмаси.

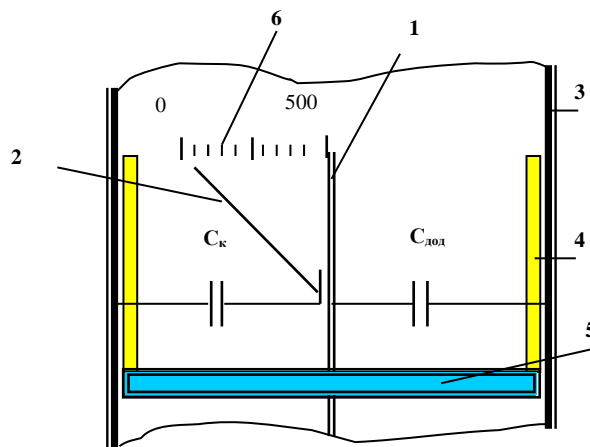


Рис. 7.5. Устрій дозиметра з електроскопом

1 - центральний електрод електроскопа; 2 - пружна нитка; 3 - корпус дозиметра; 4 - іонізаційна камера; 5- ізолятор; 6 - шкала дозиметра.

Центральним електродом камери служить алюмінієвий стержень (1), до якого прикріплена кварцова або із скловолокна пружна нитка електроскопа, діаметром у декілька мікрон. Для забезпечення електропровідності нитка разом з центральним електродом покривається тонким шаром платини. Так як власна ємність камери C_k мала (одиниці пікофарад), то паралельно електродам камери приєднується додатковий конденсатор $C_{дод}$, що дозволяє розширити межі виміру доз випромінювання. Електроди камери ізолювані один від одного за допомогою ізолятора (5), що володіє добрими ізолюючими властивостями і який має опір порядку 10^{16} - 10^{17} Ом (янтар, полістирол). У трубку вмонтована шкала (6), уздовж якої може переміщуватися вільний кінець пружної нитки (2).

Принцип дії дозиметра з електроскопом полягає в тому, що перед виміром дози загальна ємність камери $C = C_k + C_{дод}$ заряджається до напруги U_0 , так що заряд камери дорівнює $Q_0 = C_k \cdot U_0$.

При цьому під дією сил електричного поля пружна кварцова нитка відхиляється від стрижня і може бути встановлена на нуль шкали (рис.5.). Під час впливу гамма-випромінювання на іонізуючу камеру, частина електричного заряду на її електродах нейтралізується, унаслідок чого напруга на камері зменшується. Рухома нитка під дією сил пружності рухається до стержня і її вільний кінець переміщується уздовж шкали на деяку величину, обумовлену інтенсивністю і часом впливу гамма-випромінювання.

Цифрові схеми виміру постійного струму і заряду

В останні роки зростаюче застосування знаходять цифрові вимірювальні схеми.

Цифровими називають такі вимірювальні схеми, у яких результат виміру постійного струму або заряду, що надходить на вхід схеми від детектора іонізуючого випромінювання, представляється в дискретній формі у виді цифр. У таких схемах безупинна шкала вимірів замінена дискретною, для чого в схемі здійснюється перетворення аналогової величини в дискретну. Весь діапазон

вимірів, який безупинно змінює величину струму або заряду розбивається на деяке число значень через визначені інтервали. Відповідно до викладеного, основними елементами цифрових вимірювальних схем є аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) і рахункові цифрові пристрої.

Існує декілька методів аналого-цифрового перетворення. Для виміру постійного струму найбільш широко застосовується метод перетворення вимірюваної величини струму i у пропорційний інтервал часу t , з наступним виміром цього інтервалу цифровими способами. Це так називаний час-імпульсний метод перетворення, що відрізняється відносною простотою і достатньою точністю виміру аналогової величини – інтервалу часу t .

Структурна схема цифрового вимірювача постійного струму, побудованого за таким методом, приведена на рис. 7.6. У цій схемі вимірюваний струм $i_{вх}$ поступає на вхід підсилювача постійного струму, куди прибуває також струм $i_{ем}$ від еталонного генератора (генератора еталонних сигналів – ГЕС), який включається періодично, пилкоподібним струмом Γ_1 . Струм цього генератора лінійно наростає в перебігу часу t_o , а потім практично миттєво спадає до нуля, після чого процес повторюється. У той момент часу, коли два струми, що надходять на вхід підсилювача постійного струму, стануть рівними за величиною, спрацює пороговий каскад і відкривається ключовий каскад, через який на лічильну схему за час від початку відліку часу до моменту рівності вимірюваного та еталонного струмів проходить визначене число стандартних імпульсів від генератора Γ_2 .

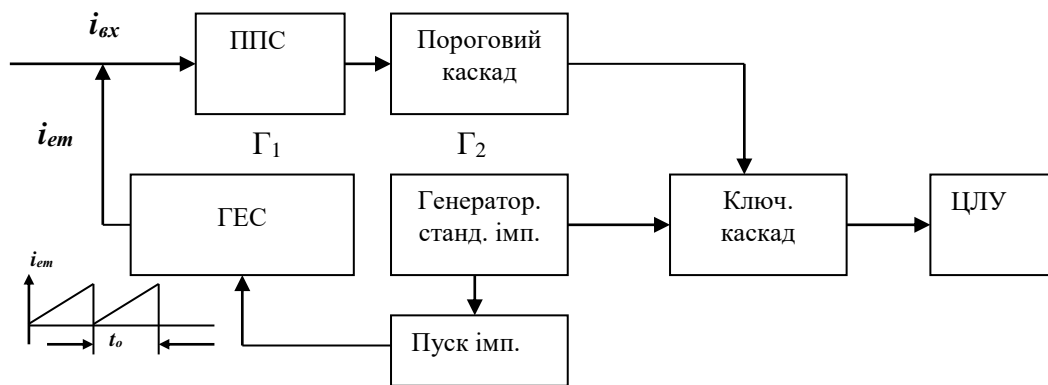


Рис. 7.6. Структурна схема цифрового вимірювача постійного струму.

Число таких імпульсів пропорційне величині вимірюваного струму і реєструється цифровим лічильним пристроєм (ЦЛУ), з якого і виводяться результати виміру в цифровій формі.

Запуск генератора пилкоподібного струму повинний здійснюватися синхронно з виробленням чергового імпульсу генератором Γ_2 , для чого з генератора Γ_2 на генератор Γ_1 подається імпульс, що запускає. Перед проведенням чергового виміру лічильник імпульсів встановлюється в нульове положення.

Для виміру заряду в цифрових електрометрах найчастіше використовується метод заряду вимірювальної ємності C_v струмом детектора i_d і розряду її, коли напруга на C_v досягне деякої порогової величини $U_{пор}$. Після розряду знову починається заряд ємності. Під час кожного спрацьовування цієї схеми від детектора надходить заряд, рівний $q_0 = C_v \cdot U_{пор}$. Якщо число спрацьовувань, рівне N , зареєстроване цифровим лічильним пристроєм, то величина вимірюваного заряду може бути визначена як $Q = q_0 \cdot N$.

Структурна схема цифрового електрометра, побудованого за таким методом, приведена на рис. 7.7.

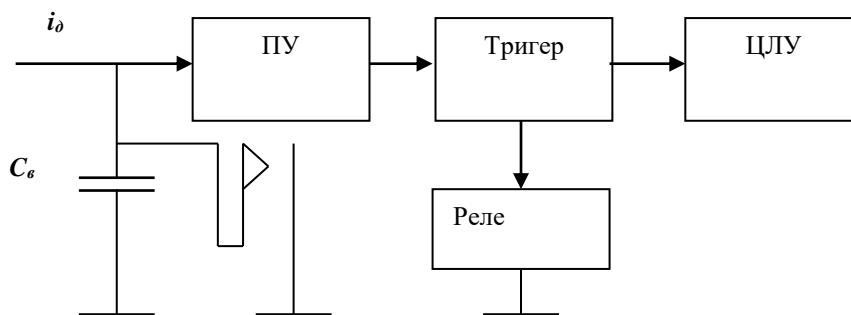


Рис. 7.7. Структурна схема цифрового електрометра

У цій схемі при заряді вимірювальної ємності C_v до граничної напруги спрацьовує пороговий устрій (ПУ). Перепад напруги на виході порогового пристрою викликає спрацьовування тригера, у ланцюг якого включена обмотка реле. Під час замикання контактів реле вимірювальна ємність розряджається. Потім знову йде заряд конденсатора і всі процеси повторюються. Тригер тут використовується для забезпечення роботи реле і підвищення чутливості схеми. З виходу тригера імпульси подаються на цифрову лічильну схему (ЦЛС).

Цифрова вимірювальна схема використовується, наприклад, у пристроях реєстрації сумарної дози гамма- або змішаного гамма-нейтронного випромінювання, зареєстрованого радіофотолюмінесцентним (РФЛ) дозиметром. Структурна схема цього пристрою приведена на рис. 7.8.



Рис. 7.8. Структурна схема цифрового вимірювача сумарної дози випромінювання.

У цій схемі радіофотолюмінесцентний детектор являє собою фосфатне скло, активоване сріблом, що після опромінення його гамма-нейтронним випромінюванням може люмінесцювати під дією ультрафіолетового світла. Інтенсивність люмінесценції при цьому пропорційна дозі випромінювання. Свічення радіофотолюмінесцентного детектора за допомогою фотоелектронного помножувача (ФЕП) перетворюється в електричний струм,

величина якого знаходиться в прямій пропорційній залежності від інтенсивності люмінесценції.

Блок АЦП (аналоگو-цифровий перетворювач) являє собою складну багатокаскадну схему, за принципом роботи подібну до схеми рис.8. У ній струм фотоелектронного помножувача порівнюється зі струмом генератора пилкоподібної напруги і при рівності цих струмів спрацьовує мультівібратор, що чекає. Цей мультівібратор видає на цифрову лічильну схему деяке число каліброваних імпульсів, пропорційне вимірюваному току, а значить і величині дози випромінювання.

Розглянута цифрова форма представлення результатів дозволяє вимірювати з достатньою точністю величини дози і потужності дози випромінювання, які змінюються в широких межах, що є важливою перевагою цифрових вимірювачів у порівнянні з аналоговими.

Вимірювачі середньої частоти

Вимірювачами середньої частоти (ВСЧ) – називаються електричні схеми, призначені для визначення середнього числа імпульсів, які надходять на їх вхід за одиницю часу. У військовій дозиметричній апаратурі знаходять застосування два основних типи вимірювачів середньої частоти:

- аналогові, які визначають число імпульсів, що надходять на вхід за одиницю часу, і подають результат вимірювання у вигляді струму або напруги, пропорційно середній частоті вхідних імпульсів (ДП-5В, ПРХР);

- дискретні, що лічать число імпульсів, які надходять на їх вхід за одиницю часу та які подають результат вимірювання в цифровій формі (ИМД-1, ИМД-12).

Обидва типи вимірювачів середньої частоти використовуються у вимірювачах потужності дози гамма-випромінювання, в яких детектори працюють в імпульсному режимі (газорозрядні лічильники, іонізаційні камери в режимі "розряд-заряд", сцинтиляційні лічильники).

Аналогові вимірювачі середньої частоти

Структурна схема вимірювача середньої частоти аналогового типу приведена на рис. 7.9.

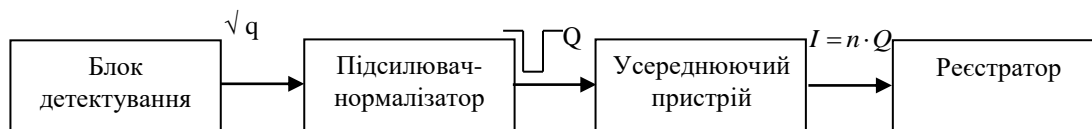


Рис. 7.9. Структурна схема вимірювача середньої частоти аналогового типу

Схема містить підсилювач-нормалізатор, усереднюючий пристрій та реєстратор.

Підсилювач-нормалізатор здійснює підсилювання імпульсів з малим зарядом q і нормалізує їх за тривалістю та амплітудою, тобто на виході всі імпульси мають значний, практично однаковий за величиною заряд, рівний Q .

Усереднюючий пристрій підсумовує заряди всіх нормалізованих імпульсів і перетворює в постійний струм, величина якого пропорційна частоті нормалізованих імпульсів, тобто $I=n \cdot Q$. У ролі таких перетворювачів використовується інтегруючий контур.

Струм інтегруючого контуру вимірюється вимірювачем струму – мікроамперметром, при цьому струм мікроамперметра буде у встановленому режимі відповідати середній частоті надходження імпульсів з блоку детектування, а ця частота, як відомо, прямопропорційно залежить від потужності дози гамма-випромінювання, що впливає на детектор. Таким чином, шкалу вимірювального приладу – мікроамперметра можна відградувати з урахуванням коефіцієнтів пропорційності в одиницях потужності дози – мікро-, мілі-, Рентген/год.

Типи вимірювачів середньої частоти розрізняються головним чином за видом схеми, яка використовується для посилення і нормалізації вхідних імпульсів або відсутності останньої. У військових вимірювачах потужності дози використовуються наступні схеми вимірювачів середньої частоти:

- проста токова схема з газорозрядним лічильником (ГЛ) і інтегруючим контуром;
- схема з дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на тиратронах з холодним катодом;
- схема з дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на електронних лампах.

У простій токовій схемі (рис. 7.10.) вимірювача середньої частоти відсутні посилення і нормалізація вхідного імпульсу, унаслідок чого схема знаходить застосування лише в найпростіших вимірювачах потужності дози – індикаторах іонізуючого випромінювання.

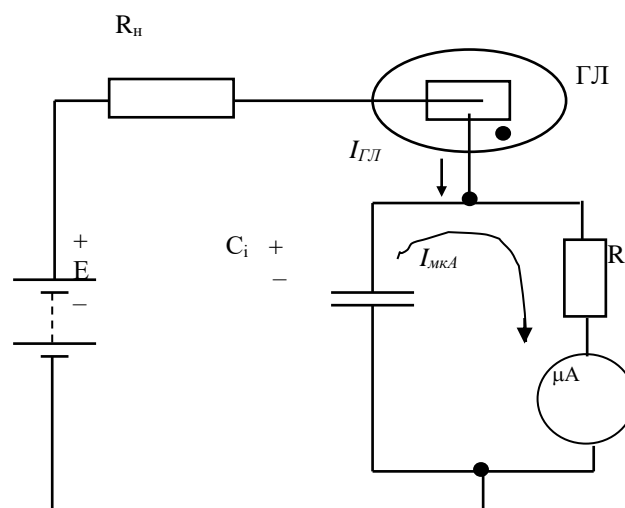


Рис. 7.10. Токова схема включення лічильника, що використовується для виміру середньої частоти.

Токова схема складається з послідовно з'єднаних між собою газорозрядного лічильника (ГЛ) із опором навантаження R_n, інтегруючого

контур $C_i - R_i$ з мікро амперметром μA і джерела живлення лічильника E . Газорозрядний лічильник є елементом схеми, що сприймає випромінювання. Під час влучення гамма-квантів в об'ємі лічильника розвивається газовий розряд, а в його зовнішньому ланцюзі протікає короткочасний імпульс струму, що несе заряд, рівний q . Інтегруючий контур являє собою паралельне з'єднання конденсатора C_i та резистора R_i з мікро амперметром. Розглянемо роботу схеми.

У вихідному стані, коли випромінювання на газорозрядний лічильник не діє, практично вся напруга джерела живлення прикладена до електродів лічильника, а напруга на конденсаторі C_i дорівнює нулю. При цьому струм у ланцюзі лічильника не тече, напруга на контурі і струм мікроамперметра також дорівнюють нулю.

Під час впливу випромінювання на газорозрядний лічильник у його ланцюзі виникають короткочасні імпульси струму, частота проходження яких пропорційна потужності експозиційної дози випромінювання. Кожний з цих імпульсів підзаряджує конденсатор інтегруючого контуру, завдяки чому відбувається накопичення заряду на ньому і напруга на конденсаторі U_c поступово зростає, як це показано на рис. 7.11. Вхідні імпульси напруги здійснюють заряд конденсатора інтегруючого контуру, проходячи через опір джерела напруги R .

Для забезпечення процесу інтегрування постійна часу ланцюга заряду τ_3 повинна бути дуже великою.

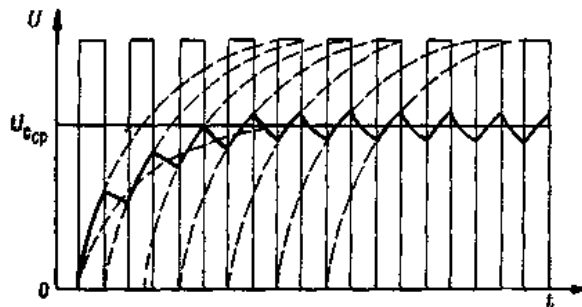


Рис. 7.11. Принцип роботи токової схеми.

Розряд конденсатора C_i відбувається через включений в інтегруючий контур резистор R_i , величина якого більше величини опору джерела напруги (R). Тому постійна часу ланцюга заряду $\tau_3 = R_i \cdot C_i$ буде менше постійної часу ланцюга розряду $\tau_p = R \cdot C_i$.

У момент надходження на вхід інтегруючого контуру імпульсу напруги його конденсатор почне заряджатися (рис.11.). Унаслідок великої постійної часу ланцюга заряду напруга на конденсаторі не встигне досягти величини імпульсу до моменту його припинення.

Після припинення дії імпульсу конденсатор буде розряджатися і напруга на ньому зменшиться. Так як що розряд конденсатора відбувається повільніше, ніж заряд, то за час паузи в проходженні імпульсів конденсатор не встигне цілком розрядитися і до моменту приходу наступного імпульсу на ньому збережеться деяка напруга.

Другим імпульсом конденсатор зарядиться додатково вже до більшої напруги, чим при першому, і після розряду в другій паузі на ньому збережеться більша напруга, ніж після першої. Приріст напруги на конденсаторі під час імпульсів відбувається по експонентному законі та буде більше на початку процесу заряду конденсатора.

По мірі заряду конденсатора збільшення напруги на ньому під дією імпульсу зменшується. Навпаки, зменшення напруги на конденсаторі під час паузи спочатку відбувається повільніше, а по міру заряду конденсатора, коли напруга на ньому росте і пропорційно йому росте струм розряду, швидше.

Після закінчення деякого часу з моменту надходження першого імпульсу на конденсаторі встановлюється режим динамічної рівноваги, при якому збільшення напруги під час імпульсу дорівнює зменшенню напруги під час паузи, і напруга на конденсаторі характеризується середньою величиною U_{cp} (рис.11.).

Таким чином, постійна часу інтегруючого контуру $\tau = R_i \cdot C_i$ вибирається такою, щоб вона була значно більше періоду проходження імпульсів газорозрядного лічильника T .

Завдяки цьому інтегруючий контур перетворить дискретну величину – послідовність імпульсів – у безупинну – практично постійний струм чи постійну напругу, величина яких пропорційна середній частоті проходження імпульсів.

Постійна напруга на контурі звичайно мала і може бути виміряна вольтметром з великим вхідним опором. Постійний струм вимірюється мікроамперметром, включеним в інтегруючий контур.

Раніше було відзначено, що прості вимірювачі середньої частоти мають недостатню чутливість через те, що в схемі немає каскаду посилення, а заряд в імпульсі газорозрядного лічильника малий. Відзначається також значна погрішність вимірів, яка викликана залежністю величини заряду в імпульсі газорозрядного лічильника від напруги живлення.

Очевидно, що для ліквідації зазначеного недоліку необхідно здійснити посилення імпульсів лічильника по заряду і нормалізацію (калібрування) їх за тривалістю та амплітуді для того, щоб кожен імпульс містив у собі однаковий заряд незалежно від зміни напруги на газорозрядному лічильнику. Для виконання цих задач між лічильником і інтегруючим контуром включається спеціальний каскад, названий підсилювачем-нормалізатором вихідних імпульсів. Слід зазначити, що цей каскад може бути виконаний на різних активних елементах: вакуумних, газонаповнених або напівпровідникових приладах і зібраний за різними схемами, але призначення його у всіх випадках буде одним – посилення і калібрування імпульсів підзаряджаючих конденсатори інтегруючого контуру.

Крім виконання зазначених функцій, в підсилювачі-нормалізаторі може здійснюватися зміна параметрів вихідного імпульсу (тривалості та амплітуди) з метою розширення діапазону вимірів частот проходження імпульсів, а значить і величин потужностей доз гамма-випромінювання.

Однією із схем, що використовуються у дозиметричній апаратурі для посилення і нормалізації імпульсів газорозрядного лічильника, є схема вимірювача середньої частоти із дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на безнакальних тиратронах.

Дискретні вимірювачі середньої частоти

В дискретних вимірювачах середньої частоти реєструючий пристрій являє собою цифрову лічильну схему, яка здійснює вимір загального числа імпульсів N . Усереднюючий пристрій забезпечує лічення протягом інтервалу часу t , так що середня частота їх надходження (слідування) $n = N/t$.

Простіше всього технічно реалізується в лічильниках імпульсів двоїчна система числення, при якій елементарним рахунковим осередком служить тригер – схема з двома стійкими станами електричної рівноваги, що відповідають значенням цифр 0 і 1.

Тригер – елемент, дуже схожий за принципом дії на звичайний двохпозиційний вимикач. Різниця лише в тому, що керується він не вручну, а одиничним електричним сигналом, що надходить на його вхід.

Якщо тригер перебуває в нульовому стані, то він пам'ятає цей стан до надходження чергового одиничного сигналу. Якщо ж тригер був у стані 1, то одиничний сигнал, що надійшов на його вхід «перекидає» його в нульовий стан, запам'ятовується теж на як завгодно довгий час до приходу наступного сигналу. З декількох тригерів можна скласти схему лічильників імпульсів (рис. 7.12.). Для цього їх збирають у тригерні ланцюжки. У такому ланцюжку перший тригер буде перекидатися від кожного електричного сигналу – імпульсу, другий – від кожної пари імпульсів, третій – від чотирьох і т.д.

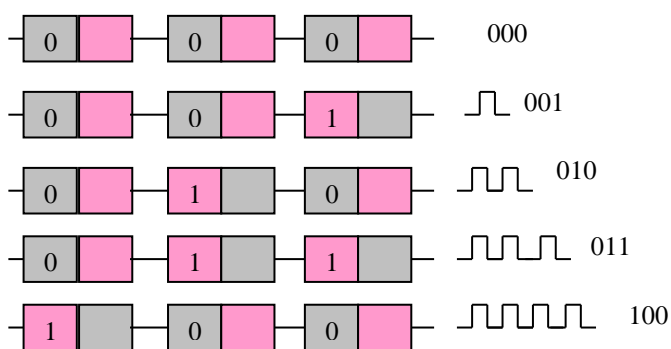


Рис. 7.12.

Щоб «качнути» туди і назад останній тригер, треба подати вісім імпульсів, тобто 2^3 . Ланцюг з чотирьох тригерів перекинеться після приходу 16 імпульсів (це 2^4), п'ять тригерів – від 32 імпульсів (2^5), а n тригерів – від 2^n . Такий ланцюжок тригерів (лічильник імпульсів) можна використовувати для виміру числа імпульсів, якщо доповнити їх індикаторними пристроями. Спрощена структурна схема такого реєструючого пристрою приведена на рис. 7.13.

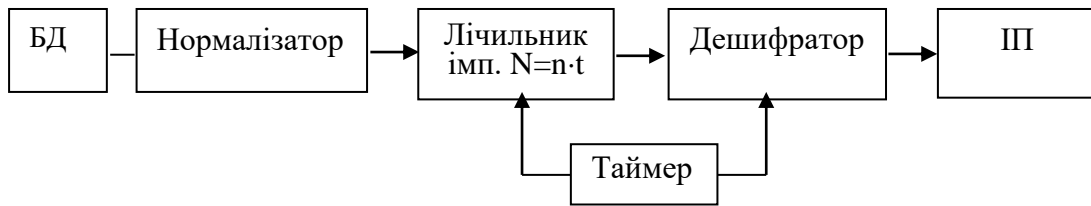


Рис. 7.13. Спрощена структурна схема дискретних вимірювачів середньої частоти.

Імпульси з блоку детектування (БД), які пройшли через підсилювач – нормалізатор, надходять на лічильник імпульсів, який за певний час здійснює відлік кількості імпульсів, які надійшли на його вхід.

Часовий інтервал t надається схемою таймера, який генерує імпульс початку лічення і імпульс закінчення лічення вхідних імпульсів в інтервалі часу t , які задаються оператором або автоматично.

Після закінчення часового інтервалу t лічильник припиняє відлік імпульсів, що надходять до його входу. Отримана інформація про число налічених імпульсів надходить на схему дешифратора, де формуються електричні сигнали, які надходять до цифрових індикаторних пристроїв. На індикаторному пристрою (ІП) відображається інформація у вигляді цифрового числа.

Після закінчення вимірювання імпульс "скид" оператором або автоматично подається на всі елементи схеми перерахунку і приводить ці елементи і всю схему в початковий стан.

Такий принцип вимірювання частоти надходження імпульсів використовується в приладах типу ИМД-1, ИМД-21, ИМД-12, МКС-У.

Таким чином, в лекції розглянуто основний принцип будови дозиметричної апаратури, заснований на детектуванні іонізуючого випромінювання, тобто на перетворенні енергії іонізуючого випромінювання в інші види енергії, що легко вимірюються існуючими методами та способами обробки інформації, які надходить із блоку детектування та представлення кінцевого результату обробленої інформації у формі, зручній для використання.

Лекція № 8

Тема лекції: „Технічні засоби радіаційного спостереження, радіаційної розвідки та контролю”

План лекції

1. Найпростіші вимірювачі потужності дози.
2. Цифрові вимірювачі потужності дози. Бортові вимірювачі потужності дози.
3. Технічні засоби радіометричного контролю. Вимірювач потужності дози універсальний ИМД-12.
4. Технічні засоби контролю радіаційного опромінення.

Література

1. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
3. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с.

1. Найпростіші вимірювачі потужності дози

До даного класу приладів відносять прилади, за допомогою яких своєчасно здійснюють виявлення радіоактивного зараження місцевості та які мають найпростіші електричні схеми із вбудованою світловою або звуковою сигналізацією. За допомогою індикаторів можна орієнтовано встановити підвищується потужність дози або зменшується.

1.1. Індикатор-сигналізатор ДП-64

Індикатор-сигналізатор ДП-64 *призначений* для постійного спостереження за радіаційною обстановкою, він застосовується в приміщенні чергового частини або на стаціонарних командних пунктах частин. При цьому пульт сигналізації встановлюється усередині приміщення, а блок детектування (БД) – зовні приміщення (на даху, стіні, дереві і т.п.) на висоті 1 м від поверхні даху, землі. Основні метролого-технічні характеристики приладу приведені у таблиці 1.

Прилад працює в режимі спостереження і під час досягнення порогового значення потужності експозиційної дози (ПЕД), в 0,2 Р/год, забезпечує переривчасту сигналізацію. Інерційність спрацювання сигналізації не перевищує 3 сек. Живлення приладу здійснюється від мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 127 або 220 В, а також від акумуляторів з напругою 6 В. Час готовності приладу до роботи після вмикання – 30 секунд. В приладі передбачена можливість перевірки працездатності від внутрішнього бета-джерела.

Основні метролого-технічні характеристики приладу

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Поріг спрацювання сигналізації	0,2 Р/год
2	Час спрацювання сигналізації	3 сек
3	Температурний інтервал працездатності приладу	вимірювальний пульт – від +5 до +40°C; блок детектування – від -40 до +50°C
4	Електроживлення	від електромережі перемінного струму напругою 127 або 220 В 50 Гц, а також акумуляторів напругою 6 В
5	Вага приладу	5,0 кг
6	Час підготовки приладу до роботи	30 сек

Склад приладу

У комплект ДП-64 входить прилад, технічний опис та інструкція за експлуатації (в одній книзі), формуляр приладу, ЗП. Сам індикатор-сигналізатор ДП-64 (рис 8.1.) складається з пульта сигналізації (1), блока детектування (5) (з контрольним джерелом бета-випромінювання), з'єднувального кабелю довжиною 30 м.

Пульт приладу складається із корпусу і кришки, яка кріпиться до нього шістьма гвинтами. На лицевій стороні корпусу зверху (в центрі) знаходиться динамічна голівка ДЭМ-4 (7) (рис.1.), ліворуч від якої розташовані тумблер “Робота–Контроль” (2), кришка запобігача, тумблер “Вкл-Выкл” (3). Ліворуч розташовані сигнальна лампа (6) та інструкція із роботи з приладом. На нижній стінці корпусу встановлені плата для приєднання до блоку детектування і роз'єм кабелю живлення приладу.

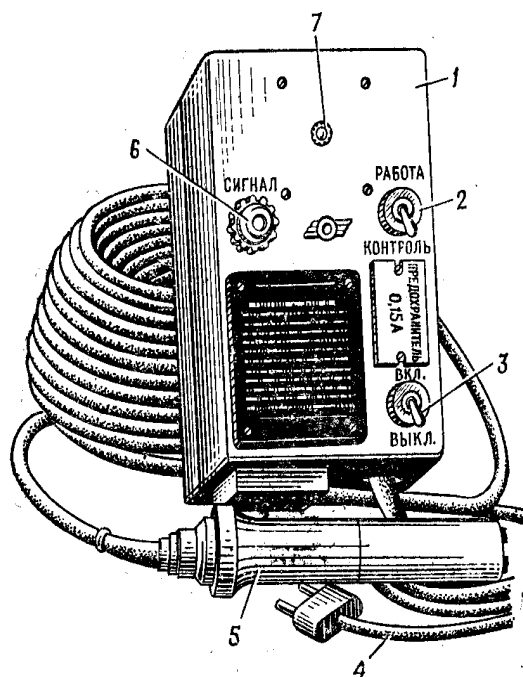


Рис. 8.1. Індикатор-сигналізатор ДП-64:
1 – пульт сигналізації, 2 – тумблер “Робота-Контроль”, 3 – тумблер “Вкл-Выкл”, 4 – кабель живлення, 5 – БД, 6 – сигнальна лампа; 7 – динамік типу ДЭМ.

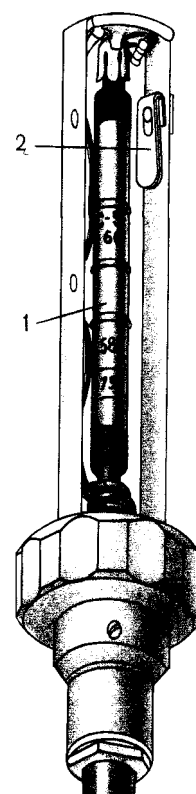


Рис. 8.2

Блок детектування складається з циліндричного корпусу, герметизованого за допомогою гумового кільця і накидної гайки (рис.2).

В середині блоку детектування на спеціальній платі розташовані газорозрядний лічильник типу СБМ-20 (1) і прикритий екраном бета-випромінювач (2) (стронцій-90), призначений для перевірки працездатності приладу.

Така конструкція приладу дозволяє йому залишитися працездатним в інтервалі температур від -5 до $+40$ $^{\circ}\text{C}$ з відносною вологістю 90–95% при температурі $+35$ $^{\circ}\text{C}$, а блок детектування працездатний в інтервалі температур від -40 до $+50$ $^{\circ}\text{C}$ в умовах відносної вологості 95–98 % при температурі $+40$ $^{\circ}\text{C}$.

Будова і робота приладу за структурною схемою

Структурна схема приладу представлена на рис. 8.3.



Рис. 8.3. Структурна схема ДП-64

Принцип дії. Під впливом гамма-випромінювання газорозрядний лічильник генерує імпульси струму, частота яких прямопропорційна величині ПЕД. Ці імпульси кабелем надходять до вимірювального пульта.

Під час положення тумблера “РОБОТА”, імпульси надходять на схему вимірювання, яка перетворює імпульси струму в постійну напругу, величина якої пропорційна частоті імпульсів струму, які надходять від газорозрядного лічильника; а значить, прямопропорційна величині ПЕД, що впливає на лічильник. Ця напруга, в свою чергу, подається на вхід порогового пристрою, поріг спрацювання якого розраховано на величину напруги відповідної ПЕД, яка дорівнює 0,2 Р/год. Під час спрацювання порогового пристрою замикається коло живлення сигнальної лампи і звукового сигналу ДЭМ-4М. Порогова схема побудована так, що при збільшенні ПЕД частота спрацювання порогового пристрою збільшується.

Під час перевірки працездатності приладу перемикач ставиться в положення “КОНТРОЛЬ”. За відсутності гамма-випромінювання лічильник опромінюється слабким потоком бета-частинок джерела стронцій-90. Поріг спрацювання схеми контролю нижче порогу спрацювання схеми вимірювання у 7 разів, що обумовлює спрацювання цієї схеми під час опромінювання лічильника вмонтованим опромінювачем і виключає спрацювання схеми вимірювання від цього джерела.

Вихідна напруга зі схеми контролю надходить на схему порогового пристрою, викликає його спрацювання, тобто вмикання світової і звукової сигналізації.

Блок живлення забезпечує перетворення напруги, що подається на його вхід від мережі змінного струму 220 або 127 В, або від акумулятора 6 В, в напругу, необхідну для живлення газорозрядного лічильника і порогової схеми.

1.2. Вимірювач потужності дози ДП-5В

Призначення. Вимірювач потужності дози (рентгенметр) ДП-5В призначений для вимірювання рівня радіоактивного зараження місцевості і радіоактивного зараження поверхонь різних предметів по гамма-випромінюванню, а також виявлення наявності бета-випромінювання.

ПЕД гамма-випромінювання визначається в мілірентгенах або у рентгенах за годину для тієї точки простору, у якій розміщено під час вимірювання блок детектування приладу. Діапазон вимірювання за гамма-випромінюванням лежить в межах від 0,05 мР/год до 200 Р/год в діапазоні енергії від 0,084 МеВ до 1,25 МеВ. Увесь діапазон розбито на 6 піддіапазонів (табл. 8.2).

Таблиця 8.2.

Основні метролого-технічні характеристики приладу

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	від 0,05 мР/год до 200 Р/год
2	Піддіапазони	1 (200) – 5-200 Р/год 2 (x1000) – 500-5000 мР/год 3 (x100) – 50-500 мР/год 4 (x10) – 5-50 мР/год 5 (x1) – 0.5-5 мР/год 6 (x0,1) – 0,05-0,5 мР/год
3	Працездатність приладу	інтервалу температур від -50 до +50°C
4	Електроживлення	від 3 елементів живлення А336 по 1,5 В кожному
5	Похибка приладу під час вимірів у нормальних умовах	не перевищує $\pm 30\%$, від вимірювальної величини
6	Час виміру	не більше 45 сек
7	Вага	приладу – 3,2 кг, комплекту – 8,2 кг.
8	Час готовності до дії після увімкнення	1 хв

Відлік показів здійснюється за шкалою із подальшим помноженням на відповідний коефіцієнт піддіапазону, причому робочим є відрізок шкали, що обмежений безперервною лінією.

Прилад має звукову індикацію на усіх піддіапазонах, крім першого. Основна і відносна похибка приладу під час вимірювання в нормальних умовах не перевищує $\pm 30\%$ від вимірюємої величини під час опромінювання радіоактивним джерелом кобальт-60.

Час встановлення показів приладу (час вимірювання), необхідний для одержання гарантованої точності відліку, не перевищує 45 секунд. Прилад працездатний в умовах:

- інтервал температур від -50 до +50°C і відносної вологості $65 \pm 15\%$;
- під час занурення блока детектування в воду на глибину до 0,5 метра;

- після перебування у пилонесучому середовищі;
- під час вібрації в діапазоні частот від 10 до 80 Гц з прискоренням 30 м/с²;
- під час ударів з частотою 80-120 ударів на хвилину з прискоренням 150м/с²;
- під час транспортної тряски з прискоренням 1000м/с² з частотою 80–100 ударів на хвилину.

Склад приладу

До комплекту приладу входять (рис. 8.4): прилад (2), розміщений у футлярі (вимірювальний пульт, блок детектування з джерелом контролю, які з'єднуються за допомогою гнучкого кабелю довжиною 1,2 м); подовжувальна штанга довжиною 45-75 см (1); головні телефони; дільник напруги (з кабелем довжиною 10м) для підключення приладу до зовнішнього джерела постійного струму напругою 12 або 24 В; два роздвигних ремня; комплект запасного майна (ЗП) (5); комплект експлуатаційної документації (6) (технічний опис і інструкція з експлуатації та формуляр); укладальний ящик (4) для зручності транспортування.

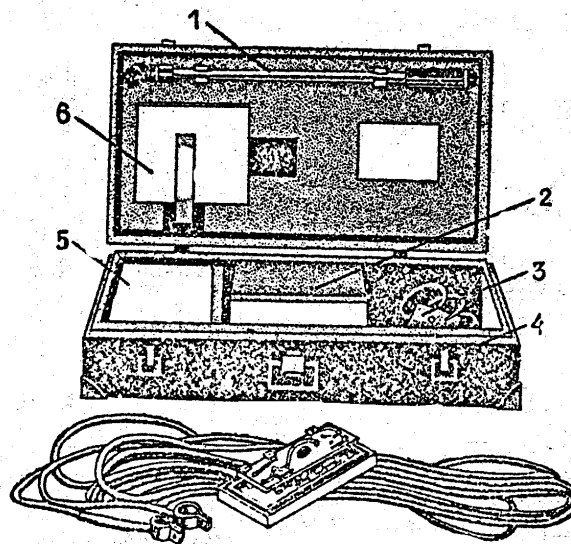


Рис. 8.4

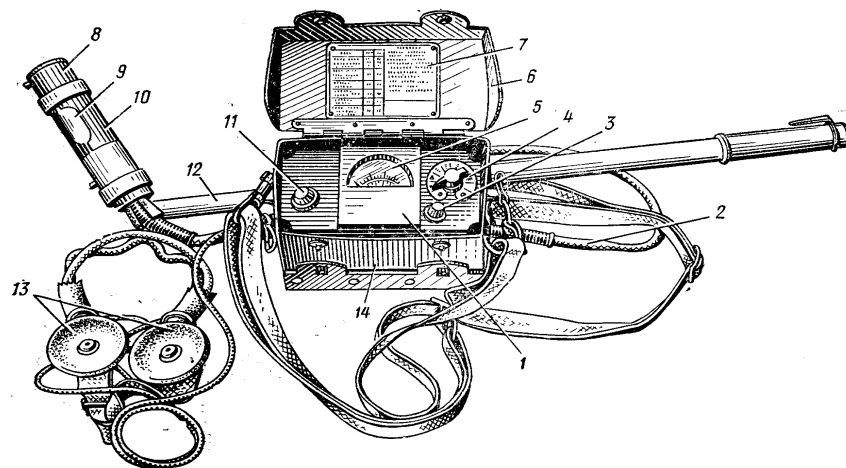


Рис. 8.5. Загальний вигляд приладу ДП-5В

До складу приладу входять вимірювальний пульт (1) (рис. 8.5), розташований в футлярі (14), який виготовлено з шкірозамінювача, блок детектування (8), подовжувальна штанга (12), головні телефони (13).

Живлення приладу здійснюється від 3 елементів живлення А336 один з яких використовується тільки для підсвічення шкали мікроамперметра за умови роботи в темряві (рис. 8.6). Комплект живлення забезпечує безперервну роботу приладу без урахування підсвічення шкали за нормальних умов на протязі не менше 70 годин під час використання свіжих елементів (термін зберігання не більше 1 місяця).

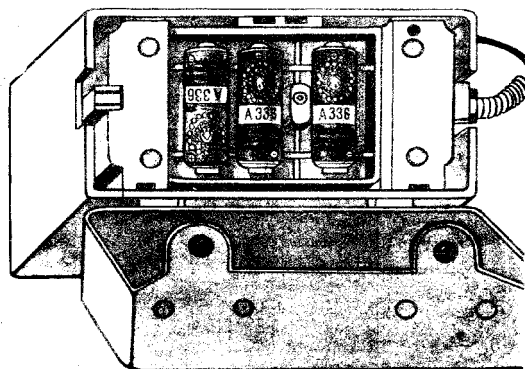


Рис. 8.6. Живлення приладу.

Дільник напруги дозволяє здійснювати живлення приладу від зовнішнього джерела живлення постійного струму 12 або 24 В в залежності від положення двох рухомих пружинних контактів, що знаходяться на печатній платі дільника. Дільник напруги має кабель живлення довжиною 10 метрів для підключення до джерела живлення. Маса приладу з елементами живлення не перевищує 3,2 кг. Маса повного комплекту приладу в укладочному ящику не перевищує 8,2 кг.

Будова і робота складових частин приладу за структурною схемою

До складу структурної схеми входить:

1. В блоці детектування:
 - газорозрядний лічильник гамма- і бета-випромінювання;
 - підсилювач-нормалізатор.
2. В пульті:
 - розрядні ланцюжки;
 - інтегруючий контур;
 - вимірювальний прилад – мікроамперметр;
 - блок живлення;
 - джерело живлення (елементи А336).
3. Поза пультом:
 - телефони;
 - дільник напруги.



Рис. 8.7. Структурна схема приладу ДП-5В.

Принцип дії. Під час подачі напруги від джерела живлення 3В на блок живлення, він виробляє постійну стабілізуючу напругу 400 В, яка подається на газорозрядні лічильники, що знаходяться на блоці детектування.

Газорозрядні лічильники під впливом іонізуючого випромінювання генерують імпульси напруги (струму), які надходять до підсилювача-нормалізатора, елементи якого (розрядні ланцюжки) знаходяться в пульті.

Імпульси, нормалізовані за амплітудою і тривалістю, надходять за двома адресами: 1-а – на головні телефони, де за частотою звукових сигналів (кляцання) визначають наявність іонізуючого випромінювання і орієнтовно його рівень; 2-а – на інтегруючий контур схеми вимірювача середньої частоти слідування імпульсів.

Інтегруючий контур перетворює імпульси в усереднений струм, величина якого пропорційна частоті слідування імпульсів з блоку детектування, а значить, величині потужності дози гамма-випромінювання, яка впливає на газорозрядні лічильники.

Цей струм реєструється вимірювальним приладом, шкала якого відградуєвана в одиницях ПЕД гамма-випромінювання.

Вимірювач потужності дози ИМД-5

Призначення. Вимірювач потужності дози ИМД-5 призначений для вимірювання поглиненої дози гамма-випромінювання і виявлення бета-випромінювання.

Прилад є подальшою модернізацією та удосконаленням вимірювача потужності дози (рентгенометра) ДП-5В.

Прилад забезпечує вимірювання потужності дози (поглиненої) гамма-випромінювання від 0,05 мРад/год до 200 Рад/год в діапазоні енергії від 0,084 МеВ (тулій 170) до 1,25 МеВ (кобальт 60). Весь діапазон розбитий на 6 піддіапазонів (табл. 3).

Прилад забезпечує індикацію щільності потоку бета-випромінювання в межах від 50 до 5000 бета-част/(хв·см²) з енергією 2,27 МеВ. Діапазон індикації бета-випромінювання, розбитий на 3 піддіапазони.

Відлік показань проводиться за шкалою приладу із подальшим помноженням на відповідний коефіцієнт піддіапазону, причому робочою є ділянка шкали, окреслена суцільною лінією. Прилад забезпечує звукову індикацію гамма- і бета-випромінювання головними телефонами на 2-6-му піддіапазонах.

Технічні та експлуатаційні характеристики практично співпадають з

аналогічними характеристиками вимірювача потужності дози ДП-5В. Деякі конструктивні удосконалення дозволили збільшити занурення блока детектування на глибину до 1 метра, а також покращення ергономічних характеристик приладу, що підвищило якість операторської діяльності обслуговуючого персоналу.

Конструкція приладу, його структурна і електрична схеми майже повністю співпадають з конструкцією, структурною і електричною схемами ДП-5В. Невеликі зміни, пов'язані із заміною номіналу деяких резисторів і конденсаторів, пояснюється необхідністю градування приладу в одиницях потужності поглиненої дози гамма-випромінювання, тобто в рад/год.

1.3. Вимірювач потужності дози ИМД-1

Вимірювач потужності експозиційної дози гамма-випромінювання ИМД-1 *призначений* для вимірювання ПЕД гамма-випромінювання і виявлення бета-випромінювання у польових умовах.

Прилад використовується під час ведення радіаційної розвідки в зонах радіоактивного зараження та при контролі радіоактивного зараження різних об'єктів, особового складу, продуктів харчування за гамма-випромінюванням.

Вимірювач має три варіанти виконання: ИМД-1А, ИМД-1Р, ИМД-1С. Прилад ИМД-1А використовується для вимірювання ПЕД в діапазоні від 0,01 до 999 Р/год, ИМД-1Р – в діапазоні від 0,01 мР/год до 999 Р/год, ИМД-1С – в діапазоні 0,01 мР/год до 999 Р/год. Основні метролого-технічні характеристики приладу приведені у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3.

Основні метролого-технічні характеристики приладу

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру		
		ИМД-1А	ИМД-1Р	ИМД-1С
1	Тип приладу	переносний	переносний	стаціонарний
2	Діапазон виміру	0,01 до 999 Р/год	0,01 мР/год до 999 Р/год	
3	Пороги сигналізації	0,1 і 300 Р/год	0,1 і 300 мР/год 0,1 і 300 Р/год	
4	Час виміру та спрацювання сигналізації:	15 с у діапазоні 0,01÷9,99 Р/год; 1,5 с у діапазоні 10÷999 Р/год	60 с у діапазоні 0,01÷9,99 мР/год; 6 с у діапазоні 10÷999 мР/год; 15 с у діапазоні 0,01÷9,99 Р/год; 1,5 с у діапазоні 10 ÷ 999 Р/год.	
5	Похибка виміру	±25%		
6	Електроживлення	елементи А-343 «Прима» із номінальною напругою 6 В, від бортової мережі або від акумулятора з напругою 10,8÷ до 30 В		
7	Вага	приладу – 2,5 кг комплекту – 9,74 кг		

Перші два варіанти приладу використовуються з метою радіаційної розвідки, третій варіант використовується стаціонарно в закритих приміщеннях (сховищах). В приладах ИМД-1Р та ИМД-1С весь діапазон розбитий на 2 піддіапазони:

1. з межами вимірювання від 0,01 до 999 мР/год.
2. з межами вимірювання від 0,01 до 999 Р/год.

Початкова частина піддіапазону від 0,01 до 0,1 мР/год (Р/год) є індикаторною і основна похибка для цієї частини піддіапазону не нормується. Для решти частини піддіапазону основна похибка вимірювання відносно вимірюваного значення не перевищує $\pm 25\%$ плюс одиниця молодшого розряду. Для всіх трьох модифікацій діапазон вимірювання в межах від 0,01 до 999 Р/год. забезпечується блоком детектування, вмонтованим в блок вимірювання. Для модифікацій приладів з індексами Р та С діапазон вимірювання від 0,01 до 999 мР/год забезпечується виносним блоком детектування. Вимірювач забезпечує спрацювання звукової сигналізації, якщо досягнуто ПЕД 0,1 та 300 Р/год на піддіапазоні “Р/год”, та 0,1 та 300 мР/год на піддіапазоні “мР/год”. Час вимірювання не перевищує:

1. Для ИМД-1А:
 - 15 сек. в діапазоні від 0,01 до 9,99 Р/год;
 - 1,5 сек. в діапазоні від 10 до 999 Р/год.
2. Для ИМД -1С та ИМД-1Р:
 - 60 сек. в діапазоні від 0,01 до 9,99 мР/год;
 - 6 сек. в діапазоні від 10 до 999 мР/год;
 - 1,5 сек. в діапазоні від 10 до 999 Р/год;
 - 15 сек. в діапазоні від 0,01 до 9,99 Р/год.

Час встановлення робочого режиму вимірювача – не більше 1 хвилини. Інформація про вимірювання подається в дискретній формі у вигляді числа, яке висвітлюється світловим табло.

Для орієнтації про зміни вимірюваної ПЕД використовуються головні телефони, інтенсивність клацання в яких свідчать про зміну ПЕД з часом.

Живлення вимірювачів здійснюється: ИМД-1А та ИМД-1Р – від 4 послідовно з'єднаних елементів А-343 номінальною напругою 6 В і від бортової мережі постійного струму або акумулятора з напругою від 10,8 до 30. ИМД-1С – від 4 послідовно з'єднаних елементів А-343 номінальною напругою – 6 В, від бортової мережі або акумуляторів з напругою від 10 В до 30 В, від мережі постійного струму з напругою 220 В та частотою 50 або 400 Гц. У вимірювачі передбачений пристрій, сигналізуючий про розряд елементів напруги до 4 В включенням на табло світлового індикатора.

Склад приладу

Комплект приладу складається (рис. 8.8.): блок детектування ИМД-1-1 (3); блок живлення ИМД-1-2 (2) (для забезпечення роботи приладу від бортової мережі); пульт вимірювальний ИМД-1-3 (1); блок живлення ИМД-1-6 (для забезпечення роботи приладу ИМД-1С від електромережі); телефон головний; устрій перехідний УУМ-08С (для забезпечення постійної роботи світлового табло); кабель з'єднувальний; штанга довжиною 30,5-72 см (4); тубус (для зняття показань з цифрового табло при яскравому сонячному світлі); джгут із перехідними колодками, які дозволяють розташовувати батарейний відсік у кишені при температурі від -50 до -20С°.; поясний та шийний ремінь; металевий укладальний ящик; технічна документація (“Технічний опис та інструкція з експлуатації”, “Формуляр”).

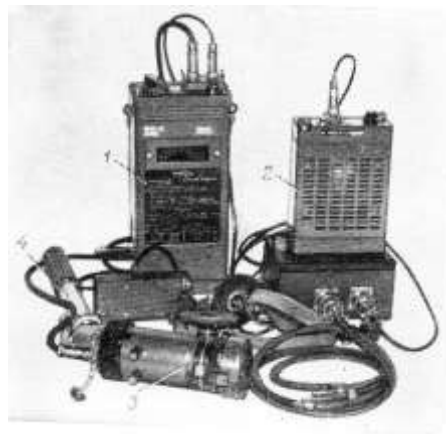


Рис. 8.8.

Конструктивно вимірювальний пункт являє собою герметичний стакан прямокутної форми, виконаної із високотривкої пластмаси, стійкої до агресивних середовищ. Герметизація пульта забезпечується гумовими прокладками, встановленими в місцях стикання корпусу в панелях.

На панелі пульта розташовані органи управління та роз'єми. Органами управління є:

- перемикач на 4 положення (Выкл; Проверка; Р/ч; мР/ч);
- кнопка “ОТСЧЕТ”.

Роз'єми призначені для підключення блока детектування ИМД-1-1 і головних телефонів. В середині пульта міститься вмонтований блок детектування і електронна схема вимірювання, розташована на 4 печатних платах, які закріплені в спеціальних шасі.

На корпусі пульта мається спеціальне прямокутне вікно із світлофільтрами, призначене для забезпечення зчитування інформації із цифрового табло і світлового індикатора розряду елементів.

В нижній частині корпусу впресовані 2 металеві втулки з різьбою, призначені для відмикання до пульта батарейного відсіку або блока живлення ИМД-1-2, які являються одночасно і струмопровідними контактами.

Батарейний відсік виконаний у вигляді обойми, яка за формою являється продовження пульта вимірювального ИМД-1-3, елементи живлення розташовані в середині батарейного відсіку вертикально і послідовно електрично з'єднанні.

2. Цифрові вимірювачі потужності дози. Бортові вимірювачі потужності дози

2.1. Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У

Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У (далі по тексту – дозиметр) *призначений* для виміру еквівалентної дози (ЕД) і потужності еквівалентної дози (ПЕД) гама- і рентгенівського випромінювань (далі – фотонного іонізуючого випромінювання) і поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Дозиметр використовується в системі радіаційного контролю України, у тому числі: у підрозділах радіохімічної розвідки цивільного захисту, у збройних силах, у службах дозиметричного контролю атомної енергетики, у

медицині, у ядерній фізиці.

Основні технічні дані і характеристики приведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4

Основні технічні дані і характеристики

Назва	Одиниця виміру	Нормовані значення за ТУ
Діапазон вимірів ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою КБД	мкЗв/година	0,1 – 100 000
Межі відносної основної погрішності, що допускається, при вимірі за допомогою КБД з довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(15+2/P)$, де P - чисельне значення вимірної ПЕД, виражене в мкЗв/година
Діапазон вимірів ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою ВД	Зв/година	$10^{-2} - 100$
Межі відносної основної погрішності, що допускається, при вимірі при за допомогою ВД при градуванні по ^{137}Cs з довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(15+200/P)$, де P - чисельне значення вимірної ПЕД, виражене в мЗв/година
Діапазон вимірів ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою блоку БДБГ-08	мкЗв/година	0,1 – 100 000
Межі відносної основної погрішності, що допускається, при вимірі при за допомогою блоку БДБГ-08 при градуванні по ^{137}Cs з довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(15+2/P)$, де P - чисельне значення вимірної ПЕД, виражене в мкЗв/година
Діапазон вимірів ЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою ВДД	мЗв	0,001 - 9999
Межі відносної основної погрішності, що допускається, при вимірі ЕД за допомогою ВДД при градуванні по ^{137}Cs із довірчою імовірністю 0,95	%	± 15
Діапазон енергій реєструемого фотонного іонізуючого випромінювання	МеВ	0,05 – 3,00
Діапазон вимірів щільності потоку бета-частинок за допомогою КБД	часток/(см ² ·хв)	$10 - 2 \cdot 10^5$
Межі відносної основної погрішності, що допускається, при вимірі щільності потоку бета-частинок за допомогою КБД із довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(20+200/P)$, де P - чисельне значення вимірної щільності потоку, виражене в частка./(см ² ·хв)
Діапазон енергій реєструемих бета-частинок	МеВ	0,3 – 3,0
Діапазон вимірів часу накопичення ЕД оператором з дискретністю вимірів 1 хв	година	48
Межі абсолютної погрішності, що допускається, при вимірі часу накопичення ЕД оператором за 100 годин	хв	± 1
Номінальна напруга живлення дозиметра від батареї з п'яти акумуляторів	В	6,0

Час установлення робочого режиму дозиметра, не більше	хв	1
Габаритні розміри пульта дозиметра без сполучного кабелю, не більше	мм	82x124x163
Довжина сполучного кабелю КБД, не менше	м	1,0
Довжина сполучного кабелю ВД, не менше	м	30
Довжина сполучного кабелю блоку БДБГ-08, не менше	м	7
Маса пульта дозиметра разом із КБД, не більше	кг	1,8
Маса комплекту дозиметра в укладальному ящику, не більше	кг	8

Інтервали та піддіапазони вимірів у всіх режимах роботи дозиметра встановлюються автоматично, при цьому результат попереднього виміру обновляється тільки після завершення наступного інтервалу виміру, але не раніше, ніж через 2 секунди. У дозиметрі передбачена можливість автоматичного вирахування гамма-фону при вимірі поверхневої щільності потоку бета-частинок.

У дозиметрі передбачена можливість запису в енергонезалежну пам'ять до 4096 результатів вимірів ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок із записом до 100 номерів контрольованих об'єктів, а також незалежний автоматичний запис дозового навантаження із дискретністю записів ЕД фотонного іонізуючого випромінювання через кожні 15 хв.

У дозиметрі передбачена можливість почергового виведення на власний цифровий індикатор всієї історії вимірів ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок з номерами контрольованих об'єктів, а також передача цієї інформації в базу даних на персональний комп'ютер через інфрачервоний порт (IRDA).

У дозиметрі передбачена можливість підзарядки штатної акумуляторної батареї, а також живлення дозиметра від батареї фотоелектричної, блоку живлення ~220 В / =12 В або автомобільної акумуляторної батареї.

Дозиметр забезпечує виміри в умовах:

- температури навколишнього повітря від мінус 40 до +50° С;
- відносної вологості до 95 % при температурі 35 °С без конденсації вологи;
- занурення виносного детектора ВД у воду на глибину до 0,5 м;
- атмосферного тиску від 66 до 106,7 кПа;
- після перебування в пилонесучому середовищі;
- впливу постійних або перемінних магнітних полів напруженістю 400

А/м.

При роботі в діапазоні температур від мінус 21 до мінус 40 °С дозиметр повинний живитися від зовнішнього джерела живлення (блоку живлення ~220 В / =12 В або автомобільної акумуляторної батареї).

Дозиметр складається з: пульта, у який вбудований детектор гамма-випромінювання для визначення дози оператора – ВДД, виносного

комбінованого блоку детектування (гамма-випромінювання і бета-частинок) – КБД і виносних детекторів гамма-випромінювання – ВД або БДБГ-08.

Блоки детектування КБД, БДБГ-08 і ВДД перетворюють випромінювання в послідовність імпульсів напруги, кількість яких пропорційна інтенсивності реєструємого випромінювання.

Виносний детектор гамма-випромінювання ВД перетворює випромінювання в струм, величина якого пропорційна інтенсивності та енергії випромінювання.

Дозиметр має наступні *режими роботи та індикації*:

- вимірювання за допомогою КБД та індикація ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання;
- вимірювання за допомогою КБД та індикація щільності потоку бета-частинок;
- індикація значення ЕД оператора;
- індикація часу накопичення ЕД оператором;
- вимірювання за допомогою ВД або БДБГ-08 та індикація ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання;
- запис результатів вимірів в енергонезалежну пам'ять;
- перегляд результатів вимірів, записаних в енергонезалежну пам'ять;
- передача через інфрачервоний порт результатів вимірів у ПК;
- підсвічування цифрової шкали;
- автоматична зарядка акумуляторної батареї.

Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У складається з:

- пульта;
- виносного детектора гамма-випромінювання або блоку детектування гамма-випромінювання високочутливого виносного БДБГ-08;
- футляра з фотобатареею і ременями;
- телефону;
- блоку живлення і кабелю живлення;
- укладального ящика;
- інших приналежностей, інструмента, запчастин.

Пульт дозиметра (відповідно до рис. 8.9) складається з власне пульта (1) і блоку детектування комбінованого (2), об'єднаних між собою кабелем (3).



Рисунок 8.9. Пульт дозиметра

Пульт служить для управління режимами роботи дозиметра, обробки інформації від детекторів і блоків детектування, відображення обмірюваної інформації, звукової сигналізації та енергозабезпечення.

Пульт складається із наступних складових частин (рис. 8.10): панелі індикації і управління (1), основи (2) і кожуха (3).

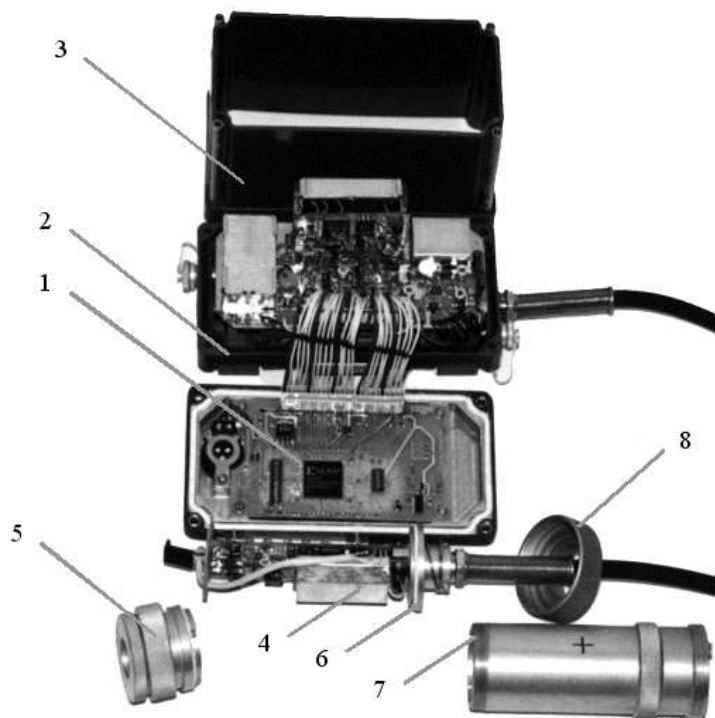


Рисунок 8.10. Конструкція пульта дозиметра

У нижній частині основи розміщений відсік живлення (рис. 8.11), у якому за допомогою контактної колодки закріплюються п'ять акумуляторів (1) типорозміру АА.

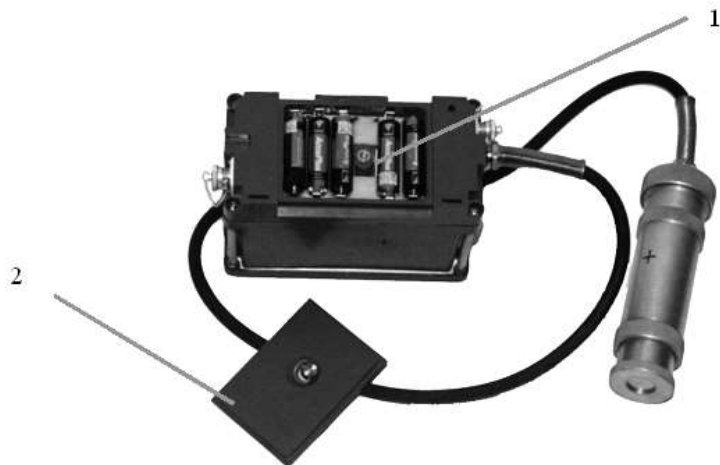


Рисунок 8.11. Відсік живлення пульта

Відсік живлення закривається кришкою (2), що кріпиться гвинтом. На правій і лівій бічних стінках основи розміщено роз'єм для підключення виносного детектора гамма-випромінювання, роз'єм для підзарядки акумуляторів від фотоелектричної батареї (це й же роз'єм використовується для підключення за допомогою кабелю до автомобільного акумулятора або до блоку живлення, що працює від промислової мережі), гніздо для підключення телефону. На правій бічній стінці підстави закріплений кабель, що з'єднує пульт з комбінованим блоком детектування. Електричне з'єднання між платою енергозабезпечення і платою управління та індикації здійснюється за допомогою роз'єму і плоского джгута.

Блок детектування комбінований служить для виміру ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання і щільності потоку бета-частинок.

Блок детектування комбінований (рис. 8.9) складається з двох блоків: блоку детектування гамма-випромінювання і блоку детектування бета-частинок.

Для роботи з блоком використовується подовжувальна штанга, конструкція якої дозволяє змінювати її довжину в межах від 450 до 750 мм.

Виносний детектор гамма-випромінювання (рис. 8.12) використовується для виміру ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання об'єктів із середнім і високим рівнем радіоактивного забруднення (для низьких і середніх рівнів радіоактивного забруднення використовується блок детектування гамма-випромінювання високочутливий виносний БДБГ-08).

Детектор розміщений у металевому герметичному корпусі (1) циліндричної форми (блок БДБГ-08 - у пластмасовому герметичному корпусі) і підключається до пульта за допомогою кабелю (2) з роз'ємом (3). Довжина кабелю 30 м (у БДБГ-08 довжина кабелю 7 м) дозволяє операторові знаходитися на значному видаленні від радіоактивного джерела високої потужності.

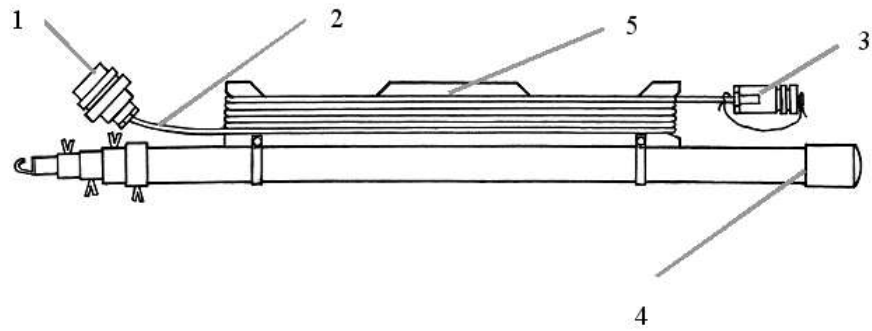


Рисунок 8.12 - Виносний детектор гамма-випромінювання

При дослідженні радіоактивних джерел середньої потужності застосовується телескопічна штанга (4), довжина якої в розгорнутому стані досягає 5 метрів. Корпус детектора кріпиться на кінці штанги за допомогою гачка, кабель підвішується уздовж штанги на спеціальних кільцях, а його невикористана частина намотується на каркас (5), закріплений на основній секції штанги (4). Цей каркас служить також для збереження виносного детектора в неробочому стані.

Телескопічна штанга в згорнутому стані з каркасом і виносним детектором гамма-випромінювання при транспортуванні і збереженні вкладається в чохол із щільної тканини (рис. 8.13).

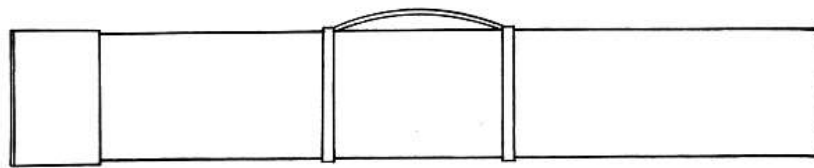


Рисунок 13. Чохол виносного детектора гамма-випромінювання

Футляр (1) (рис. 8.14) служить для підвищення зручності користування приладом при роботі на місцевості, а також для збереження і транспортування приладу в складі укладального ящика.

Блок детектування в неробочому стані укладається в спеціальний відсік і закривається клапаном. На внутрішній поверхні кришки футляра закріплена фотобатарея (2). До футляра кріпляться ремені (3), що дозволяють носити прилад в одному з двох положень: робочому (на грудях) і похідному (на плечі).



Рисунок 8.14. Дозиметр у футлярі

Телефон (4) використовується як додатковий акустичний сигналізатор наявності радіоактивного випромінювання і зміни його інтенсивності, що полегшує роботу оператора, особливо при локалізації об'єктів або ділянок місцевості з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення в обстановці високого рівня акустичних шумів.

Блок живлення (1) (рис. 8.15) від промислової мережі служить для зниження і випрямлення перемінної напруги промислової мережі 220 В, 50 Гц до постійної напруги 12 В. Блок живлення підключається до дозиметра за допомогою кабелю довжиною 1 м.



Рисунок 8.15. Блок живлення і кабель живлення

Укладальний ящик (рис. 8.16) призначений для збереження і транспортування основного комплекту приладу. У ящику і на внутрішній стороні кришки виконані відсік, осередки, гнізда, затиски для розміщення приладу і його складових частин, інструмента, приналежностей, запасних частин, експлуатаційної документації.

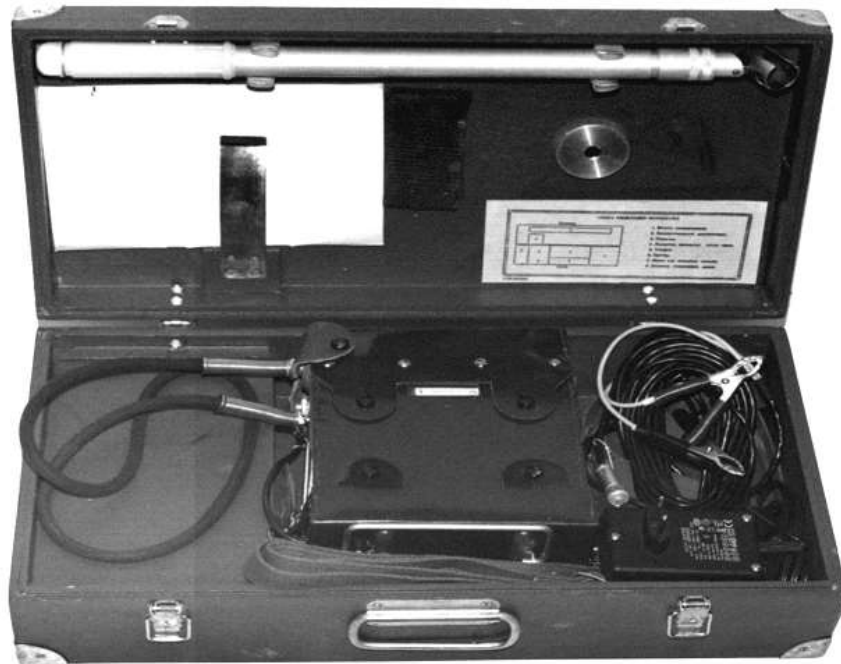


Рисунок 8.16 – Укладальний ящик

Дозиметр у відповідності зі структурною схемою, представленою на рис. 8.17, складається з пульта, фотобатареї (ФБ), виносного детектора гамма-випромінювання або блоку детектування гамма-випромінювання високочутливого виносного БДБГ-08 (ВД), блоку живлення (БЖ) і телефонів (Т).

Пульт складається з батареї акумуляторної (БА), пристрою енергозабезпечення (ПЕЗ), комбінованого блоку детектування (КБД), пристрою управління та індикації (ПУІ).

Роботу пульта розглянемо по роботі його складових частин.

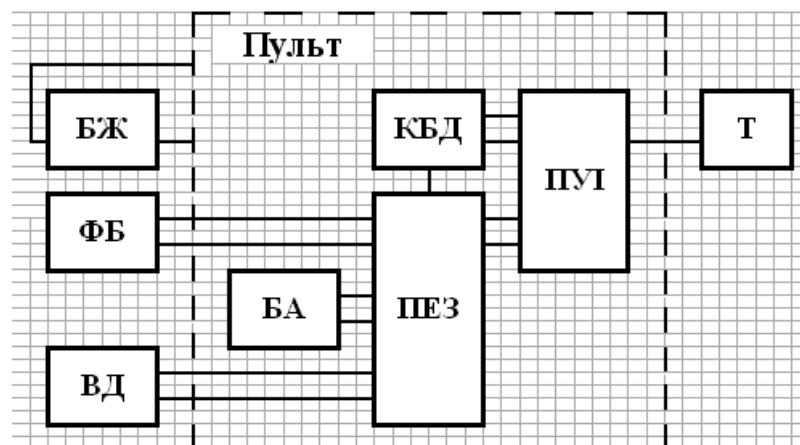


Рисунок 8.17. Структурна схема дозиметра МКС-У

Пристрій енергозабезпечення (рис. 8.18) складається з лінійного стабілізатора напруги (ЛСН), формувача напруги імпульсного (ФНІ), перетворювача струм-частота (ПСЧ), схеми вбудованого детектора дози (ВДД)

з детектором (Д), пристрою обробки (ПО) і автоматичного зарядного пристрою (АЗП).

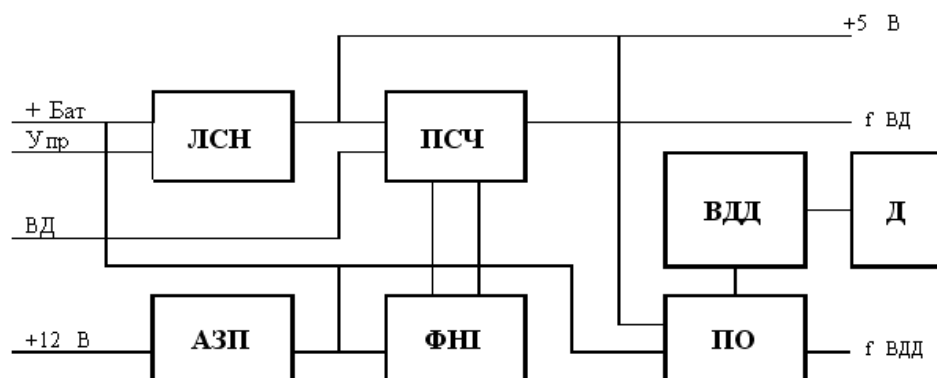


Рисунок 8.18. Структурна схема пристрою енергозабезпечення

При подачі на пристрій енергозабезпечення керуючого сигналу з пристрою керування та індикації активізується ЛСН і з напруги, що направляєється на його вхід від батареї акумуляторної, формує напругу +5 В для живлення вузлів дозиметра. Формувач напруги імпульсний (ФНІ) активізується тільки при приєднанні до пульта виносного детектора ВД. ФНІ формує двохполярне живлення для роботи схеми перетворювача напруга-частота (ПНЧ). ПНЧ перетворює струм, що надходить від виносного детектора ВД у послідовність імпульсів, частота повторення яких пропорційна вхідному струмові.

У пристрої енергозабезпечення розміщений пристрій обробки (ПО) і схема убудованого детектора дози оператора (ВДД) разом з детектором (Д), що функціонально реалізують убудований блок детектування дози оператора. У ПО знаходяться стабілізатор +5 В для живлення ВДД і цифрова схема лінеаризації рахункової характеристики детектора Д. У схему ВДД входить формувач анодної напруги для детектора Д. Як детектор Д застосовується газорозрядний лічильник типу СБМ-21. Убудований блок детектування дози оператора працює постійно з моменту включення живлення дозиметра.

Комбінований блок детектування (рис. 8.19) складається з блоку детектування гамма-випромінювання і блоку детектування бета-частинок. Блок детектування гамма-випромінювання складається з формувача напруги (ФН1), пристрою детектування гамма-випромінювання (ПДГВ) із двома детекторами Д1 і Д2. ФН1 формує анодну напругу для детекторів. ПДГВ служить для детектування гамма-випромінювання і лінеаризації рахункової характеристики детекторів. ПДГВ містить також стабілізатор напруги +5 В для живлення ФН1. Як детектори Д1 і Д2 застосовуються газорозрядні лічильники типу СБМ-20-1. Схема блоку детектування гамма-випромінювання активізується тільки при надходженні з пристрою управління та індикації дозиметра керуючого сигналу. Цей сигнал направляєється на відповідний вхід стабілізатора і переводить його в активний стан. При цьому на його виході формується напруга + 5В, необхідна для живлення схем блоку.

Блок детектування *бета-частинок* складається з формувача напруги (ФН2), підсилювача (П) і детектора бета-частинок (Д). До складу ФН2 входять стабілізатор напруги +5 В та імпульсний формувач напруги зміщення детектора. Підсилювач побудований за схемою імпульсного підсилювача з польовим транзистором на вході. Як детектор бета-частинок застосовується планарний *кремнієвий детектор* із площею робочої поверхні 1 см².

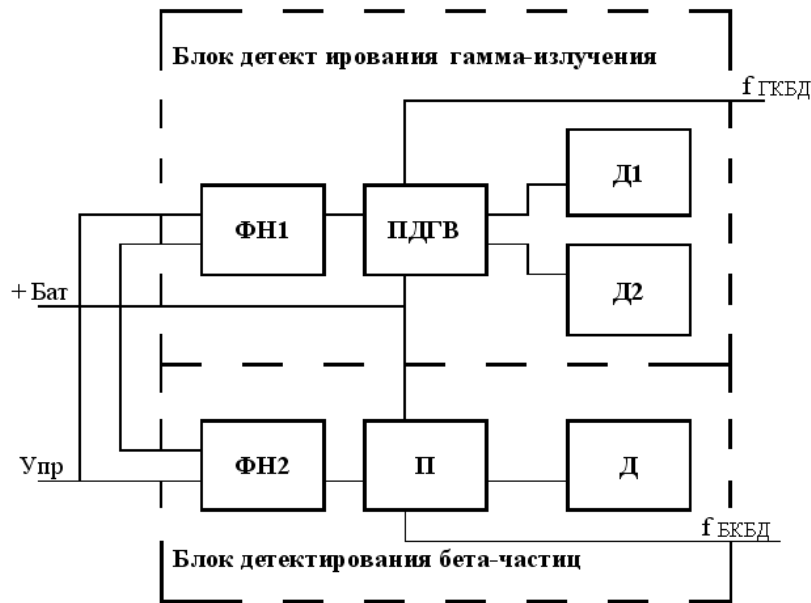


Рисунок 8.19. Структурна схема КБД

2.2. Дозиметр-радіометр МКС-05 “ТЕРРА”

Дозиметр-радіометр МКС-05 “ТЕРРА” (далі за текстом – дозиметр), призначений для вимірювання еквівалентної дози (ЕД) та потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма- та рентгенівського випромінювань (далі - фотонного іонізуючого випромінювання), а також поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Дозиметр використовується для екологічних досліджень; як наочне обладнання для закладів освіти; для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; для контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, території, що до них прилягає, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів. Основні технічні дані та характеристики наведені в таблиці 8.5.

Дозиметр забезпечує вимірювання за таких умов:

- температура від мінус 20 до +50 °С;
- відносна вологість до (95±3) % за температури 35 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

Таблиця 8.5

Основні технічні дані та характеристики

Назва	Одиниця вимірювань	Нормовані значення за ТУ
Діапазон вимірювань ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання	мкЗв/год	0,1 – 9999
Межі допустимої відносної основної похибки при вимірюванні ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання з довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(15+2/P)$, де P - числове значення виміряної ПЕД, виражене в мкЗв/год
Діапазон вимірювань ЕД фотонного іонізуючого випромінювання	мЗв	0,001 - 9999
Межі допустимої відносної основної похибки при вимірюванні ЕД фотонного іонізуючого випромінювання з довірчою імовірністю 0,95	%	± 15
Діапазон енергій фотонного іонізуючого випромінювання, що реєструється	МеВ	0,05 – 3,00
Діапазон вимірювань щільності потоку бета-частинок	част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв}$)	$10 - 10^5$
Межі допустимої відносної основної похибки при вимірюванні щільності потоку бета-частинок з довірчою імовірністю 0,95	%	$\pm(20+200/B)$, де B – числове значення виміряної щільності потоку, виражене в част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв}$)
Діапазон енергій бета-частинок, що реєструються	МеВ	0,5 - 3,0
Діапазон вимірювань часу накопичення ЕД оператором з дискретністю вимірювань 1 хв	год	24
Межі допустимої абсолютної похибки при вимірюванні часу накопичення ЕД оператором за 24 години	хв	± 1
Час установлення робочого режиму дозиметра, не більше	хв	1
Час безперервної роботи дозиметра при живленні від нової батареї з двох елементів типу ENERGIZER за умов нормального фонового випромінювання та вимкненого підсвічення шкали, не менше	год	1500
Нестабільність показів дозиметра за час неперервної роботи 6 годин, не більше	%	10
Загальна номінальна напруга живлення дозиметра від двох гальванічних елементів типорозміру ААА ємністю 1280 мА/год	В	3,0
Струм споживання дозиметра при номінальній напрузі 3,0 В за умов нормального фонового випромінювання та вимкненого підсвічення шкали, не більше	мА	0,5
Межі допустимої додаткової похибки при вимірюванні, що викликана відхиленням напруги живлення від номінального значення в діапазоні від 3,2 до 2,4 В, для всіх фізичних величин, які вимірюються	%	± 10
Межі допустимої додаткової похибки при вимірюванні, що викликана зміною температури оточуючого середовища від мінус 20 до +50 °С, на кожні 10 °С відхилення від 20 °С для всіх фізичних величин, які вимірюються	%	± 5
Середнє напрацювання на відмову, не менше	год	6000
Середнє значення коефіцієнта готовності, не менше	-	0,999
Середній ресурс дозиметра до першого капітального ремонту, не	год	10000

менше		
Середній термін служби дозиметра, не менше	рік	6
Середній термін збереження дозиметра, не менше	рік	6
Габаритні розміри дозиметра, не більше	мм	55x26x120
Маса дозиметра, не більше	кг	0,2

Дозиметр виконано у вигляді моноблоку, в якому розміщені детектор гамма- та бета- випромінювань, друкована плата зі схемою формування анодної напруги, цифрової обробки, управління та індикації, а також елементи живлення.

Детектор гамма- та бета- випромінювань перетворює випромінювання у послідовність імпульсів напруги, кількість яких пропорційна інтенсивності реєстрованого випромінювання.

Схема формування анодної напруги, цифрової обробки, управління та індикації здійснює:

- масштабування і лінеаризацію лічильної характеристики детектора;
- вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання та щільності потоку бета-частинок шляхом вимірювання середньої частоти імпульсів, що надходять з виходу детектора;
- вимірювання ЕД фотонного випромінювання шляхом вимірювання загальної кількості імпульсів, що надходять з виходу детектора;
- вимірювання часу накопичення ЕД та реального часу;
- формування та стабілізацію анодної напруги детектора;
- управління режимами роботи дозиметра;
- відображення результатів вимірювань.

Для живлення дозиметра застосовується батарея з двох елементів типорозміру ААА.

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з заокругленими кутами.

Корпус приладу (рисунки 8.20, 8.21) складається з верхньої (1) та нижньої (2) кришок. В середній частині верхньої кришки (1) дозиметра розташовано панель індикації (3), зліва і справа над нею – дві клавіші (4) управління роботою дозиметра, а в верхній частині кришки (1) – гучномовець (5).

В нижній кришці (2) приладу розміщено відсік (6) для елементів живлення, а також вікно (7) для вимірювання поверхневої щільності потоку бета-частинок. Відсік живлення (6) і вікно (7) закриваються відповідно кришками (8) і (9), фіксація яких здійснюється за рахунок пружних властивостей матеріалу.

В середині корпусу знаходиться друкована плата (10), на якій розташовані всі елементи електричної схеми, за винятком гучномовця (5). Гучномовець прикріплюється до верхньої кришки (1) і електрично під'єднується до друкованої плати (10) за допомогою пружинних контактів. Друкована плата (10) прикріплюється до верхньої кришки (1) корпусу гвинтами.

Нижня кришка скріплюється з верхньою кришкою за рахунок зачеплення

спеціальних конструктивних елементів, а також за допомогою двох гвинтів. Цими ж гвинтами прикріплюються контакти (11) для підключення елементів живлення.



Рисунок 8.20 – Загальний вигляд дозиметра

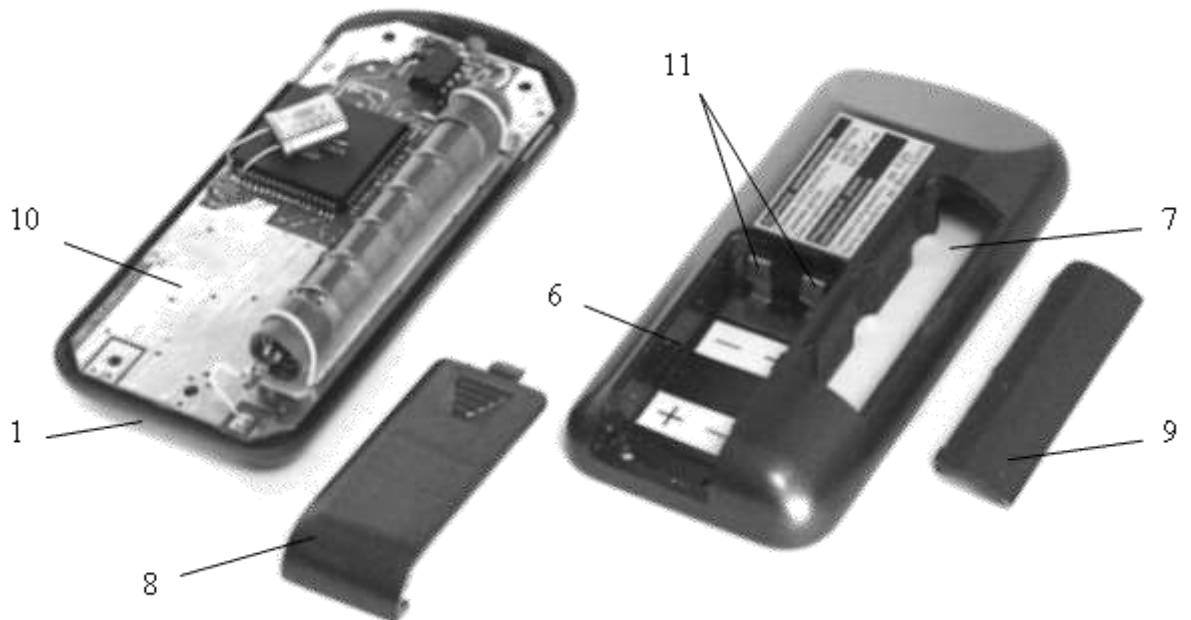


Рисунок 8.21 – Вигляд ззаду зі знятою нижньою кришкою

Органи управління та індикації дозиметра мають відповідні написи. На нижній кришці (2) приладу нанесена інформаційна таблиця. Для правильного підключення елементів живлення на дні відсіку живлення (6) нанесені знаки полярності.

Роботу дозиметра розглянемо за структурною схемою у відповідності з рисунком 8.22.

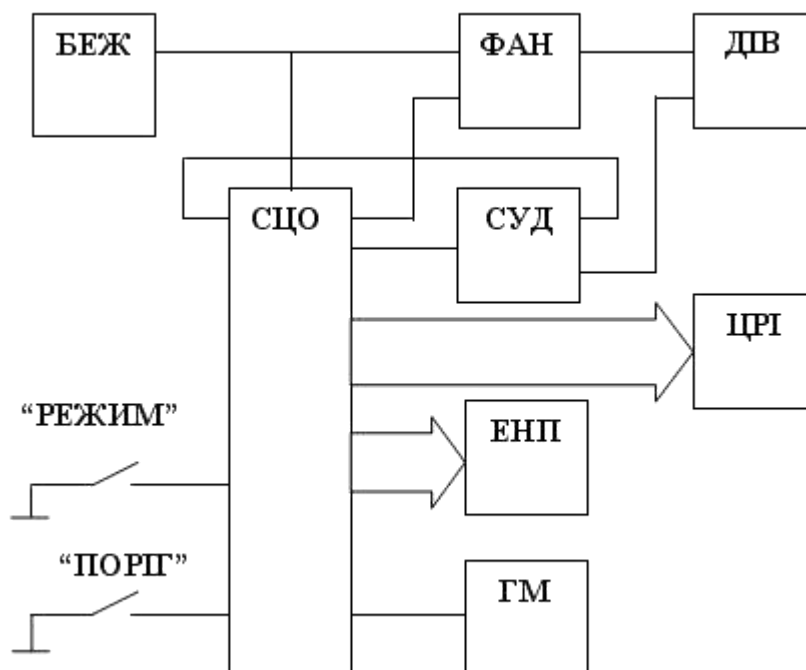


Рисунок 8.22. Структурна схема дозиметра

За структурною схемою дозиметр складається з батареї елементів живлення (БЕЖ), кнопок управління РЕЖИМ та ПОРІГ, схеми цифрової обробки та управління (СЦО), формувача анодної напруги для детектора іонізуючих випромінювань (ФАН), схеми управління детектором (СУД), енергонезалежної пам'яті (ЕНП), гучномовця (ГМ) та цифрового рідкокристалічного індикатора (ЦРІ).

Батарея елементів живлення (БЕЖ) складається з двох гальванічних елементів типорозміру ААА із загальною номінальною напругою 3,0 В і служить для енергоживлення схеми дозиметра.

Кнопки РЕЖИМ та ПОРІГ служать для увімкнення дозиметра, завдання відповідного режиму роботи та програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації.

Схема цифрової обробки та управління (СЦО) реалізована на базі РІС-процесора і служить для управління режимами роботи дозиметра, управління формувачем анодної напруги, цифрової обробки імпульсних послідовностей з детектора іонізуючих випромінювань, формування сигналів, що управляють цифровим рідкокристалічним індикатором, а також висвічування ознак режимів вимірювання.

Формувач анодної напруги (ФАН) збудований за схемою очікуючого мультівібратора з трансформаторним помноженням напруги і служить для формування анодної напруги + 400 В, необхідної для роботи детектора іонізуючих випромінювань.

Схема управління детектором іонізуючих випромінювань (СУД) виконана на основі ряду комутуючих та нормуючих елементів і служить для

нормування “мертвого часу” детектора.

Енергонезалежна пам'ять (ЕНП) реалізована на основі EEPROM і служить для запису калібровочних коефіцієнтів, що записуються при калібруванні дозиметра.

В якості гучномовця (ГМ) використано п'єзоакустичний перетворювач, який служить для озвучування кожного гамма-кванта чи бета-частинки, а також для звукової сигналізації при закінченні інтервалів вимірювань та при перевищенні запрограмованих порогових рівнів ПЕД, ЕД або щільності потоку бета-частинок. Детектором іонізуючих випромінювань (ДІВ) служить газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера типу СБМ-20-1. Він призначений для детектування гамма- та бета-випромінювань, параметри яких вимірюються дозиметром.

Цифровий рідкокристалічний індикатор являє собою чотирьохрозрядний цифровий рідкокристалічний індикатор статичного типу і служить для візуалізації результатів вимірювань в різних режимах роботи дозиметра.

Дозиметр працює наступним чином.

У вимкненому стані схема дозиметра знаходиться в мікроспоживаючому режимі роботи (одиниці мкА), в якому підтримується лише процес відліку реального часу процесором.

При короткочасному натисканні кнопки РЕЖИМ процесор переходить в активний стан і видає сигнали управління для ФАН, який починає формувати напругу +400 В для роботи лічильника СБМ-20-1. Одночасно процесор вмикається в пріоритетний режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання, про що він сигналізує мигаючим світлодіодом навпроти відповідних мнемонічних позначень під ЦРІ. Оцінюючи інтенсивність імпульсного потоку з лічильника Гейгера-Мюллера, процесор автоматично задає інтервал та піддіапазон вимірювання. За допомогою СУД процесор з високою точністю нормує тривалість “мертвого часу” при кожному спрацьовуванні лічильника, що дозволяє враховувати його у застосованому алгоритмі обробки імпульсного потоку для лінеаризації лічильної характеристики та розширення динамічного діапазону лічильника СБМ-20-1. Послідовним короткочасним натисканням кнопки РЕЖИМ забезпечується вибір відповідних режимів роботи дозиметра. При цьому кожний раз процесор ініціює висвічування ознак відповідності інформації у вигляді мигаючих світлодіодів навпроти відповідних мнемонічних позначень під ЦРІ або характерних ознак на самому ЦРІ. За допомогою натискання кнопки ПОРІГ у відповідному режимі вимірювання процесор переводиться в режим програмування значень порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації. При кожному натисканні кнопок ПОРІГ та РЕЖИМ вмикається підсвічення цифрової шкали дозиметра на час до 5 с.

Вимикання дозиметра здійснюється за допомогою натискання та утримування в натиснутому стані кнопки РЕЖИМ протягом 4 с.

Дозиметр має наступні режими роботи та індикації:

- вимірювання та індикація ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання;
- програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації

по ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання;

- індикація вимірюваного значення ЕД фотонного іонізуючого випромінювання;

- програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації по ЕД фотонного іонізуючого випромінювання;

- вимірювання та індикація щільності потоку бета-частинок;

- програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації по щільності потоку бета-частинок;

- індикація часу накопичення ЕД оператором;

- індикація реального часу та корекція його значення.

2.3. Вимірювач потужності дози ИМД-21, призначення, технічні характеристики, принцип побудови та функціонування

Для виконання завдань ведення радіаційної розвідки на рухомих об'єктах, з метою виміру рівнів ПЕД на маршрутах руху або у заданих районах, були розроблені прилади, що володіють великою чутливістю і меншим часом виміру. У цих приладах як детектор ІВ використовувалися іонізаційні камери (ІК). Блоки детектування розташовуються цілком усередині наземного рухомого розвідувального об'єкта (автомобіля, бронетранспортера, танка).

Маршрути руху, швидкість, періодичність зняття показань регламентуються з урахуванням конкретної обстановки. Приведення обмірюваних усередині об'єкта значень потужностей доз гамма-випромінювання до значень на висоті 1 м над поверхнею землі об'єкта, тобто на відкритій місцевості, здійснюється шляхом множення результатів вимірів на коефіцієнт ослаблення гамма- випромінювання корпусом машини. На практиці звичайно використовують середні значення коефіцієнта, а саме 2, 4, і 10 відповідно для автомобілів, бронетранспортерів і танків.

До переваг радіаційної розвідки на рухливих об'єктах можна віднести більшу, ніж під час пішої розвідки, оперативність, можливість обстеження за порівняно короткий час досить великих ділянок місцевості, а також велика відносна захищеність персоналу від радіації. Недоліком цього способу розвідки є можливість появи великих погрішностей за рахунок відмінності прийнятого значення коефіцієнта ослаблення від дійсного

Вимірювач потужності дози ИМД-21Б призначений для виміру потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання під час ведення наземної радіаційної розвідки місцевості та видачі світлового сигналу про перевищення граничних значень ПЕД. Основні метролого-технічні характеристики приладу приведені у таблиці 8.6.

Прилад установлюється:

- модифікація ИМД-21Б (ГО-93-6) – на зразках військової техніки підрозділів військ РХБ захисту та родів військ (УАЗ-469рхб, БРДМ-2рхб, РХМ, РХМ-4-01, РХМ-2С, КРПП, БТР-80, БМП-2, КШМ, рухомі зенітно-ракетні та радіотехнічні комплекси та інші).

- модифікація ИМД-21С (ГО-93-7) – на стаціонарних об'єктах (КП, заглиблені об'єкти ракетних військ та тилу).

Основні метролого-технічні характеристики приладу

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	1÷10000 Р/год
2	Пороги сигналізації	1; 5; 10; 50; 100 Р/год
3	Похибка виміру	±20%
4	Час виміру та спрацювання сигналізації	до 10 сек
5	Електроживлення	для індексу "Б" – 24 або 12В для індексу "С" – 220В 50 Гц
6	Час установлення робочого режиму	5 хв
7	Вага приладу	4,5 кг

За наявністю апаратури, що сполучена з автоматизованими системами управління військами (АСУВ), можуть застосовуватися:

ИМД-21БА – для рухомих об'єктів;

ИМД-21СА – для стаціонарних об'єктів;

ИМД-21СА-Р – для стаціонарних об'єктів ракетних військ.

Автоматизовані модифікації приладу (А) дозволяють видавати інформацію про результати виміру ПЕД у телекодові канали зв'язку за сигналом зовнішнього запиту.

Стаціонарні модифікації приладу комплектуються окремим блоком живлення, який перетворює перемінну напругу 220 В або постійну напругу 31 В у постійну напругу 12 В для живлення приладу. Крім виміру ПЕД прилади забезпечують:

- автоматичне урахування кратності послаблення гамма-випромінювання конструкцій об'єкта установки (автомобіль, танк, пункт управління і т.д.);

- використання в автоматичних системах виявлення радіаційної обстановки;

- п'ять порогів світлової сигналізації ПЕД, що вимірюється;

- видачу вимірюваної інформації в цифровій формі;

- вимір широкого діапазону ПЕД (4 порядків) без переключення піддіапазонів.

Діапазон виміру ПЕД приладом складає 1-9999 Р/год. Пороги сигналізації про перевищення ПЕД відповідають 1, 5, 10, 50, 100 Р/год. Час виміру і спрацювання сигналізації не перевищує 10 сек. Час установлення робочого режиму дорівнює 5 хв. Режим роботи – безупинний, цілодобовий.

Основна похибка виміру дорівнює $\left(20 \pm \frac{30}{P_B - 1}\right)\%$, де P_B – значення вимірюваної величини.

Живлення приладу здійснюється від джерела постійного струму напругою 24 або 12 В. Споживана потужність – не більше 35 В/А.

Склад приладу

До складу вимірювача входять (рис. 8.23): блок виміру середньої частоти

(вимірювальний пульт) БИО-05 (1); блок детектування БДМГ-36 (12) (з джерелом контролю); блок живлення БНН-201 (для модифікації з індексом «С»), який перетворює перемінну напругу 220В в постійну напругу 12В для живлення приладу. Крім того, до складу комплекту входять: комплект ЗІП; комплект технічної та експлуатаційної документації (формуляр, технічний опис і інструкція з експлуатації); комплект монтажних частин.

Стационарні модифікації приладу комплектуються з'єднувальними кабелями довжиною до 200 м для приєднання блоків детектування до вимірювального пульта.

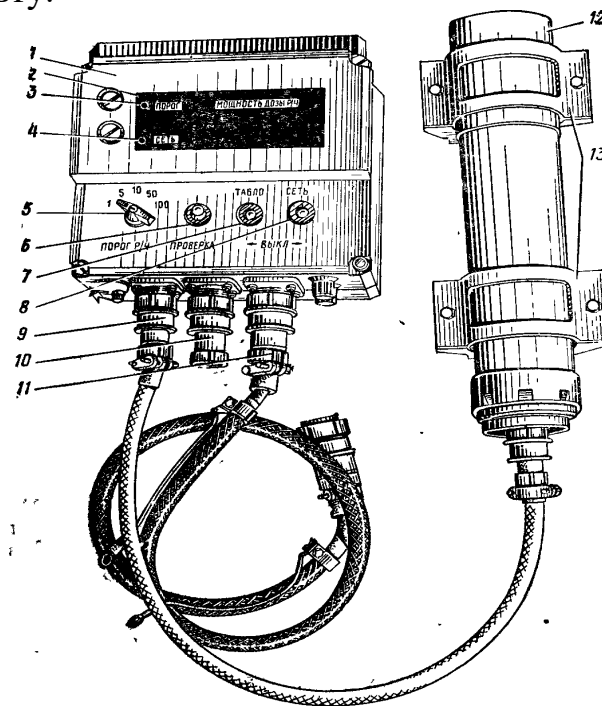


Рис. 8.23. Вимірювач потужності дози ИМД-21Б:

1 – блок виміру середньої частоти; 3 – індикаторне табло; 3 – сигнальна лампа “ПОРОГ”; 4 – індикатор увімкнення живлення приладу; 5 – перемикач “ПОРОГ”; 6 – кнопка “ПРОВЕРКА”; 7 – тумблер “ТАБЛО”; 8 – тумблер “СЕТЬ”; 9 – роз’єм ланцюга блоку детектування; 10 – заглушка множника показань; 11 – роз’єм ланцюга живлення; 12 – блок детектування; 13 – скоби для кріплення блоку детектування.

Блок детектування здійснює перетворення енергії іонізуючого випромінювання в імпульси напруги, частота проходження яких пропорційна вимірюваній ПЕД. Інформація з блоку детектування надходить на вимірювальний пульт де обробляється в каналах виміру і сигналізації та відображається у вигляді світлового сигналу і показань світлового табло. Показання цифрового табло пропорційні вимірюваній потужності експозиційної дози гамма-випромінювання.

Блок живлення БНН-201 перетворює напругу мережі перемінного струму 220 В частотою 50 або 100 Гц у постійну напругу 12 В, необхідну для роботи блоку БИО-05. Блок детектування складається з корпусу з роз’ємом і циліндричним кожухом, що мають герметичне з’єднання. На корпусі під кожухом знаходяться дві друковані схеми і детектор гамма-випромінювання. Як детектор використовується циліндрична іонізаційна камера об’ємом 200 см³.

На зовнішньому електроді камери (аноді) є отвір, над яким закріплений бленкер – радіоактивний препарат на поворотній платформі, призначений для контролю працездатності іонізаційної камери і вимірювальної схеми приладу в цілому.

Вимірювальний пульт БИО-05 складається з панелі і задньої кришки, що виготовляються з алюмінію і з'єднаних між собою чотирма гвинтами, що не випадають. На зовнішню сторону панелі виведені цифрове табло, лампа світлової індикації включення приладу, лампа сигналізації про перевищення граничного значення ПЕД гамма-випромінювання, перемикач установки порога, кнопки “Проверка”, тумблер включення табло, тумблер включення живлення. У нижній частині панелі розміщені два запобіжники на 1 А і три роз'єми для підключення кабелю живлення, сполучного кабелю блока детектування з вимірювальним пультом, колодки множника показань.

Блок детектування і пульт монтуються на об'єкті у встановлених місцях за допомогою кріпильних пристосувань.

Будова і робота складових частин приладу

Принцип роботи заснований на детектуванні гамма-випромінювання іонізаційною камерою, яка генерує імпульси напруги пропорційно ПЕД, діючої на блок детектування. Ці імпульси надходять по кабелю до вимірювального пульта. Вимірювальна схема обробляє імпульсну інформацію в каналах виміру та сигналізації та відображає її у вигляді світлового сигналу та показань на світловому табло. Структурна схема приладу представлена на рис. 8.24.



Рис. 8.24. Структурна схема приладу ИМД-21Б.

Схема складається з двох окремих блоків: блока детектування БДМГ-36 і блока виміру і відображення інформації БИО-05.

Блок детектування містить у собі іонізаційну камеру, що працює в режимі “Розряд-заряд”, і підсилювач-формував імпульсів, що забезпечує роботу камери в цьому режимі. Схема підсилювача-формувача перетворює струм іонізаційної камери в послідовність імпульсів, середня частота яких пропорційна величині струму камери, а відповідно, і потужності експозиційної дози гамма-випромінювання, що впливає на іонізаційну камеру.

Бленкер із плутонієвим альфа-випромінювачем використовується для перевірки працездатності приладу в цілому. Перевірка здійснюється при натисканні кнопки “Проверка”, що знаходиться в блоці БИО-05.

Блок живлення ІК виробляє постійну напругу +750 В з постійної – 6,3В, що надходить із блока, БИО-05. Ця напруга подається на іонізаційну камеру.

Блок БИО-05 служить для виміру середньої частоти проходження імпульсів, що надходять із блока детектування, і відображення результатів виміру на цифровому табло, а також для вироблення і подачі світлового сигналу про перевищення встановлених граничних значень ПЕД. До складу блока входять:

1) лічильник імпульсів чотирьохдекадний, він підраховує імпульси в двоїчно-десятковому коді. До складу лічильника входить запам'ятовуючий пристрій (ЗП), у якому в двоїчно-десятковому коді переписується інформація, яка була зафіксована в лічильнику імпульсів за попередній цикл виміру;

2) дешифратор, що перетворює інформацію, записану в запам'ятовуючому пристрої лічильника, із двоїчно-десятковому коду в десятковий;

3) цифрове табло, що служить для реєстрації результатів виміру. Воно зібрано на чотирьох газорозрядних знакових індикаторах ІН-17 і реєструє величину ПЕД гамма-випромінювання від 1 до 9999 Р/год. Включення і вимикання табло здійснюється тумблером "Табло" у блоці БИО-05;

4) граничний сигнальний пристрій, призначений для подачі світлового сигналу про перевищення одного з встановлених і граничних значень ПЕД (3, 5, 10, 50, 100 Р/год), Необхідний поріг сигналізації встановлюється за допомогою перемикача "Порог Р/ч" у блоці БИО-05;

5) Управляючий пристрій (УП), що служить для управління роботою вимірювальної схеми. Пристрій генерує імпульси, що задають, з періодом проходження 1 сек, і синхронізуючі імпульси з частотою 20 кГц. Інтервал часу між двома сусідніми таймируючими імпульсами визначає тривалість циклу виміру таким чином, що лічильник реєструє число імпульсів за 1 сек, тобто середню частоту проходження імпульсів. На лічильник ці імпульси надходять через множник "Мн.к", який збільшує тривалість циклу виміру в 1, 2, 3, 4 рази, тобто робить його рівним 1, 2, 3, 4 секундам. Це дозволяє автоматично враховувати кратність ослаблення гамма-випромінювання конструкційними елементами екрана, на якому установлений вимірювач. Синхронізуючі імпульси використовуються для синхронізації роботи пристрою схеми виміру і відображення інформації з необхідною послідовністю;

б) блок живлення, що перетворює постійну напругу 12 (24) В в постійну стабілізовану напругу:

- 200 В для живлення індикаторів ІН-17;
- 5 В для живлення мікросхем;
- 6,3 В для живлення іонізаційної камери і бленкера.

Схема працює таким чином. У вихідному стані, за відсутності дії гамма-випромінювання на іонізаційну камеру, вона заряджена до напруги 750 В, а підсилювач-формувавч знаходиться в режимі, що чекає. Під час опромінення іонізаційної камери напруга на її електродах почне зменшуватися. Під час зменшення напруги до визначеної величини відбудеться спрацьовування підсилювача-формувавча. При цьому на його виході з'явиться імпульс напруги. Величина цього імпульсу така, що коли він подається на іонізаційну камеру, він заряджає її до вихідної напруги, що приведе підсилювач-формувавч у вихідний

стан, тобто в стан режиму, що чекає. Але цей же імпульс напруги за іншим каналом подається на лічильник імпульсів у блоці БІО-05 і реєструється ним.

Таким чином, здійснюється режим “розряд-заряд” роботи іонізаційної камери. Число тактів “розряд-заряд” за одиницю часу пропорційно ПЕД гамма-випромінювання. Чутливість схеми підібрана так, що ПЕД, яка дорівнює 1 Р/год, відповідає частоті імпульсів, у 1 імпульс/сек. Таким чином, вимір ПЕД гамма-випромінювання в приладі зводиться до виміру середньої частоти надходження імпульсів із блока детектування.

Вимір середньої частоти імпульсів за допомогою лічильника здійснюється на протязі 1 сек. У випадку установки вимірювача на об'єкті з кратністю ослаблення гамма-випромінювання в 2, 3 і 4 рази час рахунку імпульсів збільшується відповідно до 2, 3, 4 секунд. Вимірювана при цьому частота імпульсів вимірювачем ИМД-21, що знаходиться усередині об'єкта, чисельно дорівнює величині ПЕД поза об'єктом.

Середня частота імпульсів, зареєстрована лічильником за попередній цикл виміру, за командою керуючого пристрою в двоїчно-десятковому коді переписується в ЗП, що містить чотири регістри пам'яті.

Ці регістри пам'яті за командою УП порозрядно, починаючи з молодшого розряду, підключаються до дешифратора. Дешифратор перетворює код запису чисел у десятковий код і керує роботою цифрового табло. При цьому інформація з регістрів пам'яті за сигналом УП порозрядно переписуються в цифрове табло уже в десятковій системі записів чисел.

Граничний сигнальний пристрій спрацьовує будь-який раз, коли частота проходження імпульсів, зареєстрована лічильником, досягає граничної величини, що відповідає положенню перемикача “Порог Р/ч”. Світловий сигнал про досягнення порога видається лампочкою “Порог”.

Для перевірки працездатності приладу кнопкою “Проверка” замикається ланцюг живлення поворотного пристрою бленкера, при цьому поворотна платформа з радіоактивним джерелом підходить під отвір у корпусі іонізаційної камери, альфа- частки безперешкодно проникають усередину камери та іонізують повітря в її об'ємі, імітуючи вплив на камеру гамма-випромінювання.

3. Технічні засоби радіометричного контролю. Вимірювач потужності дози універсальний ИМД-12

2.1. Радіометричний контроль

Вживання в їжу продуктів харчування, води, використання фуражу, забруднених радіоактивними речовинами, може призвести до серйозних ускладнень здоров'я людей. Тому вимірювання зараженості продуктів харчування повинно здійснюватись з точністю, перевищуючу точність вимірів, які проводяться за допомогою вимірювачів потужності дози типу ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1 (похибка виміру складає 25-30%).

Їх точність цілком задовольняє потребу військ під час контролю радіоактивного зараження бойової техніки, споруд, обмундирування та інших предметів безпосередньо в бойових порядках.

Точні вимірювання їжі, продуктів харчування, води, можуть бути проведені в спеціальній радіометричній лабораторії, яка оснащена спеціальними радіометричними приладами, обладнанням для приготування препаратів із проб матеріалів, забруднених радіоактивними речовинами. Основними задачами радіометричного аналізу є:

- *вимірювання активності* радіоактивних препаратів;
- *визначення віку* радіоактивних речовин після їх утворення.

Етапи радіометричного контролю приведені на рис. 8.25.

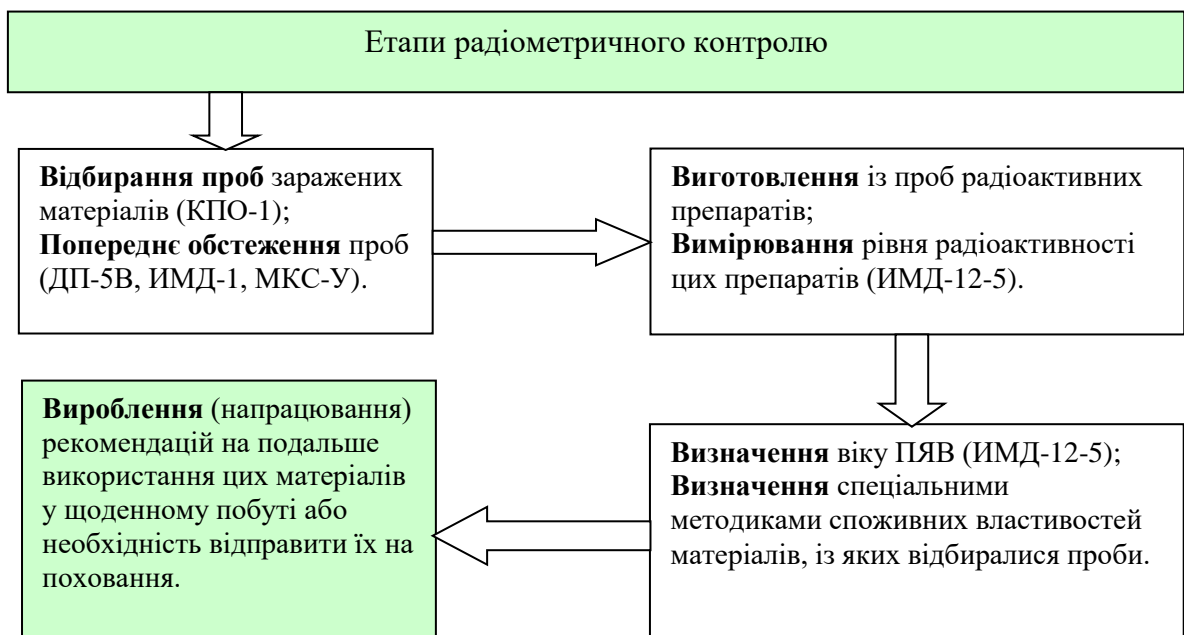


Рис. 8.25. Етапи радіометричного контролю

Проби для аналізу доставляються в лабораторію особовим складом підрозділів радіаційної та хімічної розвідки або представниками різних служб – продовольчої, речової, паливно-мастильних матеріалів і т.д.

Проби, доставлені в лабораторію, реєструються в журналі “Журнал реєстрації проб”, після чого вони проходять попереднє обстеження на наявність поверхневої зараженості радіоактивними речовинами.

За наявністю зараженості така проба підлягає аналізу. Після цього із проб готуються радіоактивні препарати за відповідними методиками.

Підготовлені препарати підлягають вимірюванню за допомогою радіометричних установок.

Методи виміру радіоактивного зараження в радіометричній лабораторії

Труднощі визначення зараженості обумовлені тим, що під час вимірів приходиться мати справу з дуже складною сумішшю радіоактивних ізотопів, енергетичний спектр бета- випромінювання широкий, непостійний у часі і залежить від виду ядерної енергетичної установки, або ядерних боєприпасів і ЯВ. У той же час методи повинні бути досить досконалими і точними. Вони

повинні забезпечувати поряд з якісними і кількісними вимірами зараженості основних видів продовольства, води і фуражу радіоактивними продуктами будь-якого віку. Необхідно врахувати і ту обставину, що проби води, продовольства і фуражу різко відрізняються один від одного за своїм хімічним складом і фізичними властивостями. Для виміру активності проби розміщують у спеціальних ванночках, зроблених з тонкого алюмінію, у вигляді товстошарових і тонкошарових препаратів.

Визначення віку радіоактивних продуктів ядерного вибуху

Відомо, що активність продуктів ЯВ без знання їхнього віку цілком не визначає уражаючої дії цих продуктів. Тому необхідно визначити вік, якщо на пробах води, продовольства і фуражу, які надходять у радіометричну лабораторію, немає дати вибуху, радіоактивними продуктами якого вони заражені. Вік продуктів вибуху необхідно знати також для зіставлення обмірюваних ступенів зараження різних об'єктів із допустимими величинами, оскільки останнє, залежить не тільки від типу об'єкта, а і від часу, що пройшов після вибуху. Знання віку необхідно для розрахунку доз опромінення людей, які знаходяться на зараженій місцевості, за будь-який інтервал часу. Дози опромінення, за однаковий інтервал часу будуть більше для продуктів з меншим віком.

Найбільш простим і прийнятним для практики є два способи визначення віку продуктів ЯВ. Перший ґрунтується на законі радіоактивного розпаду осколків розподілу (*Визначення віку за спадом активності*), другий – на зміні в часі коефіцієнта поглинання бета - випромінювання алюмінієвим фільтром (*Визначення віку за поглинанням бета - випромінювання алюмінієвим фільтром*). Однак можливе визначення віку за енергетичним спектром гамма-випромінювання продуктів ядерного вибуху.

Гамма - спектрометричний метод визначення віку

В основу гамма - спектрометричного методу визначення віку продуктів ядерного вибуху в умовах радіометричної лабораторії покладена закономірність зміни в часі співвідношення між щільністю потоку гамма - квантів різних енергій у вимірюваній суміші радіоактивних ізотопів.

Оцінка віку РР може здійснюватися за співвідношенням між швидкостями рахунку на фотопіках у спектрі гамма-випромінювання, отриманому на сцинтиляційному гамма - спектрометрі. Цей спектр відразу дає відповідь як про ізотопний склад основних гамма - випромінювачів і їхній відносний внесок, так і про сумарну гамма - активність досліджуваної проби.

2.2. Вимірювач потужності дози універсальний ИМД-12.

Призначення. Вимірювач потужності дози універсальний ИМД-12 призначений для вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання, а також для вимірювання зовнішнього бета-випромінювання з одиниці поверхні та питомої альфа- та бета-активності продовольства, води та фуражу. Прилад є на озброєнні підрозділів та частин РХБ розвідки, у складі

автомобільної лабораторії АЛ-4(М) і використовується для радіометричних вимірювань в польових умовах. Основні метролого-технічні характеристики приладу приведені у таблиці 8.7.

Таблиця 8.7.

Основні метролого-технічні характеристики приладу

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру		
		ИМД-12-2 (3)	ИМД-12-4	ИМД-12-5
1	Тип каналу	гамма	бета	альфа
2	Тип детектора	Си-38Г, СБМ-20, (СБМ-19)	ФЭУ-148 з пластм. сцин.	ФЭУ-110 з пластм. сцин.
3	Діапазон виміру	10 мкР/год ÷ 999 Р/год	$5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^6 \beta$ част/см ² ·хв	$\beta: 10^{-6} \div 10^{-3}$ Ку/кг $\alpha: 10^{-4} \div 10^{-1}$ Ку/кг
4	Час готовності після включення	6 хв	15 хв	
5	Час виміру	не більше 15 сек	5 ÷ 1000 сек	
6	Похибка виміру	$\pm 25\%, \pm 50\% (\alpha)$		
7	Електроживлення ИМД-12-1	<ul style="list-style-type: none"> - 6 елементів А-346 с напругою від 6 до 9 В; - бортова мережа від 10,8 до 30 В; - 220В (50Гц) (400Гц). 		
8	Температурний інтервал	від -50 до +50°С		
9	Вага	комплекту – 88 кг		

За його допомогою проводяться наступні вимірювання:

- Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання в діапазоні від 10 мкР/год до 999 Р/год в діапазоні енергій гамма-квантів від 0,03 до 3,0 МеВ.
- Потік бета-частинок в діапазоні від 1000 до 10000000 бета-част/см²·хв.
- Питому бета-активність в діапазоні від 0,000001 до 0,001 Ку/кг.
- Питому альфа-активність в діапазоні від 0,0001 до 0,1 Ку/кг.

Вимірювач працездатний в інтервалі температур від -50 до +65 С. Конструкція пультів та блоків детектування вібро- та удароміцна, волого- та пилозахищена. Прилад може входити в комплектацію транспортних засобів типу АЛ-4. Вага майна комплекту приладу - 88 кг.

Склад приладу

До комплекту приладу входять (рис. 8.26): Пульт вимірювальний (1) – ИМД-12-1 (призначений для лічення імпульсів, що надходять з блоку детектування (БД), і подання одержаної інформації в цифровій формі); БД - ИМД-12-2 з джерелом контролю (2) (призначений для вимірювання потужності дози гама-випромінювання в діапазоні мР/год (Р/год)); БД - ИМД-12-3 (3) (призначений для вимірювання потужності дози гамма-випромінювання в діапазоні мкР/год); БД - ИМД-12-4 (4) (призначений для вимірювання бета-випромінювання); БД - ИМД-12-5 (5) (призначений для вимірювання як питомої бета-активності так і питомої альфа-активності); блок живлення - ИМД-12-6 (6); блок живлення для сухих елементів; блок живлення ИМД-12-7 для бортовій мережі; набір з'єднувальних кабелів; тубус; перевірочні джерела іонізуючого випромінювання (α , β); розсувні ремені; подовжувальна штанга

(7); фільтр; ЗП; комплект експлуатаційної документації.

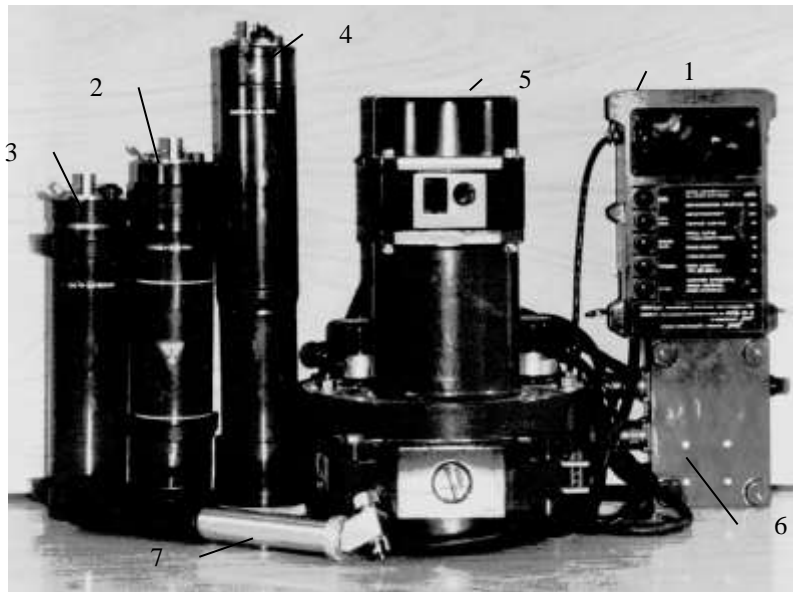


Рис. 8.26. ИМД-12

Вимірювальний пульт ИМД-12-1 (рис. 8.27.) виконаний із пластмаси підвищеної міцності у вигляді герметичного об'єму прямокутної форми. На лицьовій стороні пульта розташовані: табло індикації, органи управління (кнопки, таблиця норм зараженості за гамма-випромінюванням), а також коротка інструкція по роботі з приладом. Кнопка «Вкл» розташована на торці пульта. На задній панелі пульта кріпиться батарейний блок живлення, у якому розміщуються шість елементів А-343. Цей блок може бути замінений бортовим блоком живлення ИМД-12-7.

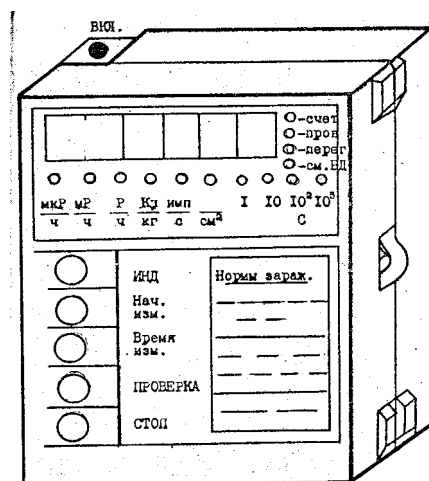


Рис. 8.27. Пульт вимірювальний

Для перенесення пульта є два ремені, один - шийний, другий поясний, за допомогою яких пульт закріплюється на грудях оператора в горизонтальному

положенні. Час встановлення робочого режиму після вмикання вимірювача ИМД-12-1 під час роботи з блоками ИМД-12-2, ИМД-12-3 не більше 6 хвилин, під час роботи з блоками ИМД-12-4, ИМД-12-5 – не більше 15 хвилин. Час вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання не більше 15сек. Час вимірювання альфа- та бета-випромінювань коливається в діапазоні від 5 до 1000сек.

Блоки детектування ИМД-12-2, ИМД-12-3, ИМД-12-4 являють собою тонкостінні циліндри, усередині яких на спеціальних платах розміщені лічильники імпульсів і електронні схеми (див. рис. 5, 6, 7, 8). Ці плати кріпляться за допомогою спеціальної рамки до корпусу блока детектування, у основі якого розміщується штепсельний роз'єм для приєднання сполучного кабелю з пультом, а також спеціальний фланець для приєднання подовжувальної штанги.

Корпус блока і тонкостінний циліндр з'єднуються за допомогою накидної гайки і герметизуються гумовими прокладками. На зовнішній поверхні блока детектування нанесені риси, що визначають положення лічильника в блоці, і табличка з позначенням блока детектування.

Крім того, на блоках детектування (БД) нанесені знаки радіоактивності, установлені спеціальні гумові опори, на які ставляться блоки детектування під час виміру зараженості різних поверхонь.

Блок ИМД-12-5 має відмінну від інших блоків детектування конструкцію. Конструктивно цей блок складається з трьох основних частин: вузла включення ФЕП, основи і корпусу. Основа і корпус являють собою порожні литі оболонки з алюмінієвого сплаву, внутрішня порожнина яких залита свинцем. Товщина свинцю змінюється від 30 мм (у місці розташування детектора і проби) до 10 мм (у місці розташування модуля включення ФЕП).

В основі розміщується касета, що по направляючих висувається назовні для завантаження в неї проб у спеціальних чашках. Проріз, через який висувається касета, під час вимірів проб закривається відкидною кришкою - дверима.

До основи за допомогою болтів кріпиться корпус, у якому розміщений ФЕП з вузлом включення. На бічну стінку корпусу виведені штепсельний роз'єм і тумблер для переключення режиму-живлення ФЕП при бета- і альфа-вимірах. Тут же під спеціальною заглушкою розміщені осі регульованих резисторів для настроювання чутливості блока детектування.

Як *детектор* альфа- і бета-випромінювання використовується *полістирольна сцинтиляційна плівка* товщиною 25 мкм, наклеєна на металеве кільце діаметром 80 мм і товщиною 1 мм. Детектор установлюється сцинтиляційною плівкою убік ФЕП.

У корпусі на поворотних осях закріплені два фільтри, що вводяться в зазор між пробною і робочим вікном з детектором. Осі фільтрів виведені назовні і закінчуються ручками, при повороті яких на 60° у положення «Рабочее» вводяться під детектор відповідні фільтри.

Фільтр 2 являє собою рамку з алюмінієвого сплаву товщиною 2,3 мм і діаметром 76 мм, на яку наклеєна алюмінієва фольга. Фільтр 1 аналогічний

фільтру 2. Рамка фільтра 2 перекрита чотирма виступами. Для запобігання засвічення ФЕП передбачене блокування від висування касети назовні, що полягає в тому, що поки робоче вікно з детектором не перекрите фільтром 2, висунути касету не можна.

Будова та робота приладу за структурною схемою

Принцип роботи ИМД-12. При увімкненні БД у вимірювальному пульті автоматично вмикається програма функціонування відповідно даного блоку детектування.

Електричні імпульси із БД, які викликані тим або іншим видом іонізуючого випромінювання, надходять на вимірювальний пульт, де відбувається лічення імпульсів дискретним вимірювачем середньої частоти проходження імпульсів. Заміряне число імпульсів вузол автоматики, працюючий за програмою, перетворює в одиниці вимірювання іонізуючих випромінювань – в імпл/сек; мкР/год; мР/год; Р/год.; бета част/см²·хв; Ки/кг.

Одержана інформація виводиться на цифровий індикатор і висвітлюється у вигляді числа. Час вимірювання встановлюється оператором в залежності від програми вимірювання. Програми вимірювання автоматично враховують всі необхідні поправки, які мають місце при радіометричних вимірюваннях. Структурна схема вимірювального пульта ИМД-12 представлена на рис. 8.28.

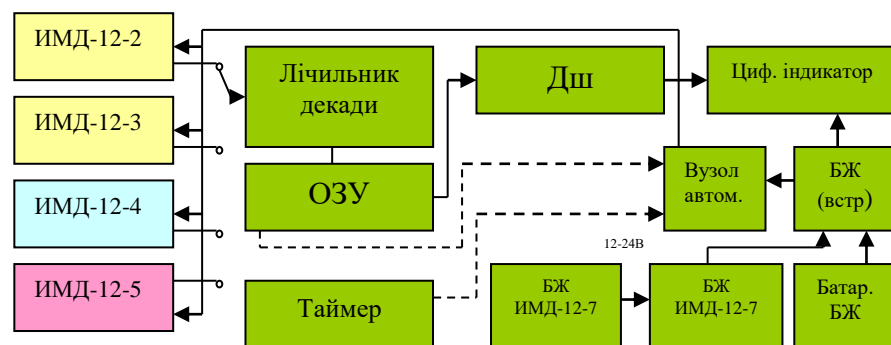


Рис. 8.28. Структурна схема приладу ИМД-12

До складу вимірювального пульта входять: таймер, призначений для вироблення заданих проміжків часу; рахункові декади, призначені для рахунку імпульсів, що надходять із блоків детектування; вузол автоматики, що виробляє задані програми роботи вимірювача; оперативна пам'ять, куди переноситься інформація з рахункових декад; дешифратор, що перетворює інформацію із двоїчно-десятькового коду в десятковий; цифрові індикатори, що представляють кінцеву інформацію в цифровому виді.

Під час вимірювання бета- і альфа-зараженості (блоки детектування ИМД-12-4 і ИМД-12-5) вимірювальний пульт працює в режимі виміру числа імпульсів за час експозиції 1 сек, 10 сек, 100 сек, 1000 сек, що виробляє таймер і встановлюється вручну оператором. Робота вимірювача у цьому випадку відбувається в два етапи. На першому етапі вимірювальний пульт підсумовує бета- (альфа-) випромінювання і фонове випромінювання ($N_{эфф} + N_{фон}$). У цей

момент на табло вимірювача світиться індикація ($\beta+\gamma$). На другому етапі вимірювальний пульт автоматично віднімає з результатів попереднього виміру імпульси фону ($N_{\text{эфф}} + N_{\text{фон}} - N_{\text{фон}}$). У цьому випадку на табло загоряється індикація (β) або (α).

Таким чином, результатом другого виміру є величина бета- (альфа-) випромінювання. Під час виміру потужності дози гамма-випромінювання (блоки детектування ИМД-12-2 і ИМД-12-3) вузол автоматики переводить вимірювальний пульт у режим цифрового вимірювача швидкості рахунку, що робить безупинний вимір числа вхідних імпульсів за інтервал часу T . Результати виміру заносяться в оперативну пам'ять і далі виводяться на цифрове табло. Після закінчення часу T ці показання стираються і замінюються новими. Час виміру T встановлюються автоматично в межах 1 або 10 сек. Нормування результатів виміру здійснюється за допомогою переключення коми, виробленої вузлом автоматики.

У приладі передбачений *режим перевірки*, що дає можливість здійснювати перевірку працездатності окремо вимірювального пульта, перевірку його працездатності разом із блоком детектування ИМД-12-2 у діапазоні "Р/год". У першому випадку на вхід вимірювального пульта подаються імпульси від генератора таймера, а вимірювальний пульт працює як лічильник імпульсів за фіксований час від 1 до 1000 сек, що вибирається оператором. Таким способом перевіряється робота схеми вимірювального пульта.

Під час підключення блока детектування ИМД-12-2 у діапазоні "Р/год" у положенні натиснутої кнопки «Проверка» вимірювальний пульт працює як лічильник імпульсів і здійснює набір інформації, що надходить із блока детектування за фіксований час (200 ± 100) сек. При цьому блок детектування реєструє випромінювання від контрольного бета-джерела, що розташоване у блоці детектування і служить для перевірки працездатності лічильника СИ-38Г.

У всіх інших випадках робота вимірювального пульта разом із блоками детектування перевіряється від контрольних джерел і фонового випромінювання. Перевірка працездатності вимірювача ИМД-12 здійснюється:

- під час використання блока детектування ИМД-12-2 за допомогою бета-випромінювача, вмонтованого в блок детектування;
- під час використання блока детектування ИМД-12-3 – від гамма-фону навколишнього середовища;
- під час використання блоків детектування ИМД-12-4 та ИМД-12-5 – переносними бета- та альфа-джерелами, які розміщуються в ЗІП;
- під час перевірки блока ИМД-12-1 без блока детектування – від вмонтованого в схему пульта контрольного генератора електричних імпульсів.

У момент набору інформації при переповненні старшого розряду рахунковий вхід вимірювального пульта блокується і на табло загоряється індикація «Переполнение».

Для індикації розряду батарей у вимірювальному пульті застосована схема, що дозволяє судити про момент, коли напруга батарей зменшується на

величину, при якій подальша робота з приладом буде неможливою. У цей момент на пульті займе індикація «Смена бат.».

Для зручності роботи вимірювача ИМД-12 у його комплекті передбачений перехідний пристрій, що дозволяє здійснювати:

- дистанційний запуск вимірювача ИМД-12 у режимі перерахункового приладу;
- дистанційне включення світлодіодних індикаторів на табло вимірювального пульта ИМД-12-1;
- дистанційний запуск перерахункових приладів від вимірювача ИМД-12.

Перехідний пристрій включається між вимірювальним пультом ИМД-12 і блоком детектування.

До складу блока детектування входять: сцинтилятор, характеристики якого розглянуті вище; фотоелектронний помножувач ФЕП-110; вузол включення ФЕП- (А1); підсилювач-формував імпульсів ФЕП - (А2); перетворювач напруги (А3) для живлення вузла включення ФЕП. У перетворювачі перемикачі (S1) змінюється напруга живлення ФЕП в залежності від виміру альфа- або бета-випромінювання; фільтр із магнітом і магнітоуправляючим контактом (S2) виконує ту ж функцію, що й у блоці ИМД-12-4 (рис. 8.29).

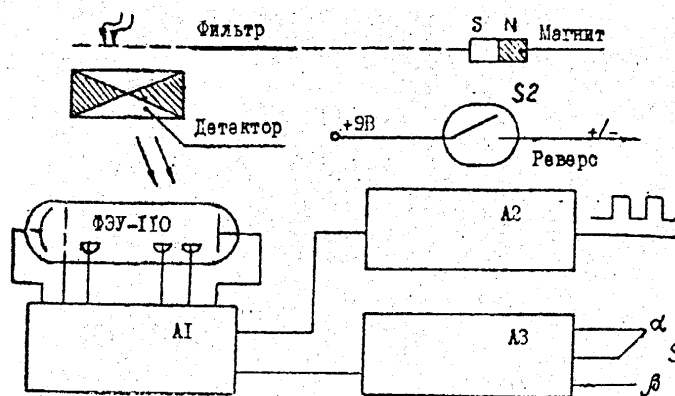


Рис. 8.29. Блок-схема БД ИМД-12-5
 А1- вузол включення ФЕП; А2- підсилювач-формував; А3- перетворювач, вузол

З виходу блока детектування надходять імпульси позитивної полярності з амплітудою від 6,5 до 7,5 В і тривалістю 1-2 мкс.

4. Технічні засоби контролю радіаційного опромінення

Вивчені раніше засоби радіаційного спостереження та розвідки дозволяють *прогнозувати*, або *розрахувати* величини доз опромінення, які можуть бути одержані людьми, а засоби радіаційного контролю, або іншими словами, засоби контролю доз опромінення дають можливість визначати *безпосередньо величини доз* іонізуючого випромінювання, одержаних людьми під час роботи в

умовах іонізуючого випромінювання, або зараження радіоактивними речовинами місцевості.

На основі одержаних даних можна провести оцінку здатності підрозділів (РХР) до виконання завдань, а також визначити можливі наслідки у зміні стану здоров'я кожної окремої людини.

Можливість виміру дози того чи іншого виду випромінювання або сумарної величини дози змішаного випромінювання залежить як від дозиметричних характеристик використовуваних детекторів випромінювань, так і від методів цих вимірів, що повинні забезпечувати можливість інтерпретації отриманих результатів для конкретних цілей. Для того, щоб забезпечити вимір доз іонізуючих опромінювань з достатньою вірогідністю, технічні засоби контролю опромінення (вимірювачі дози) повинні мати визначені технічні та експлуатаційні характеристики.

Ці характеристики задаються тактико-технічними вимогами, що опираються на оперативну-тактичну необхідність, науково-технічні передумови та економіку країни, а також можливістю виміру доз ІВ різних видів існуючими детекторами.

Необхідна інформація – величина дози випромінювання в принципі може бути отримана як прямими (використання вимірювачів дози), так і побічними (за даними прогнозування радіаційної обстановки або виміру потужності доз) методами. Дослідження можливостей цих методів показує, що прямий метод дозволяє одержувати інформацію про дози опромінення аж до окремої людини, у той час як побічний метод може забезпечити одержання даних про середні величини доз опромінення або для якогось району (за результатами прогнозування), або для точки (маршруту) за результатами виміру потужності доз.

По-перше, розрахункові дані із доз опромінення практично не можуть бути прив'язані до конкретної людини.

По-друге, об'єктивним критерієм є ступінь радіаційного ураження людей, що певним чином залежить від величини дози випромінювання, виду випромінювання, просторово-тимчасового характеру опромінення і т.п., що може бути отримано тільки на підставі досить точної і своєчасної інформації.

В даний час усі ці питання знаходять відображення у технічних вимогах на вимірювачі дози, що у залежності від призначення розділяються на *військові* та *індивідуальні*.

2.1. Вимірювач дози ИД-1, призначення, технічні характеристики, принцип побудови та функціонування.

Призначення. Комплект, призначений для вимірювання поглиненої дози гамма- та змішаного гамма-нейтронного випромінювання, одержаної особовим складом, з метою оцінки боєздатності частин та підрозділів у радіаційному відношенні.

Комплект відноситься до загальновійськових вимірювачів доз, що видаються всім офіцерам, прапорщикам, а також сержантам і солдатам, які виконують бойові завдання у відриві від своїх підрозділів.

Під час дії підрозділу в однакових умовах виконання бойового завдання на відділення (екіпаж, обслугу) видаються один-два вимірювача дози для здійснення військового радіаційного контролю опромінення особового складу. Вимірювач дози ИД-1 під час роботи в полі дії іонізуючого випромінювання носять у кишені одягу. Періодично дивлячись в окуляр вимірювача, визначають за положенням зображення нитки на шкалі вимірювача величину дози гамма-нейтронного випромінювання, отриману під час роботи. Основні метролого-технічні характеристики комплекту приведені у табл. 8.8.

Таблиця 8.8

Основні метролого-технічні характеристики комплекту

№з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	20÷500 рад
2	Похибка виміру	±20%
3	Саморозряд дозиметра на добу	20 рад
4	Електроживлення	4 п'єзоелемента
5	Напруга з виходу ЗД-6	180÷250 В
6	Температурний інтервал працездатності комплекту	від -40 до +50°С
7	Вага	комплекту 500 г дозиметра 40 г
8	Час готовності до дії після включення	1-2 хвилини.

В ИД-1 використовується іонізаційний метод дозиметрії і цей дозиметр забезпечує вимірювання поглиненої дози в діапазоні від 20 до 500 рад при потужності дози до 100 рад в секунду і енергіях гамма-квантів від 80 кеВ до 2,2 МеВ.

Дозиметр прямопоказуючий, тому відлік доз проводиться за шкалою, розташованою всередині вимірювача і відградуєваною в одиницях вимірювання поглиненої дози - *радах*.

Основна відносна похибка вимірювання поглинених доз гамма-випромінювання не перевищує ±20% в діапазоні доз 50 - 500 рад при дії гамма-випромінювання Со-60.

Вимірювання поглинених доз нейтронного випромінювання проводиться по тепловій частині рівноважного спектру. Чутливість вимірювача до теплових нейтронів дорівнює $(3 \pm 20\%) \cdot 10^6$ нейтр/см² рад. Саморозряд вимірювача дози ИД-1 не перевищує 1 ділення за 24 години і 2-х ділень за 150 годин в нормальних умовах.

При температурі +50°С саморозряд складає 3 ділення за 24 години, а при температурі -50°С - 1 ділення за 6 годин. Маса вимірювача ИД-1 - 40 г, маса зарядного пристрою ЗД-6 - 500 г.

Склад приладу

У комплект приладу (рис. 8.30.) входять 10 вимірювачів дози іонізаційного типу ИД-1, зарядний пристрій ЗД-6, технічний опис і інструкція з експлуатації,

формуляр. Комплект розміщений в укладальному ящику.

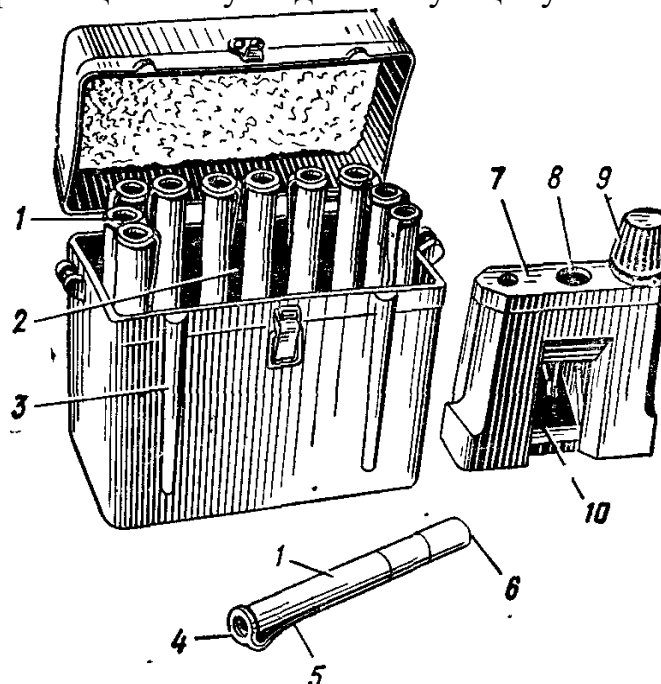


Рис. 8.30. Комплект вимірювачів дози ИД-1:

1 – вимірювач дози ИД-1; 2 – гніздо для зарядного пристрою; 3 – футляр; 4 – окуляр; 5 – тримач; 6 – захисна оправа; 7 – зарядний пристрій ЗД-6; 8 – зарядно-контактне гніздо; 9 – ручка зарядно-контактного вузла; 10 – поворотне дзеркало.

Будова і робота складових частин приладу

Устрій вимірювача ИД-1 подібно устрою вимірювача ДКП-50А. Але параметри основних елементів дозиметра (іонізаційної камери і додаткового конденсатора) відрізняються від аналогічних елементів ДКП-50А.

Так, іонізаційна камера ИД-1 зроблена з повітроеквівалентної струмопровідної пластмаси з добавками карбиду бора для реєстрації теплових нейтронів. Об'єм камери складає 1 см^2 .

Додатковий конденсатор має електричну ємність 3000 пФ. Це забезпечує декілька менші габаритні розміри вимірювача ИД-1 у порівнянні з вимірювачем ДКП-50А. Крім того, торець вимірювача з боку діафрагми закривається заглушкою з трикутним вирізом.

Зарядний потенціал іонізаційної камери також дорівнює 180- 250 В. Зарядний пристрій ЗД-6 (рис. 8.31.) призначено для заряду вимірювача ИД-1. Принцип роботи зарядного пристрою заснований на п'єзоелектричному ефекті без застосування хімічних джерел струму.

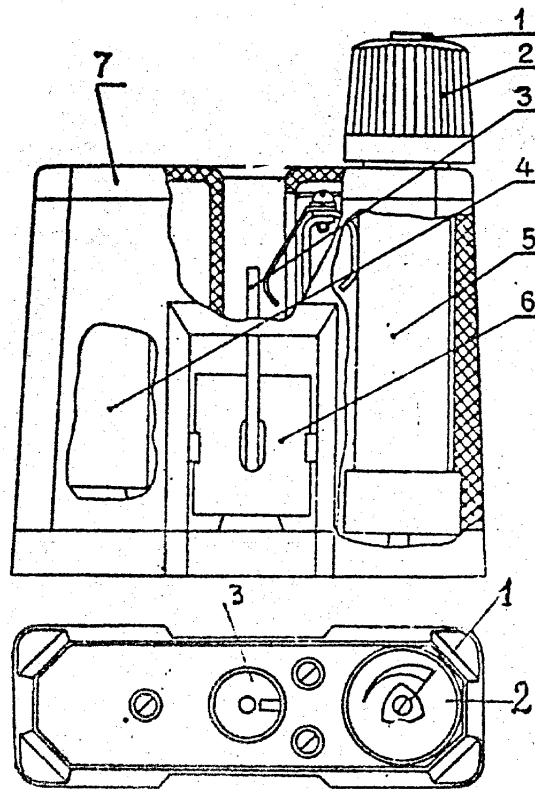


Рис. 8.31. Зарядний пристрій ЗД-6

До складу зарядного пристрою входять наступні основні вузли і деталі:

- корпус зарядного пристрою (7);
- зарядно-контактний вузол для підключення дозиметра (3);
- перетворювач механічної енергії в електричну (5), що складається з чотирьох п'єзоелементів, з'єднаних паралельно, і механічного підсилювача, що складається з гвинтового, клинового і підйомних механізмів;
- розрядник (4) для обмеження вихідної напруги більшої 275 В;
- ручка (2) механічного підсилювача, за допомогою якої регулюється вихідна напруга в межах від 180 до 275 В;
- тригранний приплив на ручці (1) для відгвинчування заглушки вимірювача;
- дзеркало (6) для висвітлення шкали вимірювача при його зарядці.

Зарядний пристрій водонепроникний. Його зносостійкість забезпечує не менше 1000 циклів поворотів ручкою від одного крайнього положення до іншого і назад. За один цикл забезпечується зарядка не менше 10 вимірювачів, розряджених не більше ніж на 30% шкали. Наробіток на відмову комплекту складає не менше 5000 годин, термін служби - не менше 15 років, технічний ресурс - не менше 10 000 годин.

2.2. Комплект вимірювачів дози ДП-22В.

Призначення. Комплект призначений для вимірювання індивідуальної експозиційної дози гамма-випромінювання.

Комплект відноситься до загальновійськових вимірювачів доз, що

видаються всім офіцерам, прапорщикам, а також сержантам і солдатам, які виконують бойові завдання у відриві від своїх підрозділів.

Під час дії підрозділу в однакових умовах виконання бойового завдання на відділення (екіпаж, обслугову) видаються один-два вимірювача дози для здійснення військового радіаційного контролю опромінення особового складу. Конструктивно вимірник дози виконаний для зручності користування у вигляді авторучки і носитися в кишені одягу. Зняття показання проводиться шляхом перегляду шкали при напрямку дозиметра на джерело світла. Основні метролого-технічні характеристики комплекту приведені у табл. 8.9.

Таблиця 8.9.

Основні метролого-технічні характеристики комплекту

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	2 ÷ 50 Р
2	Ціна однієї поділки шкали	2 Р
3	Похибка виміру	±10%
4	Саморозряд дозиметра	4 Р за добу
5	Електроживлення	два сухих елементи 1,6 ПМЦ-1,08
6	Тривалість безупинної роботи комплекту	30 годин
7	Напруга з виходу ЗД-5	180÷250 В
8	Температурний інтервал працездатності комплекту	від -40 до +50°C
9	Вага	комплекту 5,6 кг дозиметра 32÷40 г
10	Час готовності до дії після включення	1-2 хвилини.

Дозиметр ДКП-50А забезпечує вимірювання індивідуальних експозиційних доз гамма-випромінювання в діапазоні від 2 до 50 рентген при потужності дози гамма-випромінювання 0,5-200 Р/год в діапазоні енергій від 0,1 до 2 МеВ за відсутністю бета-випромінювання з енергією вище 0,6 МеВ в інтервалі температур від -40°C до +50°C. Основна похибка вимірювання дозиметром в нормальних умовах не перевищує ±10% від кінцевого значення шкали під час опромінювання джерелом Со-60. Зарядний устрій забезпечує заряд вимірювача дози до напруги 180-250 В. Саморозряд дозиметра не перевищує 4 Р за добу. Живлення зарядного пристрою від 2-х сухих елементів 1,6.ПМЦ-У-8. Час безперервної роботи - 30 годин. Вага дозиметра - 50 г, вага комплекта ДП-22В – 5 кг. Час підготовки зарядного пристрою до дії - 1-2 хвилини. Вимірювання дози здійснюється іонізаційним методом.

Склад приладу

До складу комплекту входять (рис. 8.32): п'ятдесят індивідуальних вимірювачів дози кишенькового типу ДКП-50А; зарядний пристрій ЗД-5; технічний опис та інструкція з експлуатації та технічний формуляр (в одній книзі); укладальний ящик.

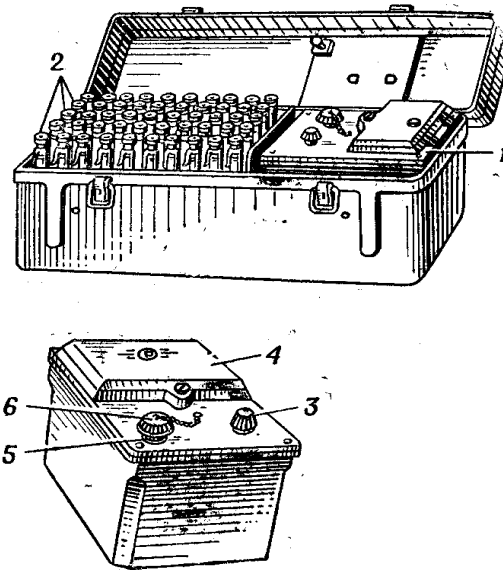


Рис. 8.32. Комплект вимірювачів дози ДП-22В:

1 – зарядний пристрій ЗД-5; 2 – вимірювач дози ДКП-50А; 3 – ручка потенціометра; 4– кришка відсіку живлення; 5 – гніздо ЗАРЯД; 6– ковпачок.

Будова і робота складових частин приладу

Принцип дії вимірювача заснований на фізичному явищі розряду іонізаційної камери під дією іонізуючого випромінювання. Перед використанням дозиметра здійснюється заряд конденсатора до визначеного потенціалу за допомогою зарядного пристрою.

Під час впливу гамма-випромінювання в робочому об'ємі іонізаційної камери виникає іонізаційний струм, який зменшує потенціал іонізаційної камери та конденсатора. Зменшення потенціалу пропорційно дозі опромінення.

Вимірювання потенціалу здійснюється за допомогою малогабаритного електроскопу, який розміщений усередині ДКП-50А. Відхилення рухомої системи електроскопу (платинова нитка) вимірюється за допомогою відлікового мікроскопа із шкалою в “рентгенах”.

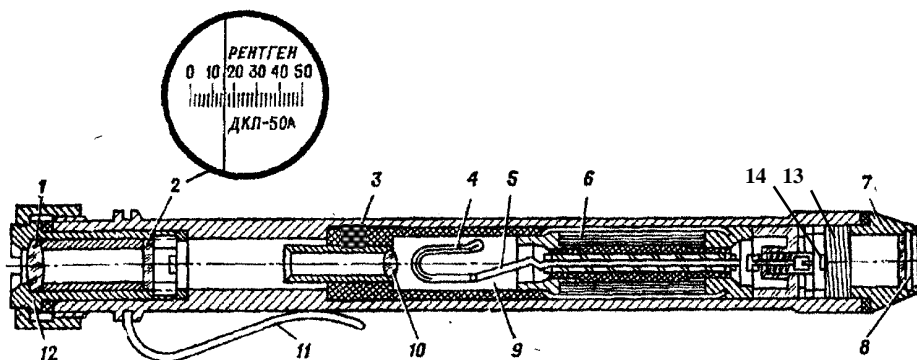


Рис. 8.33. Дозиметр ДКП-50А

1- окуляр; 2- шкала; 3- корпус; 4- тримач електроскопу; 5- внутрішній електрод; 6- конденсатор; 7- захисна оправа; 8- скло; 9- іонізаційна камера; 10- об'єktiv; 11- утримувач дозиметра; 12- верхня оправа; 13- діафрагма; 14- контакт

Дозиметр ДКП-50А являє собою малогабаритну іонізаційну камеру, що заповнена повітрям. Корпус камери виконаний із струмопровідного повітроеквівалентного спресованого порошку. Об'єм камери складає $1,8 \text{ см}^2$.

Внутрішній електрод (5) електрично з'єднаний із тримачем електроскопа (4) і центральним електродом конденсатора (6). Під час заряду дозиметра на центральний електрод камери подається позитивний потенціал, а на його зовнішній електрод, з'єднаний з корпусом дозиметра (3) – негативний потенціал. До тримача електроскопа U-образної форми з алюмінієвого дроту в двох точках приклеюється нитка такої ж форми. Нитка виконана з кварцового скловолокна, покрита тонким шаром платини для додання механічної стійкості та електропровідності цієї нитки.

У конденсаторі (6) електричною ємністю в 500 пФ застосовується високоякісний діелектричний ізолятор із фторопласту, що забезпечує малий саморозряд за рахунок струмів витоку по ізолятору. Крім того, матеріал фторопласт є оптично прозорим, що забезпечує проходження видимого світла через ізолятор конденсатора.

Мікроскоп з 90-кратним збільшенням призначений для відліку показань вимірювача. Необхідність його застосування пов'язана з малими розмірами нитки електроскопа і шкали.

Мікроскоп складається з об'єктива (10), шкали (2), окуляра (1). Шкала являє собою напівпрозоре скло з двадцятьма п'ятьма поділками. Ціна однієї поділки дорівнює 2 Р.

Усі ці пристрої містяться в циліндричному корпусі (3), виготовленому з дюралюмінію, що є несучою конструкцією та одночасно негативним електродом.

Для заряду вимірювача використовується контактна група, що складається зі світлопроникної діафрагми (13) із впресованим у неї контактом (14). Крім того, діафрагма служить надійним герметизуючим пристроєм вимірювача.

Під час вставлення вимірювача в гніздо зарядного пристрою і натисканні його діафрагма прогинається і своїм центральним контактом торкається центрального електрода конденсатора, який у свою чергу з'єднаний з центральним електродом іонізаційної камери. У результаті чого конденсатор і іонізаційна камера заряджаються до напруги порядку 250 В.

Нитка електроскопа під впливом електростатичних сил відштовхується від U-образного тримача. Тінь, що відкидається нею, на шкалу мікроскопа має вигляд вертикальної лінії, установленної на нульовому діленні шкали.

Під час витягу з гнізда зарядного пристрою контакт (14) під дією діафрагми (13) повертається в первісне положення, охороняючи конденсатор і камеру вимірювача від розряду. Для попередження забруднення діафрагми з торця вимірник закривається захисною оправою (7) із прозорим склом (8).

Під час опромінення дозиметра відбувається розряд іонізаційної камери, електричні сили відштовхування, що діють на нитку електроскопа, зменшуються і вона наближається до U-образного тримача. Тінь від нити на шкалу відхиляється вправо на величину дози опромінення.

Зняття показання здійснюється шляхом перегляду шкали при напрямленні дозиметра на джерело світла. Під час проведення виміру нитка на шкалі повинна знаходитися у вертикальному положенні.

Зарядний пристрій змонтовано в металевому корпусі, на передній панелі якого розташовані:

відсік живлення (4): ручка потенціометра (3) для регулювання зарядової напруги;

гніздо «Заряд» (5), куди уставляється вимірювач для заряду;

ковпачок зарядового гнізда (6).

2.3. Комплект хімічних дозиметрів ДП-70

Призначення. Комплект хімічних дозиметрів ДП-70, ДП-70М призначений для індивідуального радіаційного контролю з метою медичної діагностики ступеня ураження особового складу іонізуючим випромінюванням. Хімічні вимірювачі дози є загальновійськовими засобами контролю опромінення, що видаються кожному військовослужбовцю. Зняття з них показань проводиться фахівцями медичної служби.

Вони видаються в доповнення до наявних у військовослужбовців дозиметрів типу ДКП-50А. Конструкція дозиметрів ДП-70, ДП-70М однакова. Це - скляна ампула об'ємом 6 мл, заповнена хімічним розчином нітрату калію (ДП-70), а для ДП-70М - розчин з додаванням солей бору. Тому дозиметри ДП-70 використовуються для реєстрації дози гамма-випромінювання, а ДП-70М - змішаної дози гамма-нейтронного випромінювання. Основні метролого-технічні характеристики комплекту приведені у таблиці 8.10. Діапазон вимірювання дозиметрів - 50-800 рад, відносна похибка вимірювання $\pm 25\%$. Дозиметри ДП-70, ДП-70М дозволяють фіксувати як однократні, дози опромінювання, так і дози, накопичені протягом 30 діб. Температурний режим роботи дозиметрів ДП-70: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} - +50\text{ }^{\circ}\text{C}$, ДП-70М - $40\text{ }^{\circ}\text{C} - +50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вага дозиметру 40г, час знімання показів не раніше, ніж за годину після опромінення. Термін зберігання ампули з рідиною 18 місяців.

Таблиця 8.10.

Основні метролого-технічні характеристики комплекту

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	50÷800 рад
2	Похибка виміру дози не перевищує	$\pm 25\%$
3	Температурний інтервал працездатності дозиметрів	від -40 до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	Температурний інтервал найбільш сприятливих умов збереження	від -20 до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$
5	Вага дозиметра	40 г.
6	Хімічна речовина, яка використовується у розчині	KNO_3
7	Час зняття показань	не раніше 1 години після опромінення

Будова та робота складових частин приладу

До складу комплексу входять: вимірювачі дози ДП-70, польовий колориметр ПК-56М, технічна документація (технічний опис та інструкція щодо користування дозиметром і польовим колориметром).

Вимірювач дози (рис. 8.34.) складається з: скляної ампули з розчином (4); футляра (2); кришки футляра (3).

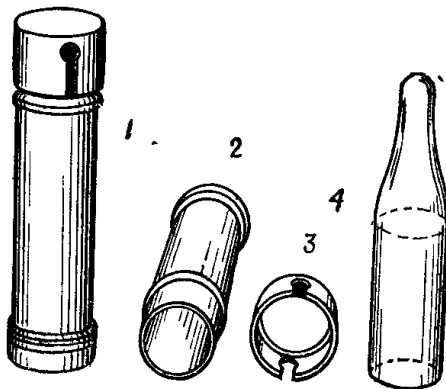


Рис. 8.34. Індивідуальний хімічний вимірювач дози ДП-70:

1 – загальний вид; 2 – футляр; 3 – кришка футляра з колірним еталоном; 4 – вимірювач дози.

Бокова поверхня ампули обгорнена прокладкою з білого папера, на якій указана дата виготовлення і гарантійний термін збереження вимірювача дози.

Носик ампули для підвищення механічної міцності міститься в гумовому амортизаторі. Для поліпшення умов видимості при орієнтованому визначенні величини дози шляхом порівняння фарбування розчину з колірним еталоном між носиком ампули й амортизатором вкладається шар білої вати.

Металевий футляр вимірювача являє собою сталеву циліндричну трубу з завальцьованим дном. На дні відштамповані партія і порядковий номер вимірювача. Другий кінець трубки закривається кришкою. Металева кришка служить для запобігання від випадкового розкриття вимірювача та у двох діаметральних тачках припаюється до корпусу чи поверх футляра надівається захисний ковпачок з віскози.

Пластмасовий футляр вимірювача виготовлений з полістиролу. До дна футляра приклеєна металева пластинка з найменуванням, партії і номери дозиметра. Футляр закривається кришкою.

Пластмасова кришка для запобігання від випадкового розкриття вимірювача закріплюється в таким чином: на стик корпусу і кришки наклеюється етикетка з написом «ДП-70», на етикетку наклеюється смужка з поліетиленової стрічки з липким шаром. Зняття кришки проводиться шляхом надрізу етикетки у місці стику за допомогою спеціального пристосування

У вимірювачах дози даного типу реалізований нітратний спосіб виміру дози. Він заснований на властивості іона нітрату NO_3^- відновлюватися атомарним воднем до нітрит-іона NO_2^- , який може бути виявлений за допомогою індикаторів. Як дозиметрична система використовуються водянні розчини нітрату, наприклад KNO_3 . Такі системи дозволяють реєструвати дозу гамма-випромінювання. Якщо до складу розчину додати солі бора то така система дозволяє реєструвати дозу гамма-нейтронного випромінювання.

Принцип дії. Під впливом на вимірювач дози гамма- і гамма-нейтронного випромінювання спочатку безбарвний робочий розчин в ампулі вимірювача змінює своє фарбування на рожевий. Щільність фарбування збільшується зі збільшенням дози опромінення. Доза опромінення визначається за допомогою польового колориметра.

Польовий колориметр ПК-56М (рис. 8.35) має в своєму складі: ампулотримач (4); корпус колориметра (1); футляр колориметра з плечовим ременем; ніж для розкриття ампул; 2 диска зі світлофільтрами; 3 футляра з контрольними ампулами; серветка для протирання.

Він являє собою корпус (1) із пластмаси, на передній кришці якого кріпиться призма з окуляром (3), розміщене відлікове вікно (2), а також вигравірувані тип і номер приладу. На задній кришці кріпиться ампулотримач (4). Кришки корпусу з'єднані між собою шарніром і утримуються в закритому стані стопорною втулкою (5).

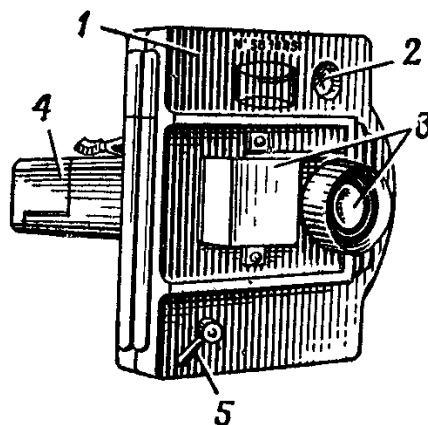


Рис. 8.35. Польовий колориметр ПК-56М:
1 – корпус; 2 – відлікове вікно; 3 – призма з окуляром;
4 – ампулотримач; 5 – стопорна втулка.

Усередину корпусу (1) колориметра поміщається диск зі світлофільтрами, що тримається усередині корпусу на кільцевій направляючій. У диску розташовані одинадцять світлофільтрів, інтенсивність фарбування яких відповідає фарбуванню розчину в ампулі вимірювача дози при дозах гамма- і гамма-нейтронного випромінювання: 0, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 450, 600, 800 рад. Через те, що желатинові світлофільтри піддаються поступовому вицвітанню від дії яскравого світла, у неробочому положенні вони повинні бути закриті від впливу світла.

Умовна цифра, видима у відліковому вікні, відповідає світлофільтру, що знаходиться перед контрольною ампулою, на боковій стінці якої витравлена буква «К». Корпус ампулотримача приєднується до корпусу колориметра за допомогою засування його по направляючій, де він утримується фіксатором. Корпус ампулотримача має кришку, що відкидається, з матовим склом, що у закритому положенні утримується кульковим фіксатором. Ампули у своїх

гніздах утримуються за допомогою плоских пружин. Під час зміни ампул кришка з матовим склом відкидається.

Принцип дії. В основі роботи польового колориметра покладений принцип візуального зрівняння двох пофарбованих полів, одне з яких створюється розчином в ампулі вимірювача дози, а інше - кольоровим світлофільтром у пересувному диску колориметра. Оптична схема колориметра ПК-56М представлена на рис. 38.6.

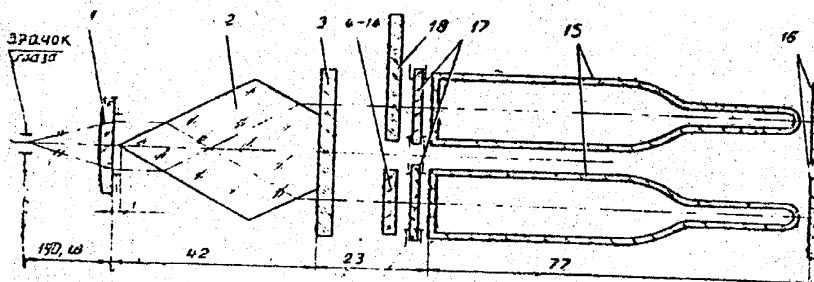


Рис. 8.36. Оптична схема колориметра ПК-56М

Світловий потік, що проходить через матове скло (16), розділяється на два пучки. Перший світловий пучок проходить через контрольну ампулу (15), захисне скло (17), один зі світлофільтрів (4-14), захисне скло (3) і попадає на фотометричну призму (2). Другий світловий пучок проходить через ампулу з робочим розчином вимірювача дози, захисне скло (3) і попадає на фотометричну призму (2). Призма (2) зводить обидва пучки до осі окуляра (1), при виході з якої світлові пучки попадають в око оператора, який спостерігає овал, розділений на дві половини, що мають різне в загальному випадку фарбування. Зрівнювання полів за кольором здійснюється обертанням диска зі світлофільтрами (4-14), (18). Під час збігу фарбування полів видиме у відліковому вікні число відповідає обмірюваній дозі.

Вимірювання за допомогою приладу

Вимір доз гамма-нейтронного випромінювання необхідно проводити не раніше, ніж через одну годину після опромінення.

Повторні виміри дози можливі протягом **30 діб** з моменту першого опромінення. При цьому необхідно пам'ятати, що вимірювач дози припускає не більше **7-8** однохвилинних переглядів при денному світлі.

Вимірювач дози припускає проведення орієнтованого визначення дози. Для цього необхідно зробити порівняння інтенсивності фарбування розчину в ампулі з кольоровим еталоном, розміщеним на внутрішній стороні кришки футляра вимірювача дози.

Для цього необхідно кришку футляра й ампулу у футлярі вимірювача дози тримати горизонтально на рівні ока так, щоб світло падало на еталон і на дно ампули. Кольоровий еталон відповідає дозі в 100 рад.

2.4. Індивідуальний вимірювач дози ИД-11

Призначення. Комплект призначений для індивідуального радіаційного контролю з метою первинної медичної діагностики ступеня тяжкості радіаційних уражень.

Знаходиться на забезпеченні медичних підрозділів та частин (медичний пункт частини, окремий медичний батальйон з'єднання, військово-польовий шпиталь об'єднання). Вимірювач забезпечує вимір поглиненої дози гамма- і змішаного гамма-нейтронного випромінювання, а також рентгенівського випромінювання. Основні метролого-технічні характеристики комплекту приведені у таблиці 8.11. Вимірювач дози забезпечує вимірювання поглиненої дози гамма - та змішаного гамма-нейтронного випромінювання в діапазоні від 10 до 1500 рад. Реєстрація нейтронної складової забезпечується по тепловим нейтронам. В комплекті використовуються радіофотолюмінісцентний метод дозиметрії. Вимірювання дози відбувається за допомогою вимірювального устрою ГО-32.

Таблиця 8.11.

Основні метролого-технічні характеристики комплекту

№ з/п	Найменування параметру	Величина параметру
1	Діапазон виміру	10 ÷ 1500 рад
2	Похибка виміру дози	±15%
3	Час опромінення	до 30 діб
4	Живлення ГО-32	від мережі 220В (50Гц) або від акумуляторів 12 В (24В)
5	Час прогріву ГО-32	30 хв
6	Час зняття показань	не перевершує 30 сек.
7	Час безупинної роботи ГО-32	20 годин
8	Час збереження інформації	Не менше 12 місяців
9	Температурний інтервал працездатності комплекту	від -50 до +50°С
10	Вага	комплекту 36 кг дозиметра 25 г.

Склад приладу

До складу комплекту входять: вимірювальний пристрій ГО-32 в укладальному ящику; два кабелі живлення; технічний опис і інструкція з експлуатації, формуляр; комплект ЗІП; градуйований ГР і перевантажувальний ПР детектори; комплект індивідуальних вимірювачів дози ИД-11 (рис. 8.37.) (500 шт.).

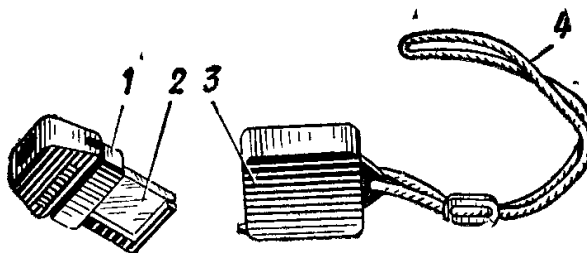


Рис. 8.37. Вимірювач дози ИД-11:

1 - тримач; 2 - пластина алюмофосфатного скла, активованого сріблом – детектор іонізуючого випромінювання; 3 - корпус; 4 - шнур.

Дозиметр складається (рис. 8.37) з тримача (1), детектора (2), корпусу (3). Для зручності носіння вимірювача поверх одягу до корпусу кріпиться спеціальний шнурок (4). Тримач виготовлений з алюмінію і складається з голівки і скоби, з'єднаних між собою шпилькою з гайкою. Між голівкою і скобою знаходиться герметизована прокладка. Під час встановлення тримача в корпус він кріпиться в ньому шляхом закріплення гайки спеціальним ключем, при цьому гумова прокладка розтискається, надійно фіксує тримач в корпусі і герметизує вимірювач.

Детектор являє собою пластину алюмофосфатного скла, активованого сріблом з полірованими гранями. В основу роботи детектора покладений *радіофотолюмінісцентний метод реєстрації* доз опромінення іонізуючим випромінюванням.

Принцип роботи. Під впливом іонізуючого випромінювання в детекторі утворюються люмінесцентні центри, кількість яких пропорційно поглиненій дозі. Під час опромінення детектора ультрафіолетовим світлом центри починають люмінісцювати жовтогарячим світлом з інтенсивністю, пропорційною поглиненій дозі опромінення.

Корпус вимірювача призначений для збереження детектора від зовнішніх ушкоджень, а також він відіграє роль комбінованого свинцево-алюмінієвого екрана для вирівнювання чутливості детектора до гамма-випромінювання з різною енергією фотонів.

Комплект забезпечує багатократне вимірювання однієї і тієї ж дози з похибкою не вище $\pm 10\%$. Відлік показів проводиться за цифровим табло ГО-32. Час прогрівання ГО-32 - 30 хвилин; час безперервної роботи - 20 годин. Час вимірювання дози до 30 сек. Комплект використовується в стаціонарних та польових умовах при відносній вологості 90% і температурному інтервалі від -50°C , до $+50^{\circ}\text{C}$. Середній час безвідмовної роботи ГО-32 - 1000 годин, технічний ресурс - 10000 годин, термін служби комплекту - 10 років. Живлення ГО-32 - від мережі 220 В, 50 Гц і від акумуляторів з напругою 12 В. Вага ИД-11- 23 г, вимірювального устрою 11 кг, вага комплекту в укладці - 18 кг.

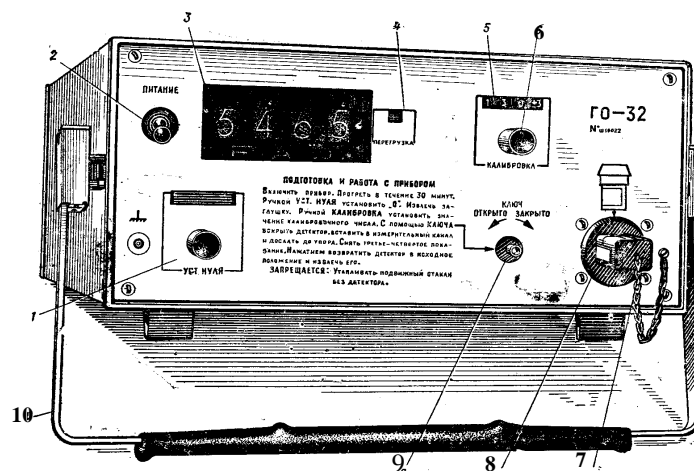


Рис. 8.38. Вимірювальний пристрій ГО-32.

- 1- ручка "Уст. Нуля"; 2- перемикач "Питание"; 3- індикаторне табло; 4- індикація перевантаження; 5- каліброване число; 6- ручка калібрування; 7-заглушка; 8- гніздо для установки детектора; 9- ключ для розкриття детектора; 10- ручка для перенесення.

Робота складових частин приладу за структурною схемою

Принцип роботи. В основу методу виміру інтенсивності жовтогарячої люмінесценції вимірювача дози, опроміненого ультрафіолетовим випромінюванням, покладений принцип порівняння світлових потоків від контрольної пластини та опроміненої вимірювачем дози. Особливістю контрольної пластини є стійкість до впливу іонізуючого випромінювання і стабільності в часі власного рівня люмінесценції.

Висвітлення скляної пластини і вимір інтенсивності люмінесценції, яка пропорційна поглиненій дозі опромінення, здійснюється за допомогою фотометричного блока вимірювального пристрою.

Фотометричний пристрій виробляє напругу, пропорційну поглиненій дозі, отриманій вимірювачем. Ця напруга перетворюється в імпульсну напругу з частотою імпульсів, пропорційною поглиненій дозі. Ці імпульси рахуються декадними лічильниками і далі інформація видається у вигляді числа, що відповідає дозі іонізуючого випромінювання.

Фотометричний блок – призначений для перетворення світлосуми, запасеної у вимірювачі дози (детекторі іонізуючого випромінювання), в електричну напругу, пропорційну величині запасеної світлосуми, а значить, поглиненої дози іонізуючого випромінювання.

Таким чином, вимірюючи напругу на виході фотометричного блока, можна вимірити дозу, отриману вимірювачем ИД-11.

Напруга з виходу ФЕП надходить на вхід схеми перетворювача (СП), що здійснює перетворення цієї напруги в послідовність каліброваних імпульсів, частота яких пропорційна величині напруги на виході ФЕП. Ці імпульси надходять на лічильник імпульсів (ЛІ), що складається з чотирьох двоїчно-десяткових лічильників. Далі за командою управляючого пристрою (УП) ця інформація надходить на запам'ятовуючий пристрій (ЗП), дешифратор (ДШ), що перетворює інформацію двоїчно-десятькового коду в десятковий. Ця інформація надходить на цифрове табло і висвічується у вигляді цифр чотирьох розрядів.

Узгодження і управління усіх вузлів рахункового пристрою здійснюється УП, що виробляє команди і управляючі імпульси за заданою програмою.

Живлення всіх елементів і блоків вимірювального пристрою здійснюється від блока живлення (БЖ), вмонтованого в корпус ГО-32.

Лекція № 9

Тема лекції: „Хімічне зараження навколишнього середовища. Склад атмосфери та сутність її зараження”

План лекції

1. Склад і побудова атмосфери. Метеорологічні умови, які характеризують погоду.
2. Середній вітер і способи його визначення.
3. Вплив метеорологічних умов на поведінку отруйних, радіоактивних речовин, біологічних засобів та аерозолів в атмосфері.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
3. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.5. Небезпечні хімічні речовини та заходи захисту від них. / за загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2010. – 472 с.
4. Радіаційний, хімічний та біологічний захист: конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с.

Вступ

Наша планета – Земля складається з трьох оболонок твердої (літосфери), рідкої (гідросфери) і газоподібної (атмосфери). Фізичні і хімічні процеси в цих оболонках вивчаються багатьма науками, загальна назва яких – наука про Землю. Одною з них є метеорологія – наука про атмосферу (повітряну оболонку), що оточує земну поверхню. Вона вивчає фізичні процеси і явища, що відбуваються в атмосфері у їх нерозривному зв'язку і взаємодії з земною поверхнею і космічним простором.

Предметами вивчення метеорології є протяжність, склад і будова атмосфери, джерела енергії, за рахунок якої розвиваються атмосферні процеси, і закони, що управляють ними.

Метеорологія тісно пов'язана з науками, що вивчають земну кору і водяну оболонку: геофізикою, фізикою моря, океанологією і гідрологією.

Як і інші науки, метеорологія має ряд структурних елементів що одержали значний розвиток у вигляді самостійних дисциплін. Найважливішими з них є: синоптична метеорологія, що вивчає атмосферні процеси великого масштабу і методи прогнозування погоди; динамічна метеорологія, що вивчає атмосферні напрями і пов'язані з ними перетворення енергії в атмосфері на основі положень гідродинаміки і термодинаміки; кліматологія, що вивчає

багаторічні закономірності формування і змін клімату в різноманітних географічних районах; аерологія, що вивчає склад і будову атмосфери на різних висотах і методи її дослідження.

Метеорологічні умови мають величезний вплив на всі сторони людської діяльності. Такі явища, як засухи, заморозки, урагани, снігові заноси, градобої, суховій і інші завдають серйозні збитки народному господарству, а деякі з них нерідко супроводжуються людськими жертвами. Це призводить до необхідності вивчення і прогнозування атмосферних процесів, практичного використання інформації про фактичні і очікувані умови погоди.

1. Склад і побудова атмосфери. Метеорологічні умови, які характеризують погоду.

Склад і маса атмосфери

Атмосфера Землі являє собою суміш газів, водяної пари і аерозолів, тобто твердих і рідких домішок. Внаслідок інтенсивного перемішування, характерного для атмосфери, склад повітря (крім вуглекислого газу, озону, водяної пари) і його молекулярна вага у вертикальному напрямку до висоти 100 км майже постійні. Цей шар називається *гомосферою*. Шар вище 100 км, у якому склад повітря змінюється під дією дифузійного поділу газів і процесу дисоціації молекул, називається *гетеросферою*.

Нині прийнятий такий склад сухого повітря для гомосфери (по обсягу у відсотках): азот 78,084, кисень 20,948, аргон 0,934, вуглекислий газ 0,031. На такі гази, як неон, гелій, криптон і ксенон, припадає лише близько 0,003 %.

Дуже важливою складовою частиною повітря є водяна пара, що потрапляє в атмосферу в результаті випаровування води з поверхні океанів, морів, озер, рік і зволоженого ґрунту. Її кількість поблизу поверхні землі дуже коливається і у залежності від температури повітря і умов випаровування складає в середньому від 0,2 % у полярних районах до 2,6 % у тропіках, а при високих температурах до 4 %.

Водяна пара і вуглекислий газ є основними елементами, що поглинають випромінюване поверхнею землі тепло. Затримане цими газами тепло йде на нагрівання атмосфери і частково знову повертається до земної поверхні, зберігаючи її від охолодження в нічний час. Якби була відсутня атмосфера, то середня температура повітря на поверхні Землі була б не +15, а -23 °С.

Для життя на Землі і розподілу температури в стратосфері велике значення має озон – триатомний кисень (O₃), якій утримується у нижньому шарі атмосфери в незначній кількості, але з висотою його концентрація росте і досягає максимуму на висотах 20-30 км. Вище кількість озону швидко зменшується і на висоті від 75 км він майже не виявляється. У приземному шарі атмосфери його концентрація може зростати лише при грозових розрядах. Шар атмосфери з найбільшою концентрацією озону прийнято називати *озоносферою*.

Озон поглинає значну частину ультрафіолетового випромінювання Сонця, у тому числі згубні для живих організмів ультрафіолетові промені.

Внаслідок інтенсивного поглинання частини сонячної енергії верхнім шаром озону (близько 1 % всієї енергії, що падає на Землю) на висоті 30-50 км спостерігається підвищення температури повітря.

Атмосферне повітря також містить змінну кількість різноманітних домішок, що знаходяться в зваженому стані. До них належать пилюка, дрібні краплі води та кристали льоду, морська сіль і продукти горіння.

За останні 90 років маса домішок в атмосфері Північної півкулі збільшилася приблизно в 1,5 рази. Від кількості водяної пари і пилу при різноманітних умовах освітленості атмосфери сонячними променями залежить колір неба. Блакитний колір неба спостерігається в чистому і сухому повітрі і пояснюється спроможністю молекул газів, розсіювати сонячне світло. Зі зростанням висоти зменшується кількість розсіяного світла, тому небо приймає темніший колір.

Загальна маса атмосфери приблизно в $5,15 \cdot 10^{15}$ т, що становить приблизно одну мільйонну частину маси всієї Землі. Приблизно 50 % маси атмосфери утримується в нижньому п'ятикілометровому шарі, 75 % – до висоти 10 км, 90 % – до 16 км, 95 % – до 20 км і 99 % – до висоти 35 км.

Будова атмосфери

Атмосфера має чітко виражену тільки нижню межу, тобто близько поверхні Землі. Значно важче установити верхню межу атмосфери, тому що щільність повітря безупинно зменшується з висотою і вже на висоті 100 км вона приблизно в мільйон разів менша, ніж близько поверхні Землі. За верхню межу атмосфери умовно приймають висоту, на якій щільність атмосферних газів наближається до щільності газу, що заповнює міжпланетний простір (близько 100 частинок у кубічному сантиметрі).

Дані спостережень показують, що атмосфера має шарувату будову. У залежності від того, яка фізична властивість атмосфери (розподіл температури, склад повітря в залежності від висоти, електричні характеристики) покладена в основу розподілу на шари, є ряд схем будови атмосфери.

Найбільше поширеною схемою будови атмосфери є схема, в основу якої покладено розподіл температури по вертикалі. За цією схемою атмосфера поділяється на п'ять основних шарів або прошарків: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу і екзосферу (рис. 9.1). Всі ці прошарки не завжди мають чіткі межі. Їхні висоти схильні до значних коливань, як за часом, так і зі зміною географічної широти.

Тропосфера – нижній шар атмосфери, що поширюється в помірних широтах до висоти 10-12 км, у тропіках – до 8-16 км, у полярних областях – до 8-10 км. Цей прошарок має величезний практичний інтерес, тому що всі найважливіші явища погоди розвиваються головним чином у тропосфері. Тут відбувається конденсація і сублімація водяної пари, утворення хмар і туманів, випадання опадів, розвиток грозових явищ.

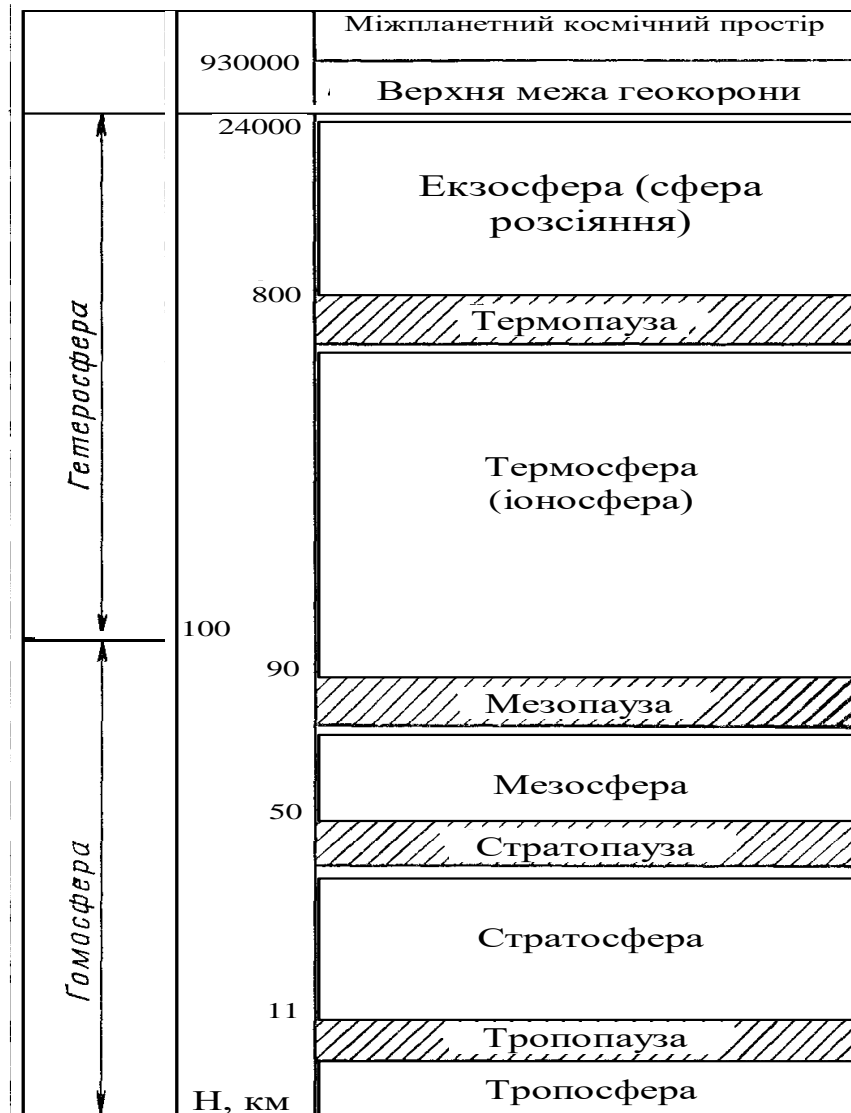


Рис. 9.1. Основні шари та прошарки атмосфери і їхні середні висоти в помірних широтах

Найбільш істотною особливістю тропосфери є зниження температури з підйомом на висоту, що у середньому складає $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 1 км висоти. У ній зосереджена основна маса атмосфери – від 75% у помірних і високих широтах до 90% у низьких. Тропосфера розподіляється на три основних прошарки.

Нижній граничний прошарок – шар тертя, простирається до висоти $1-1,5\text{ км}$. У цьому шарі найбільш різко позначаються тепловий і механічний впливи підстилаючої поверхні землі, утворюються хмари нижнього ярусу і туман. Влітку в помірних широтах температура в цьому шарі плюсова, зимою частіше мінусова. У нижньому шарі є приземний прошарок до висоти 200 м , де найбільш різко змінюються з висотою температура, швидкість вітру і вологість повітря, відбуваються їхні різкі коливання, як протягом коротких проміжків часу, так і на невеличких відстанях.

Середній прошарок тропосфери розташовується над шаром тертя і простирається до висоти $6-7\text{ км}$. У помірних широтах у теплий час року

нульова ізотерма частіше усього розташовується усередині цього прошарку, тому хмари мають змішану структуру, тобто складаються з крапельок води і крижаних кристалів.

Верхній прошарок тропосфери розташовується над середнім прошарком і простирається до тропопаузи. Вплив підстилаючої поверхні Землі в ньому позначається ще менше. Температура цього прошарку протягом усього року мінусова і нижча, ніж в усіх інших прошарках тропосфери. У цьому прошарку розташовуються хмари верхнього ярусу і вершини потужних купчасто – дощових хмар.

Між тропосферою і стратосферою розташовується перехідний прошарок, названий тропопаузою. Товщина цього прошарку коливається від декількох сотень метрів до 2 км, а середня температура – від мінус 40 °С у помірних і високих широтах до мінус 80 °С у тропіках.

Стратосфера розташовується над тропопаузою і поширюється приблизно до висоти 50 км. У її нижньому шарі (до 25 км) температура частіше усього мало змінюється з висотою і близька до температури тропопаузи. У верхньому шарі температура поступово підвищується і на висоті 50 км досягає середнього значення – 0 °С (із можливими відхиленнями ± 20 °С).

Мезосфера розташовується над стратосферою і поширюється до висоти 80-85 км. За аналогією з тропопаузою перехідний прошарок між стратосферою та мезосферою називається стратопаузою. У мезосфері температура з висотою понижуюється (на 3,5 °С при підйомі на 1 км) і досягає на верхній межі – 90 °С.

На межі між мезосферою і термосферою, що називається мезопаузою, у ясні літні ночі іноді спостерігаються дуже тонкі, так звані *сріблясті хмари*.

Термосфера розташовується над мезосферою і поширюється до висоти 800 км. Для цього шару характерне швидке підвищення температури з висотою, від – 90 °С на висоті 85 км вона досягає кількох сотень і навіть тисяч градусів на висоті 150 км і вище. Через велике утримання електрично заряджених частинок – іонів, термосферу називають також іоносферою.

Екзосфера – прошарок атмосфери, що розташовується над термосферою.

За розподілом температури атмосферу можна розділити на три теплих і два холодних шари. Теплі шари розташовуються навколо поверхні землі, на висоті 45- 55 км і вище 85 км, а холодні – поблизу тропопаузи і на висоті 80-85 км.

Крім того, шар атмосфери вище 80 км відрізняється винятково сильною іонізацією повітря. Припускають, що основною причиною цієї іонізації є ультрафіолетове і корпускулярне випромінювання Сонця і космічні промені.

Нормальна структура іоносфери зазнає особливо сильних змін в періоди магнітних бурь – великих і неправильних коливань магнітного поля Землі. При магнітних бурях сильно порушується поширення коротких радіохвиль.

У зв'язку з розвитком космічної техніки атмосферу прийнято поділяти на дві частини: нижній, або щільний, прошарок до висоти 150 км і навколорозетний космічний простір – від 150 км і до висоти 930000 км. При польоті в нижньому прошарку космічний корабель через значний опір повітря не може здійснювати

обороти навколо Землі без роботи рухової установки; на висотах більш 150 км він може здійснювати польоти навколо Землі і без включеного двигуна.

Основні метеорологічні елементи атмосфери

Стан атмосфери у визначений момент часу характеризується рядом фізичних величин, що називаються метеорологічними елементами або параметрами. До них належать тиск, температура, щільність та вологість повітря; напрямок і швидкість вітру; кількість, форма та висота хмар; опади, видимість та ін.

При визначених фізичних процесах в атмосфері виникають атмосферні явища, до яких належать гроза, туман, заметіль, опади та ін.

Сукупність метеорологічних елементів і явищ, що спостерігаються в якийсь момент або проміжок часу, називається погодою.

На відміну від погоди, кліматом прийнято називати багаторічний режим погоди, властивий якійсь місцевості, що створюється під впливом географічних умов цієї місцевості: циркуляції повітря, притоку сонячної енергії, випромінювання землі і атмосфери.

Вертикальна стійкість повітря

Непостійність значень радіаційного балансу, вплив підстилаючої поверхні Землі низька теплопровідність повітря викликають у приземному шарі повітря процеси, які отримали назву вертикальної стійкості повітря (ВСП).

Під ВСП розуміють різновиди його станів, які мають назву *конvekція, інверсія, ізотермія*, кожний з яких характеризується типовим розподілом температури повітря в нижньому шарі, а також інтенсивністю вертикального переміщення зараженого повітря та глибиною його розповсюдження.

На утворення ВСП приземного шару істотно впливає інтенсивність процесів нагрівання та охолодження земної поверхні та нижніх шарів атмосфери, а також спрямованість цих процесів.

В ясний літній день, коли інтенсивно нагрівається земна поверхня, швидко та сильно нагріваються і прилеглі шари повітря. Це більш тепле і більш легке повітря починає підніматися догори. На його місце зверху опускаються потоки холодного повітря, які, нагріваючись, знов піднімаються догори.

Такий розподіл температури повітря по вертикалі, коли внизу близько землі знаходиться більш тепле, ніж зверху (на висоті 2-3 м) повітря, носить назву конvekція. При конvekції виникає інтенсивний розподіл повітря по вертикалі, що характеризується інтенсивним вертикальним переміщенням повітря в приземному шарі.

Конvekція виникає та розвивається тільки в тих випадках, коли проходить інтенсивне нагрівання поверхні ґрунту, тобто вдень, в теплу пору року при ясній погоді чи невеликій хмарності. В ранкові часи конvekція, як правило, невелика. Найбільш інтенсивна конvekція спостерігається о 13-15 годині, а ввечері вона поступово зменшується. Конvekція виникає приблизно через 2 години після сходу Сонця і припиняється приблизно за 2-2,5 години до заходу Сонця.

Інтенсивний вертикальний обмін повітря при конвекції призводить до швидкого розсіювання зараженого повітря, що зменшує концентрацію отруйних речовин (ОР), сильно діючих отруйних речовин (СДОР) у повітрі та глибину їх розповсюдження. Отже, зменшується ступінь впливу хімічної зброї, що використовується противником для ураження живої сили через органи дихання, на особовий склад.

В ясну ніч, в умовах від'ємного радіаційного балансу, відбувається інтенсивне охолодження земної поверхні. Температура нижнього шару повітря, що прилягає до земної поверхні (більш важкого повітря), нижча ніж на висоті декількох метрів, тому його інтенсивних вертикальних переміщень не може бути. Такий розподіл температури повітря, коли з висотою температура дещо підвищується, носить назву інверсія. Інверсія виникає в умовах сильного охолодження земної підстилаючої поверхні, що відбувається в ясні та малохмарні дні влітку приблизно за годину до заходу сонця, а зникає на протязі години після сходу сонця. Зникає інверсія також при швидкості вітру більше 4 м/с. Інверсія характеризується високою стійкістю повітря по вертикалі. Заражене повітря при інверсії розсіюється повільно. В цих умовах хмара зараженого повітря з вражаючими концентраціями довгий час зберігається близько земної поверхні та розповсюджується за вітром на значні відстані.

При похмурій погоді теплові процеси на земній поверхні та в нижніх шарах повітря проходять малоінтенсивно. При цьому температура повітря в приземному шарі практично не змінюється. Тому мало зменшується в приземному шарі повітря і його густина. Такий стан атмосфери називають ізотермією. При ізотермії температура з висотою в приземному шарі повітря залишається незмінною. Інтенсивність розсіювання зараженого повітря при ізотермії невелика. В цих умовах хмара зараженого повітря з вражаючими концентраціями довгий час залишається близько земної поверхні, розповсюджуючись за вітром на великі відстані. Найбільш типові умови для виникнення ізотермії – щільна низька хмарність і вітер зі швидкістю більше 4 м/с.

У зв'язку зі значним впливом ВСП на розповсюдження зараженого повітря, необхідно її враховувати в усіх випадках оцінки погоди.

Вертикальну стійкість приземного шару повітря прийнято визначати за допомогою термодинамічного критерію

$$\frac{\Delta t}{U_1^2},$$

де Δt – вертикальний температурний градієнт в приземному шарі повітря;

U_1^2 – середня швидкість вітру за 10 хв. на висоті 1м над поверхнею землі.

Вертикальний температурний градієнт – це різниця температури повітря на двох стандартних висотах 50 і 200 см.

$$\Delta t = t_{50} - t_{200}$$

Знак температурного градієнта визначається орієнтовно ВСП. Приблизно вважається, що при інверсії $t_{50} < t_{200}$, при ізотермії $t_{50} = t_{200}$, при конвекції

$t_{50} > t_{200}$. Температуру повітря слід визначати з порівняно високою точністю. Середня за 10 хвилин швидкість вітру визначається за допомогою ручного анемометра МС-13, що встановлюється на висоті 1 м.

Більш точно ВСП визначається за значенням та знаком термодинамічного критерію. У воєнно-хімічній метеорології прийняті такі граничні значення термодинамічного критерію для кожного стану ВСП:

$$\frac{\Delta t}{U_1^2} \leq -0,1 - \text{інверсія}; \quad \frac{\Delta t}{U_1^2} \geq +0,1 - \text{конвекція}; \quad +0,1 > \frac{\Delta t}{U_1^2} > -0,1 - \text{ізотермія}$$

Для прискорення визначення ВСП за результатами спостережень можна користуватися не розрахунками, а спеціальним графіком (рис. 9.2).

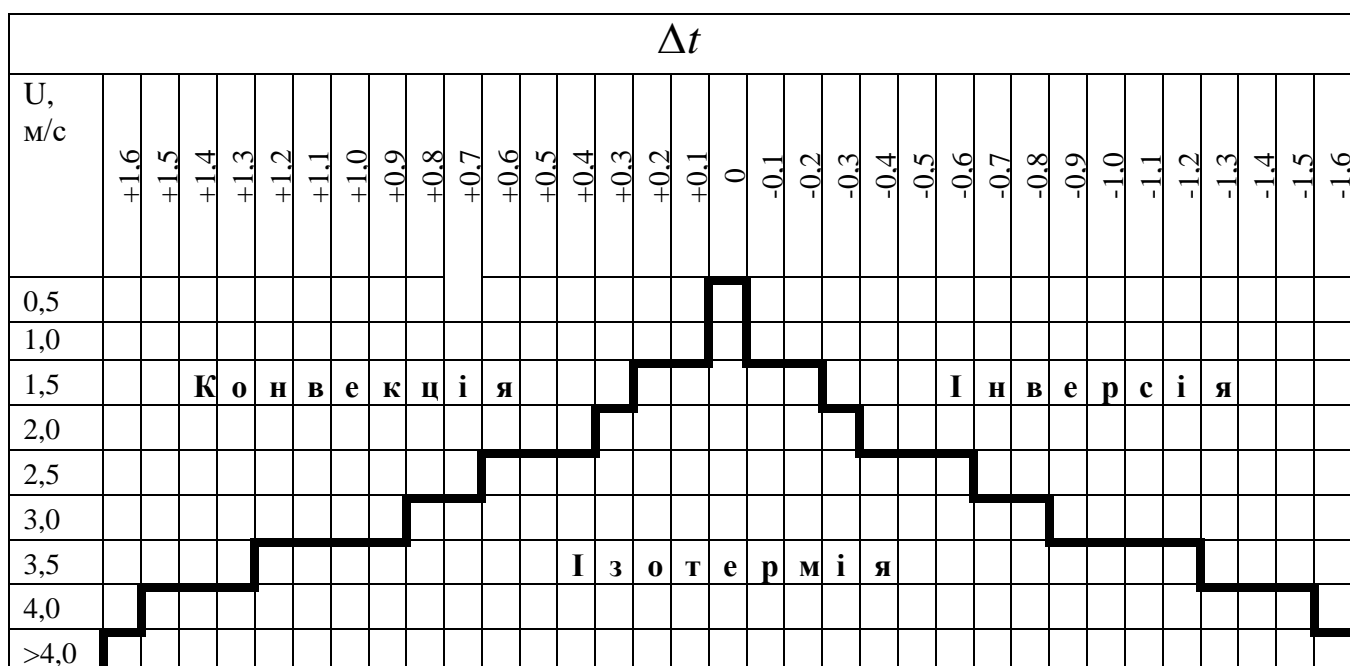


Рис. 9.2. Графік оцінки ступеню вертикальної стійкості приземного шару повітря за даними метеоспостереження.

При швидкості вітру більше 4 м/с завжди спостерігається ізотермія. Для орієнтовної оцінки ВСП за даними прогнозу погоди або при відсутності приладів користуються градуйованим графіком (рис. 9.3).

Орієнтовну швидкість вітру необхідно вміти визначити за місцевими ознаками, наприклад за відхиленням вимпелу, стовпа диму з труби або гілок окремо стоячих дерев. При нахилі стовпа диму в межах від 10 до 45 °С – швидкість вітру 1-2 м/с, в межах 45-75 °С швидкість 3-4 м/с, більше 75 °С – швидкість вітру більше за 4 м/с.

Швидкість вітру, м/с	Ніч			День		
	ясно	напівясно	похмуро	ясно	напівясно	похмуро
0,5	Інверсія			Конвекція		
0,6-2,0						
2,1-4,0						
>4,0		Ізотермія			Ізотермія	

Рис. 9.3 Графік орієнтовної оцінки ступеню вертикальної стійкості повітря за даними прогнозу погоди (без снігового покриву).

Примітка: 1. Ясно – 0-2 бали, напівясно – 3-7 балів, хмарно – 8-10 балів хмарності нижнього та високошарового ярусів.

2. При висококупчастій і купчастій хмарності верхнього ярусу погоду вважати практично ясною.

Тиск і вологість повітря

Тиск і щільність повітря поряд з його температурою є основними параметрами, що характеризують фізичний стан атмосфери.

Атмосферний тиск – це вага стовпа повітря з поперечним перерізом в 1 см², що простирається від даної поверхні до верхньої межі атмосфери.

На метеорологічних станціях тиск вимірюється ртутним барометром. Для потреб авіації тиск вимірюється в міліметрах ртутного стовпа, а для служби погоди – у мілібарах (мбар). З достатньою для практики точністю можна прийняти, що 1 мбар відповідає 0,75 мм рт. ст. У багатьох країнах тиск для потреб авіації вимірюється в мілібарах і шкали барометричних висотвимірювачів також градуйовані в мілібарах.

Необхідність переходу від міліметрів ртутного стовпа до мілібарів викликана вимогами фізики і метеорології, де в теоретичних розрахунках прийнято користуватися системою одиниць грам-сантиметр-секунда (СГС). Цим вимогам задовольняло б вираження розміру атмосферного тиску в дінах на 1 см² поверхні. Але діна занадто мала для цього, тому за одиницю виміру тиску береться бар, рівний 1 млн. дін на 1 см². Мілібар дорівнює одній тисячній бара (1000 дін/см²).

За нормальний (стандартний) тиск, названий ще фізичною атмосферою, умовно прийнятий тиск, що вимірюється вагою ртутного стовпа висотою 760 мм і перерізом 1 см² при температурі 0 °С на широті 45 °С, де прискорення вільного падіння на рівні моря дорівнює 980,665 см/с². Нормальний тиск (760 мм рт. ст.) у системі СГС відповідає 1013250 дин на 1 см² або 1013,25 мбар.

У табл. 9.1. наведені значення температури, тиску, щільності повітря і швидкості звуку для основних рівнів до висоти 80 км.

Таблиця 9.1

Значення t , P , ρ , α для основних рівнів стандартної атмосфери до висоти 80 км.

Висота, км	Температура, t , °C	Вертикальний градієнт температури, °C/км	Тиск повітря (P), мм рт. ст.	Щільність повітря (ρ), кг/см ³	Швидкість звуку (α), м/с
0	15,0	-	760,0	1,225	340,3
11	-56,5	6,5	169,8	0,364	295,1
20	-56,5	0,0	41,1	0,088	295,1
32	-44,5	1,0	6,5	0,013	303,1
47	-2,5	2,8	0,8	0,004	329,8
51	-2,5	0,0	0,5	0,0009	329,8
71	-58,5	-2,8	0,03	0,00004	293,7
80	-76,5	-2,0	0,007	0,00002	281,1

Якщо утримання основних газів у повітрі досить постійне, принаймні до висоти 90 км, то водяній парі властиві великі коливання.

У метеорології застосовуються різноманітні характеристики для оцінки утримання водяної пари в повітрі. Однією з таких характеристик є *абсолютна вологість* – кількість водяної пари, що утримується в 1 м³, виражена в грамах, а іншою – *пружність водяної пари*, тобто парціальний тиск водяної пари, що утримується в повітрі виражається в міліметрах ртутного стовпа або в мілібарах. Чисельно обидві ці характеристики близькі між собою, якщо пружність водяної пари виражена в міліметрах ртутного стовпа.

Максимальна кількість водяної пари, що може утримуватися в повітрі залежить тільки від температури: чим вище температура, тим більше водяної пари необхідно для насичення, і навпаки.

Найважливішою властивістю водяної пари є її спроможність переходити за певних умов у рідкий (воду) або безпосередньо у твердий (лід) стан. У першому випадку процес називається *конденсацією*, у другому – *сублімацією*. Найбільш часто причиною переходу водяної пари в рідку або тверду фазу є охолодження повітря, що містить водяну пару, до стану насичення. Проте водяна пара грає винятково важливу роль у визначенні метеорологічних умов польотів у тропосфері. Наявність водяної пари в атмосфері є необхідною умовою для утворення хмар, опадів, туманів.

Атмосферні явища (грози, заметілі, зледеніння) та оптичні явища (райдуга) також нерозривно пов'язані з наявністю води в атмосфері. Такий важливий елемент метеорологічних умов, як видимість, у більшості випадків обумовлюється наявністю в атмосфері дрібних крапель води, кристалів льоду або їх разом взятих.

2. Середній вітер і способи його визначення.

Вітром називається горизонтальне переміщення повітря відносно земної поверхні. Але повітряні потоки не суворо горизонтальні, тому що майже завжди в цих переміщеннях є і вертикальні складові.

Швидкості висхідних і нисхідних потоків у більшості випадків невеликі та у сотні разів менші горизонтальних. Лише всередині купчасто-дощових хмар і в деяких інших випадках в атмосфері можуть спостерігатися вертикальні швидкості, що досягають кількох десятків метрів за секунду.

Для виміру вітру близько поверхні землі застосовуються анемометри.

Для визначення вітру на висотах використовуються спеціальні радіотехнічні метеостанції, що пеленгують, або запущений в атмосферу радіозонд (у цьому випадку вимірюється не тільки вітер, але і тиск, температура і вологість повітря), або спеціальну мішень. Для виміру вітру при ясній погоді або в підхмарному шарі широко застосовується так званий метод кульок-пілотів. У цьому випадку за напрямком гумової кульки, наповненої воднем, яка піднімається практично з постійною швидкістю, спостерігають за допомогою теодоліту. Визначаючи вертикальні і горизонтальні кути положення кульки через визначені проміжки часу і знаючи для цих моментів висоту кульки, можна знайти швидкість і напрямок її переміщення, а, отже, і напрямок і швидкість вітру.

Спостерігаючи за верхньою межею хмар через визначені проміжки часу, можна визначити напрямок і швидкість вітру.

Вітер – величина векторна і визначається двома характеристиками: *напрямком і швидкістю*.

Напрямок вітру – азимут точки обрію, звідки дує вітер, вимірюється в градусах. Наприклад, напрямок вітру 180° означає, що вітер дує з півдня, 270° – із заходу і т.д.

Швидкість вітру – це швидкість переміщення повітря за обраний інтервал часу. Звичайно швидкість вітру вимірюється в метрах за секунду. Для розрахунків швидкість вітру виражають у кілометрах за час ($1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/год.}$). Щоб перевести швидкість вітру, виражену у м/с, у км/год, необхідно помножити швидкість вітру у м/с на 4 і з отриманого розміру відняти її десяту частину. Різниця і буде швидкістю, що виражена у км/год. Наприклад, швидкість вітру дорівнює 12 м/с.

Це складе: $12 \cdot 4 = 48$; $48 - 4,8 = 43,2 \text{ км/год.}$

Несталий вітер за короткі проміжки часу, що вимірюються хвилинами і секундами, змінюється як за швидкістю, так і за напрямком. При значних коливаннях швидкості і напрямку вітер називається рвучким, а при особливо сильних – шквальним.

Швидкість і напрямок вітру залежать від висоти над поверхнею Землі, географічного району, пори року і доби, а також від розподілу тиску.

Добовий хід швидкості вітру чітко виражений над сушею і майже непомітний над морем. Більш різко він виражений у теплу половину року і при ясній погоді, менш різко у холодну пору року і при похмурій погоді. У

добовому ході швидкість вітру має два максимуми (у денний і нічний час) і два мінімуми (перед сходом і заходом Сонця). Добовий хід швидкості вітру пояснюється нагріванням вдень і охолодженням уночі земної поверхні, від якої головним чином і нагріваються або охолоджуються приземні шари повітря. У денний час прилягаюче до землі повітря, як більш тепле, піднімається вгору, а розташоване вище, як більш холодне, опускається вниз. У результаті цього до висоти 100-150 м вдень швидкість вітру значно більше, ніж уночі, а вище цього прошарку, приблизно до висоти 1000-1500 м, швидкість вітру вдень менша ніж уночі.

На висотах більше 500 м середня швидкість вітру збільшується повільніше і досягає максимуму приблизно на 1-2 км нижче тропопаузи. Тут максимальні швидкості можуть досягати 100-150 м/с і більше. Це пояснюється збільшенням горизонтальних контрастів температури у верхній частині тропосфери і збільшенням горизонтальних градієнтів тиску. У стратосфері швидкість вітру зменшується, досягаючи мінімуму на висоті 18-20 км, що пов'язано зі зменшенням горизонтальних градієнтів температури в цьому шарі. Вище 20 км швидкість вітру повільно зростає і досягає 50-100 м/с у шарі 60-80 км. У іоносфері на висотах 100 км і вище, за даними окремих спостережень, швидкість вітру може досягати 200-300 м/с.

Швидкість вітру близько поверхні землі може досягати великих значень. При шквалах спостерігалися швидкості до 30-50 м/с і більше, у горах – до 100 м/с. Найбільша зареєстрована швидкість вітру спостерігалася в тайфунах – більше ніж 100 м/с.

Напрямок вітру визначається розподілом тиску за висотою. В середньому з вересня по травень у Північній півкулі, у тому числі на території України, до висоти 60 км переважають західні вітри; із середини травня до середини серпня до висоти 18-20 км також переважають західні вітри, а вище – східні.

Для вирішення ряду практичних задач, пов'язаних з оцінкою впливу вітру на падаючий з висоти аерозоль, необхідно враховувати швидкість та напрямок вітру на якійсь визначеній висоті, а у всьому шарі повітря від висоти, з якої починається вільне падіння аерозолі, до земної поверхні. Математично цю задачу без використання електронно-обчислювальної техніки вирішити дуже важко. Для швидкого вирішення практичних задач користуються так званим середнім вітром.

Середнім вітром називається розрахунковий вітер постійний за напрямком і швидкістю в деякому шарі атмосфери, від поверхні Землі до заданої висоти, який має на падаючі частки такий результативний вплив, як і сумарна дія реального вітру на різноманітних висотах цього шару за час падіння частин в ньому. *Середній вітер* – величина векторна, тому його не можна обчислити як середньоарифметичну величину. Для отримання значення середнього вітру необхідно виконати геометричне складання векторів. Напрямок середнього вітру співпадає з напрямком сумарного (дослідного) вектора, що отримується геометричним складанням векторів вітру на різних висотах, а швидкість середнього вітру дорівнює частці від ділення сумарного вектора на число складених одиничних векторів (рис. 9.4).

Середній вітер може бути обчислений за результатами векторного зондування атмосфери за допомогою радіозондів, кульок-пілотів та радіопілотів. Іноді підрозділи цивільної гідрометеорологічної сітки в процесі обробки зондування атмосфери середній вітер не визначають (напрямок та швидкість вітру на різних висотах). Ці дані передаються спеціальними аерологічними телеграмами і використовуються у службі прогнозу погоди. У цьому випадку середній вітер може бути розрахований споживачем графічним або аналітичним способами за даними напрямку та швидкості вітру на різних висотах.

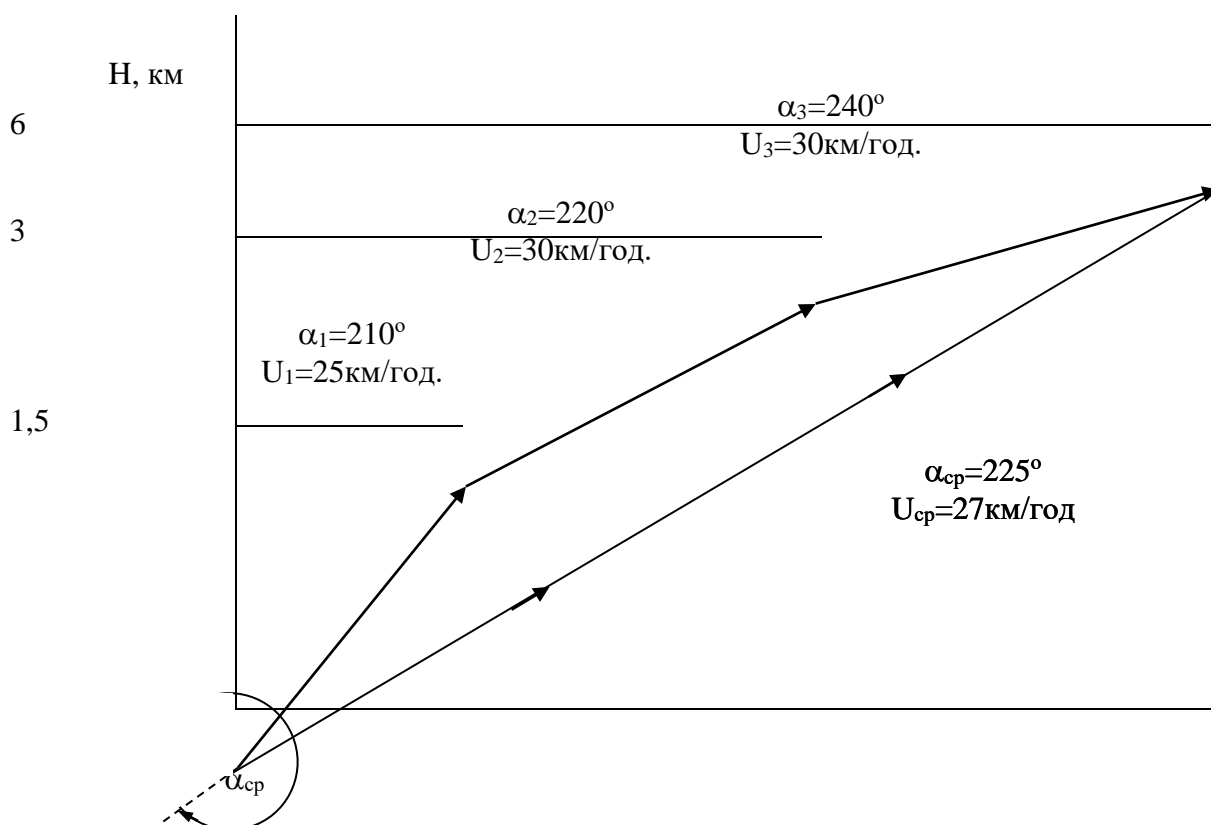


Рис. 9.4. Графічний спосіб визначення середнього вітру

Для визначення середнього вітру в шарі “земля”-“задана висота” будь-яким із указаних способів за результатами вітрового зондування атмосфери необхідно:

- 1) розбити цей шар на більш дрібні елементарні шари однакової товщини. При невеликій зміні вітру з висотою шари можуть мати двокілометрову товщину, а при значній зміні напрямку та швидкості вітру товщина елементарних шарів повинна складати 1 км;
- 2) визначити висоти середин елементарних шарів;
- 3) з аерологічної телеграми вибирають дані про напрямок та швидкість вітру на висотах середин кожного шару. За даними розрахувати середній вітер графічним або аналітичним способами.

Часто для військ потрібно знати значення середнього вітру в шарах: 0-1,5 км; 0-3 км; 0-6 км; 0-12 км; 0-18 км.

Обчислення середнього вітру графічним способом здійснюється шляхом геометричного складання векторів, що відносяться до середини геометричних шарів. Звичайно геометричне складання векторів виконується на аркуші міліметрового паперу за допомогою лінійки та транспортира.

Середній вітер визначається в такій послідовності:

1. З початкової точки 0 відкладаємо у вибраному масштабі вектор швидкості та напрямку вітру в самому нижньому елементарному шарі.

2. З кінця першого вектора таким же чином, як і з початкової точки, відкладаємо вектор швидкості та напрямку вітру середини другого елементарного шару. Після цього послідовно таким же чином відкладаємо вектори вітру для всіх інших елементарних шарів, включаючи останній, до висоти якого визначається середній вітер.

3. Початкову точку 0 з'єднуємо прямою лінією з кінцем вектора останнього шару. Одержаний вектор показує напрям середнього вітру від поверхні землі до даної висоти.

4. Для визначення швидкості вітру результуючий вектор ділять на стільки рівних частин, скільки складено векторів вітру до даної висоти шару. У вибраному масштабі один такий відрізок визначає швидкість середнього вітру. При необхідності, подібним же чином визначається середній вітер для тонших шарів.

В метеорології напрямок вітру визначається стороною горизонту, звідки дме вітер. Північний (холодний) вітер дме з півночі, південний (теплий) дме з півдня.

Для позначення напрямку приземного вітру в практиці метеорологічних спостережень прийнято користуватися румбами. При цьому все коло горизонту поділяється на 16 румбів. Вісім основних румбів (рис. 9.5) позначаються скорочено однією або двома літерами (Пн – північ, ПнСх – північний-схід, Сх – схід, ПдСх – південний-схід, Пд – південь, ПдЗх – південний захід, Зх – захід, ПнЗх – північний – захід).

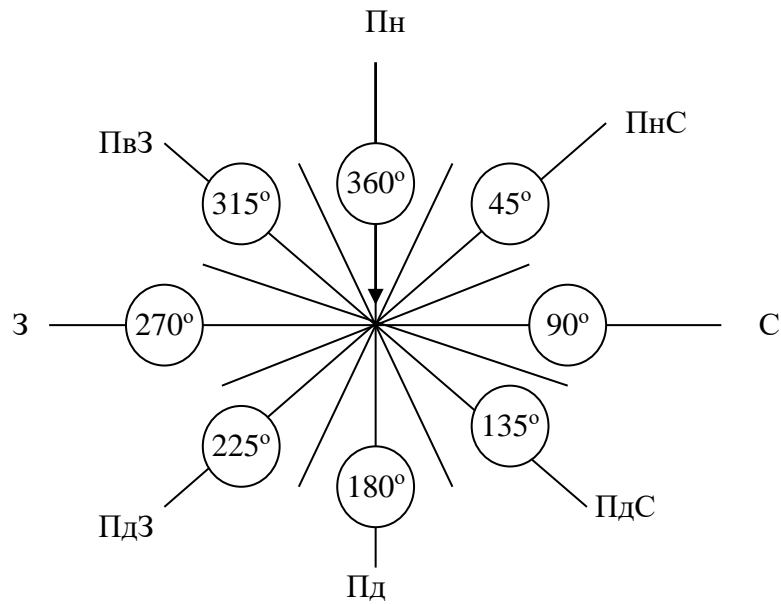


Рис. 9.5. Визначення напрямку приземного вітру

Вісім проміжних румбів позначаються таким чином: ПнПнСх – північно північний схід, СхПнСх – східно північний схід, СхПдСх – східно південний схід, ПдПдСх – південно південний схід, ПдПдЗх – південно південний захід, ЗхПнЗх – західно північний захід, ПнПнЗх – північно північний захід.

Для визначення напрямку вітру на висотах, а іноді і в приземному шарі повітря, користуються градусами. При цьому напрямок вітру виражається азимутом точки горизонту, звідки дме вітер. Азимут відраховується від північного кінця меридіану за годинниковою стрілкою. Таким чином, півночі відповідає азимут 0° (360°), північному – сходу – 45° , сходу – 90° , півдню – 180° , заходу – 270° . Один румб дорівнює $360:16 = 22,5^\circ$.

На картах і схемах дані про середній вітер зображуються позначеннями (рис. 9.6): 05.00 27.05 означає час, на який визначені дані; стрілка вказує напрямок вітру, крім того, позначається числом 40° – азимут вітру; 6 – висота в км, для якої визначений середній вітер; 25 – швидкість середнього вітру в км/г.

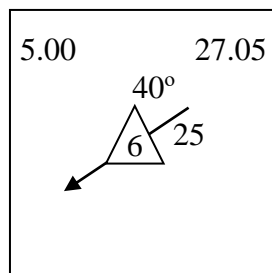


Рис. 9.6. Приклад позначення на картах (схемах) напрямку і швидкості середнього вітру

3. Вплив метеорологічних умов на поведінку отруйних, радіоактивних речовин, біологічних засобів та аерозолів в атмосфері.

Окремі метеорологічні елементи впливають на поведінку різних домішок, що вводяться в атмосферу. Для нас особливий інтерес представляє вплив метеоумов на поведінку в атмосфері радіоактивних і отруйних речовин та біологічних засобів.

Так масштаби і ступінь радіоактивного забруднення місцевості та атмосфери після аварії на АЕС залежать не тільки від кількості та потужності аварійних ЯЕУ, але і від метеорологічних умов. Метеорологічні умови впливають на висоту підйому і формування радіоактивної хмари, на випадання з неї радіоактивних речовин, положення і розміри радіаційного сліду на місцевості, на характер забруднення місцевості та атмосфери.

Найбільш істотний вплив умови погоди надають на випадання радіоактивних речовин з атмосфери і формування радіоактивного сліду на місцевості. У цьому основний вплив надає швидкість і напрямок вітру на висотах. Впливають також опади і хмарність. Під впливом усіх цих величин форма радіоактивного сліду і характер забруднення місцевості можуть бути дуже складними.

Вплив метеорологічних умов на поведінку отруйних речовин.

Найбільший вплив на уражаючі властивості отруйних речовин і характер зараження здійснюють: вертикальна стійкість повітря, швидкість і напрямок приземного вітру, температура повітря і поверхні ґрунту.

Вертикальна стійкість повітря основний вплив здійснює на інтенсивність розсіювання концентрації парів і тонкодисперсних аерозолів отруйних речовин, які здійснюють ураження через органи дихання, при їх поширенні за вітром. При *інверсії* цей процес протікає порівняно повільно, а хмара зараженого повітря поширюється на велику відстань. При *конвекції*, навпаки, концентрація пару і аерозолів отруйних речовин швидко зменшується, а хмари зараженого повітря поширюються на невелику глибину.

Аналогічний вплив надає вертикальна стійкість повітря і на поширення вторинної хмари парів отруйних речовин.

На глибину поширення хмари зараженого повітря впливає також і швидкість приземного вітру. З її збільшенням зростає турбулентність і прискорюється процес розсіювання концентрації парів (аерозолів) отруйних речовин, що призводить до зменшення глибини поширення зараженого повітря.

Дощі сприяють інтенсивному розсіюванню концентрації парів (аерозолів) отруйних речовин за рахунок їх вимивання з повітря. Найбільш сильно впливають зливові дощі, при яких глибина поширення хмари зараженого повітря істотно скорочується.

Вертикальна стійкість впливає тільки на поширення вторинного зараженого повітря, що утворилося в результаті випаровування крапель отруйних речовин, що потрапили на місцевість. При дощі буде скорочуватися стійкість отруйних речовин на місцевості.

Метеорологічні умови впливають на результати застосування біологічної зброї.

Відомо, що найбільш ефективним способом застосування біологічних засобів вважається зараження приземного шару повітря шляхом створення біологічного аерозолю. Крім того, можливе розсіювання заражених переносників (комах, кліщів і гризунів). В останньому випадку вплив умов погоди відносно невеликий та обмежується їх дією на життєдіяльність самих переносників, що досить чуттєві до різних змін зовнішнього середовища. При низьких температурах, різких змінах відносної вологості повітря кровососні переносники втрачають активність і гинуть.

На ефективність біологічного аерозолю найбільш важливим метеорологічним фактором є вертикальна стійкість повітря, швидкість вітру, опади, температура і вологість повітря, пряма сонячна радіація.

Вертикальна стійкість повітря і швидкість вітру впливають на ступінь розсіювання повільно, а хмара зараженого повітря поширюється на велику відстань. Конвекція негативно впливає на стійкість біологічного аерозолю. При слабких приземних вітрах інтенсивність розсіювання біологічного аерозолю невелика, що сприяє його глибокому поширенню.

Дощі приводять до вимивання часток аерозолю з повітря, зменшують їх концентрацію та у залежності від їх інтенсивності поширення біологічного аерозолю буде значно менше, ніж у суху погоду.

На життєздатність патогенних мікроорганізмів в аерозолі значно впливає пряма сонячна радіація. Під впливом ультрафіолетових променів сонячного спектра зростає ступінь інактивації (загибелі) мікроорганізмів.

Для оцінки впливу метеорологічних умов на стійкість і ефективність біологічного аерозолю можна скористатися даними, приведеними в табл. 9.2.

Таблиця 9.2.

Оцінка впливу умов погоди на стійкість і ефективність біологічного аерозолю

сприятливі	середні	малосприйнятливі
<ul style="list-style-type: none"> – інверсія або ізотермія; – швидкість вітру 1-4 м/с; – відсутність прямої сонячної радіації; – відсутність опадів; – температура повітря нижче +10°C; – відносна вологість повітря 50-70%. 	<ul style="list-style-type: none"> – ізотермія; – швидкість вітру 5-8 м/с; – сильно ослаблена сонячна радіація (хмари типу тонких висококучових); – дощ, що мрячить або слабкий обложний; – температура повітря від +10°C до +25°C – відносна вологість повітря 70-95 % або 30-50 % 	<ul style="list-style-type: none"> – конвекція; – швидкість вітру більше 8 м/с або менше 1 м/с; – наявність прямої сонячної радіації; – зливовий або сильний обложний дощ; – температура повітря вище +25°C – відносна вологість повітря більш 95% або менше 30%

Примітка: 1. Для умов малосприйнятливих досить одного з перерахованих факторів.

2. Для умов сприятливих необхідно одночасне дотримання всіх перерахованих факторів.

Перелік умов погоди, що визначають ступінь їх сприятливості для застосування хімічної зброї, приведений у табл. 9.3.

Таблиця 9.3.

Оцінка впливу умов погоди на застосування противником хімічної зброї

Метеорологічні умови		
сприятливі	середні	малосприйнятливі
Ураження парами (аерозолями) ОР через органи дихання		
<ul style="list-style-type: none"> – інверсія або ізотермія; – швидкість вітру 1-4 м/с; – відсутність опадів; – температура повітря вище точки замерзання отруйних речовин. 	<ul style="list-style-type: none"> – ізотермія; – швидкість вітру 4-7 м/с; – дощ, що мрячить або слабкий обложний дощ; – температура повітря нижче точки замерзання отруйних речовин. 	<ul style="list-style-type: none"> – конвекція; – швидкість вітру більше 7 м/с; – зливовий або сильний обложний дощ; – температура повітря нижче точки замерзання отруйних речовин.
Ураження краплями отруйних речовин через шкірні покриви		
<ul style="list-style-type: none"> – швидкість вітру 1-4 м/с; – відсутність опадів; – температура повітря вище точки замерзання отруйних речовин; – відсутність сніжного покриву (для боєприпасів ударної дії) 	<ul style="list-style-type: none"> – швидкість вітру 4-8 м/с; – дощ, що мрячить або слабкий обложний дощ; – температура повітря вище точки замерзання отруйних речовин; – сніжний покрив до 25-30 см (для боєприпасів ударної дії) 	<ul style="list-style-type: none"> – швидкість вітру більше 8 м/с або менше 1 м/с; – зливовий або сильний обложний дощ; – температура повітря нижче точки замерзання отруйних речовин; – сніжний покрив більше 30 см (для боєприпасів ударної дії)

Примітка: 1. Для умов малосприйнятливих досить одного з перерахованих метеофакторів.
 2. Для умов сприятливих необхідно одночасне дотримання всіх перерахованих метеофакторів.

Висновок

Організація захисту людей від зброї масової ураження, наслідків аварій на потенційно небезпечному об'єкті в значній мірі залежать від умов погоди. Від метеорологічних умов залежить положення радіоактивного сліду при аваріях на АЕС, його розміри і форма. Умови погоди впливають на стійкість отруйних речовин на місцевості, на глибину поширення хмари зараженого повітря на вибір засобів і способів спеціальної обробки.

Лекція № 10

Тема лекції: „ Основні властивості отруйних речовин ”

План лекції

1. Класифікація отруйних речовин.
2. Основні властивості отруйних речовин, характер зараження об'єктів, способи виявлення.
3. Антидоти і порядок їхнього використання. Само і взаємодопомога при ураженні отруйними речовинами.
4. Визначення дії сильнодіючих отруйних хімічних речовин.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
3. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.5. Небезпечні хімічні речовини та заходи захисту від них. / за загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2010. – 472 с.
4. Радіаційний, хімічний та біологічний захист: конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с.

1. Класифікація отруйних речовин

Хімічною зброєю називають такі засоби бойового застосування, уражаючі властивості яких засновані на токсичному впливі отруйних речовин на організм людини.

Хімічна зброя вперше була застосована в роки першої світової війни. Ця нова зброя за розмірами нанесених військам воюючих сторін втрат у живій силі була віднесена до зброї масового ураження. В роки другої світової війни отруйні речовини на фронті не застосовувалися.

До бойових властивостей хімічної зброї, що відображає її специфічні особливості, відносяться: характер уражаючої дії на живий організм; здатність отруйних речовин (ОР) проникати в укриття, техніку, будинки, споруди та уражати незахищених людей, які знаходяться там; тривалість впливу через здатність ОР зберігати визначений час свої уражаючі властивості на місцевості, техніку та у атмосфері; труднощі своєчасного виявлення факту застосування ОР; можливість управління характером і ступенем ураження людей; необхідність використання для захисту і ліквідації наслідків застосування ОР великого комплексу спеціальних засобів хімічної розвідки, індивідуального і колективного захисту, дегазації, санітарної обробки, антидотів.

Отруйні речовини, знаходячись у бойовому стані, уражають організм людини через органи дихання, слизисті оболонки очей і носоглотки, шкірні покриви і рани від осколків хімічних боєприпасів, у результаті вживання заражених продуктів харчування і води. Під ураженням в даному випадку розуміють усяке порушення нормальної життєдіяльності організму, викликане дією ОР, починаючи від тимчасового подразнення окремих органів (очей, дихальних шляхів) і закінчуючи загальним функціональним розладом організму або смертельним результатом.

Класифікація отруйних речовин.

Найбільш широке поширення одержала класифікація, заснована на розподілі відомих отруйних речовин (ОР) за тактичним призначенням і фізіологічною дією на організм.

За тактичним призначенням ОР розподіляються на групи по характеру їх уражаючої дії: смертельні, такі, що тимчасово виводять людей з ладу, подразливі і навчальні.

За фізіологічною дією ОР на організм розрізняють (рис. 10.1); нервово-паралітичної дії, які також називають фосфорорганічними ОР, тому що в складі їхніх молекул міститься фосфор; шкірнонаривної дії, загальотрутною дії, ОР задушливої дії, психохімічні, подразливої дії.

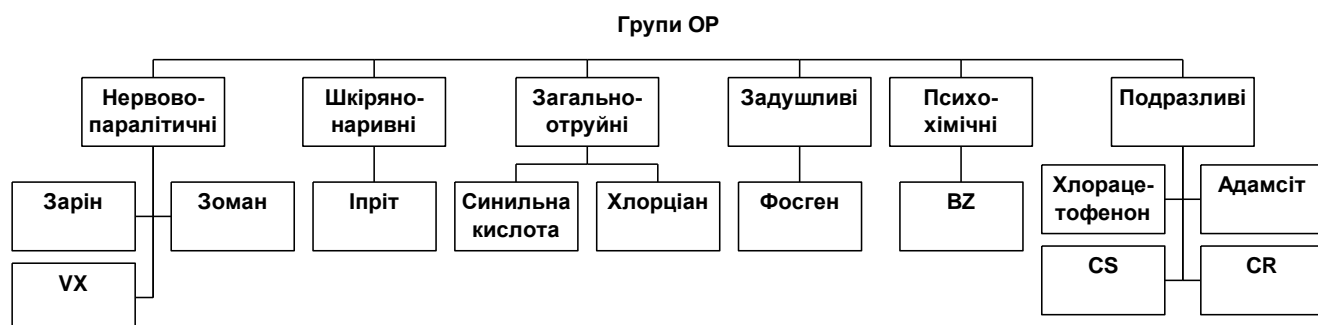


Рис. 10.1. – Класифікація отруйних речовин за дією на організм людини.

За швидкістю початку уражаючої дії розрізняють: швидкодіючі ОР, що не мають періоду прихованої дії, і повільнодіючі ОР, що володіють періодом прихованої дії.

У залежності від тривалості збереження уражаючої здатності ОР смертельної дії підрозділяють на дві групи: стійкі ОР, що зберігають свою уражаючу дію на протязі декількох годин і днів; нестійкі ОР, уражаюча дія яких зберігається кілька десятків хвилин після їхнього застосування. Деякі ОР у залежності від способу та умов застосування можуть поводитися як стійкі і нестійкі ОР.

У залежності від рівня виробництва їх, крім того, розділяють на групи: *табельні* отруйні речовини – ОР, що є на озброєнні, і *резервні* ОР – токсичні речовини, що у нинішній час не виробляються, але при необхідності можуть бути виготовлені хімічною промисловістю в достатній кількості.

2. Основні властивості отруйних речовин, характер зараження об'єктів, способи виявлення

До отруйних речовин смертельної дії, що призначені для ураження або виведення з ладу живої сили на тривалий термін, відносяться: GB (зарин), GD (зоман), VX (Ві-Ікс), HD (перегнаний іприт), HN (азотистий іприт), AC (синильна кислота), СК, (хлорціан), CG (фосген).

Отруйні речовини *нервово-паралітичної дії*, зарин, зоман, VX, що уражають нервову систему, попадають в організм через органи дихання, шкірні покриви і тракт травлення. Крім того, вони викликають сильне звуження зіниць очей (міоз). Для захисту від них необхідний не тільки протигаз, але і засоби індивідуального захисту шкіри.

Зарин – це безбарвна або жовтувата летуча рідина майже без запаху. У зимку не замерзає. Змішується з водою та органічними розчинниками в будь-яких співвідношеннях і добре розчиняється в жирах. Він стійкий до дії води, чим обумовлюється зараження джерел води на тривалий час, при звичайній температурі швидко руйнується розчинами лугів і аміаку. При влученні на шкіру людини, обмундирування, взуття, дерево та інші пористі матеріали, а також на продукти харчування зарин швидко в них усмоктується.

Дія зарину на організм людини. Отруєння розвивається швидко, без періоду схованої дії. При впливі смертельних доз спостерігається: звуження зіниць (міоз), виділення слини, утруднення дихання, рвота, порушення координації руху, втрата свідомості, приступи сильних судорог, параліч і смерть. Несмертельні дози зарину викликають ураження різного ступеня тяжкості в залежності від отриманої дози. При невеликій дозі відбувається тимчасове ослаблення зору (міоз) і стиснення в грудях; явища такого отруєння поступово проходять.

Зарин застосовується насамперед для ураження живої сили артилерією нанесенням вогневих нальотів (залпів), ракетами і тактичною авіацією. Пари зарину при середніх метеорологічних умовах можуть поширюватися по вітру до 20 км від місця застосування.

Виявлення парів зарину в повітрі і на місцевості здійснюється за допомогою військового приладу хімічної розвідки (ВПХР) індикаторною трубкою з червоним кільцем і крапкою. На місцевості і місцевих предметах краплі зарину по зовнішніх ознаках знайти неможливо.

По ступені токсичності зарин є одною із сильнодіючих ОР. Концентрація його парів 0,02-0,05 г/м³ при вдиханні протягом 2-5 хв. може призвести до смертельного ураження; перебування без протигазу при концентрації зарину 0,0002-0,0003 г/м³ протягом 2 хв. приводить до звуження зіниць і утрудненню дихання, а протягом 15 хв. – до тяжкого отруєння (можливий смертельний результат). Безпечною концентрацією парів зарину вважається 0,0000005 г/м³. У районі розриву боєприпасів із зарином і в безпосередній близькості від нього можуть створюватися такі концентрації ОР, що одного подиху досить, щоб

одержати ураження. Тому при розриві боєприпасів поблизу необхідно негайно затаїти дихання, закрити очі, надягти протигаз і зробити різкий видих.

Зарин застосовується для зараження повітря (парами, туманом), однак деяка частина його при розриві боєприпасів залишається на місцевості у виді крапель (особливо в воронках від боєприпасів, що розірвалися.). Тому знаходиться без протигазів на ділянках, де застосовувалися боєприпаси з зарином, можливо літом лише через кілька годин, зимою – через 1-2 доби.

При діях підрозділів на техніці, в атмосфері зараженій зарином, особовий склад повинний використовувати протигаз, а при діях на зараженій місцевості в пішому порядку, крім того, надіваються захисні панчохи. При застосуванні противником зарину по об'єктах, розташованих у лісі, у низинах, особливо вночі і при відсутності вітру, можуть утворюватися великі концентрації його парів, тому при тривалому перебуванні в такому районі для захисту необхідно використовувати не тільки протигаз, але і захисний комплект у виді комбінезона.

Крім засобів індивідуального захисту для захисту особового складу від ураження зарином та іншими фосфор-органічними речовинами (ФОР) використовуються колективні засоби захисту: герметичні пересувні об'єкти (танки, БМП і ін.), укриття, а також підбрустверні бліндажі, перекриті щілини і ходи сполучення, що захищають від крапель і аерозолів. Пересувні об'єкти і укриття обладнуються фільтровентиляційними комплектами, що забезпечують перебування особового складу в них без засобів індивідуального захисту.

Пари зарину здатні адсорбуватися обмундируванням і після виходу з зараженого повітря знову випаровуватися, заражаючи чисте повітря. Це особливо небезпечно при вході в закриті приміщення і укриття.

Зоман – безбарвна і майже без запаху рідина, по своїх властивостях дуже схожа на зарин; діє на організм людини, як зарин, але токсичніше в 5-10 разів. Засоби застосування, виявлення і дегазації зоману, а також засоби захисту від нього ті ж, що і при застосуванні зарину.

Особливість зоману полягає в тому, що він заражає місцевість на більш тривалі терміни, ніж зарин. Небезпека смертельного ураження на місцевості, зараженої зоманом, зберігається влітку до 10 г (у місцях розривів боєприпасів – до 30 г), узимку – до 2-3 діб, а небезпека міотичного ураження влітку – до 2-4 діб, узимку – до 2-3 тижнів. Пари зоману в небезпечних концентраціях можуть поширюватися по вітру на десятки кілометрів від місця застосування. Озброєння і військова техніка, заражені краплями зоману, після її дегазації може експлуатуватися без засобів захисту шкіри, але становить небезпеку ураження через органи дихання.

VX – малолетюча безбарвна рідина, що не має запаху і не замерзаюча узимку. Місцевість, заражена *VX*, залишається небезпечною для ураження шкірно-резорбтивним шляхом улітку до 7-15 діб, а узимку – на весь період до початку тепла. Воду заражає на дуже тривалий термін.

Основний бойовий стан *VX* – аерозоль. Аерозолі, утворені вибухом артилерійських снарядів і касетних елементів або авіаційних боєприпасів, заражають приземні шари повітря і поширюються по напрямку вітру на значну

глибини (до 5-20 км); вони уражають живу силу через органи дихання, відкриті ділянки шкіри і звичайне літнє армійське обмундирування, а також заражають місцевість, озброєння, військову техніку і відкриті водойми. Аерозолі, утворені боєприпасами виливного типу, найбільш ефективно уражають через відкриті ділянки шкіри і звичайне літнє армійське обмундирування. Імпрегніроване (просочене спеціальним складом) обмундирування надійне захищає від аерозолів VX.

Токсичність VX по дії через органи дихання вище зарину в 10 разів, а в крапельнорідкому стані через оголену шкіру – у сотні разів. Для смертельного ураження через оголену шкіру і при влученні усередину організму з водою і їжею досить 2 мг ОР.

Симптоми ураження через органи дихання аналогічні тим, що викликаються зарином. При ураженні аерозолем VX через шкіру симптоми отруєння можуть виявлятися не відразу, а через якийсь час – до декількох годин. При цьому з'являється посмикування м'язів в місці потрапляння ОР, потім – судороги, м'язова слабкість і параліч. Крім того, можуть спостерігатися утруднення дихання, слинотеча, гноблення центральної нервової системи.

Засоби виявлення, захист і перша допомога від VX ті ж, що і для зарину. Крім того, для виявлення VX в аерозольному стані використовується плівка АП-1.

При зараженні особового складу крапельнорідкими ОР і їхніми аерозолями необхідно негайно провести дегазацію відкритих ділянок тіла за допомогою індивідуального протихімічного пакету (ІПП) і замінити заражене обмундирування. Озброєння і військова техніка, заражені краплями VX, становлять небезпеку влітку протягом 1-3, узимку – 30-50 діб. Після дегазації озброєння і військової техніки небезпека ураження через органи дихання виключається, але можливе ураження при контакті з незахищеними ділянками тіла за рахунок ОР, що всмокталася у фарбу, дерево, гуму, а потім виступила на поверхню. Дегазація озброєння і військової техніки, заражених VX, здійснюється дегазуючим розчином № 1, дегазуючою рецептурою РД або водяними суспензіями гіпохлоритів кальцію.

Шкірно-наривні отруйні речовини (основною ОР шкірно-наривної дії є іприт).

Іприт (перегнаний) – безбарвна або світло-жовта рідина зі слабким запахом, важче води. При температурі близько 14°C замерзає. Технічний іприт має темно-буре забарвлення і сильний запах, що нагадує запах часнику або гірчиці.

На повітрі іприт випаровується повільно. У воді він розчиняється погано; добре розчиняється в спирті, бензині, гасі, ацетоні та інших органічних розчинниках, а також у різних оліях і жирах. Легко усмоктується в дерево, шкіру, тканини і фарбу.

У воді іприт розкладається повільно, довго зберігаючи свої уражаючі властивості; при нагріванні розкладання йде швидше. Водяні розчини гіпохлоритів кальцію руйнують іприт.

Іприт має багатобічну дію. Він уражає шкіру та очі, дихальні шляхи і легені. При влученні в шлунково-кишковий тракт із їжею і водою при дозі 0,2 г викликає смертельне отруєння. Іприт має період схованої дії і кумулятивний ефект.

Іприт може застосовуватися в хімічних авіаційних бомбах, виливних авіаційних приладах, артилерійських снарядах і мінах, хімічних фугасах для нанесення ураження особовому складу шляхом зараження повітря (парами, аерозолем) або краплями ОР, а також для зараження місцевості, озброєння і військової техніки.

Наявність парів іприту визначається за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з жовтим кільцем, ступені зараження зазначені на етикетці касети.

Для захисту від іприту використовуються протигаз і засоби захисту шкіри: загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК) і загальновійськовий комплексний захисний костюм (ЗКЗК). Для захисту від парів іприту застосовується протигаз і ЗКЗК, а від крапельнорідкого іприту – протигаз і ЗЗК (при плащі, надягнутому в рукава або у виді комбінезона).

Крім засобів індивідуального захисту від шкірно-наривних ОР використовуються засоби колективного захисту і фортифікаційні споруди.

При влученні крапель іприту на шкіру або обмундирування проводиться обробка заражених місць за допомогою ІПП. Очі промивають 2% розчином питної соди або чистою водою. Рот і носоглотку прополіскують також 2% розчином питної соди (чистою водою).

Для дегазації озброєння і військової техніки, заражених іпритом, застосовуються дегазуючий розчин № 1, дегазуюча рецептура РД, водяні суспензії і кашки гіпохлоритів кальцію; можуть бути використані розчинники і водяні розчини миючих речовин; дегазація здійснюється за допомогою дегазаційних машин і різних дегазаційних комплектів.

Місцевість, окопи, траншеї та інші споруди дегазуються водяними суспензіями і кашками гіпохлоритів кальцію.

Білизна, обмундирування і спорядження дегазуються кип'ятінням у бучильних установках, а також гарячим повітрям або пароповітряно-аміачною сумішшю в спеціальних дегазаційних машинах.

Продукти, фураж, жири та олії, заражені крапельнорідким іпритом, до вживання непридатні і підлягають знищенню. Вода, заражена іпритом, знешкоджується в спеціальних установках.

До числа ОР *загальноотрутною дії* відносяться синильна кислота і хлорціан. Вони відносяться до резервних ОР.

Синильна кислота – безбарвна рідина, що швидко випаровується з запахом гіркої мигдалю. На відкритій місцевості швидко випаровується (за 10-15 хв.); на метали і тканини не діє. Вона може застосовуватися в хімічних авіаційних бомбах великого калібру. У бойових умовах на організм діє тільки при вдиханні зараженого повітря, уражаючи кровоносну і центральну нервову системи.

При вдиханні парів синильної кислоти з'являється присмак металу в роті, роздратування горла, запаморочення, слабкість, почуття страху. При важкому отруєнні симптоми підсилюються і, крім того, з'являється болісна задишка, сповільнюється пульс, розширюються зіниці, настає утрата свідомості, з'являються сильні судороги, відбувається мимовільне відділення сечі і калу. У цій стадії судорожна напруга м'язів змінюється їх повним розслабленням, дихання стає поверхневим; ця стадія закінчується зупинкою дихання, паралічем серцевої діяльності і смертю.

Виявлення синильної кислоти здійснюється за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з трьома зеленими кільцями.

Засобом захисту від синильної кислоти є протигаз.

Синильна кислота не заражає місцевість, озброєння і військову техніку. При зараженні приміщень і закритих об'єктів їх необхідно провітрити. Харчові продукти, заражені синильною кислотою, після провітрювання можна вживати.

Хлорціан – безбарвна, більш летуча, ніж синильна кислота, рідина з різким неприємним запахом. По своїм токсичним властивостях хлорціан аналогічний синильній кислоті, але на відміну від неї подразнює, крім того, верхні дихальні шляхи та очі.

Засоби застосування, захисту, виявлення ті ж, що і для синильної кислоти.

Отруйні речовини (ОР) *задушливої дії*. Основним представником цієї групи ОР є фосген. Відноситься до резервних ОР.

Фосген – безбарвний газ, важче повітря, із запахом, що нагадує запах прілого сіна або гнилих фруктів. Погано розчиняється у воді, добре в органічних розчинниках. На метали при відсутності вологи не діє, у присутності вологи викликає іржавіння.

Фосген – типова нестійка ОР, застосовується для зараження повітря. Хмара зараженого повітря, що утворюється при розриві боєприпасів може зберігати уражаючу дію не більше 15-20 хв.; у лісі, ярах і інших укритих від вітру місцях при наявності інверсії можливий застій зараженого повітря і збереження уражаючої дії до 2-3 г.

Фосген діє на органи дихання, викликаючи гострий набряк легень, що веде до різкого порушення надходження кисню в організм і приводить до смерті.

Фосген має кумулятивну дію. Перші ознаки ураження (слабке подразнення очей, сльозотеча, запаморочення, загальна слабкість) зникають з виходом із зараженої атмосфери – настає період схованої дії (4-5 г), протягом якого розвивається ураження легеневої тканини. Потім стан ураженого різко погіршується: з'являється кашель, посиніння губ і щік, головний біль, задишка. Спостерігається підвищення температури тіла до 39°C. Смерть настає в перші дві доби від набряку легень. При високих концентраціях фосгену (>40 г/м³) смерть настає практично миттєво.

Фосген виявляється за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з трьома зеленими кільцями.

Захист від фосгену – загальновійськовий протигаз. При ураженні фосгеном на ураженого необхідно надягти протигаз, винести його з атмосфери ОР, створити спокій і попередити охолодження організму; штучне дихання проводити забороняється. Необхідно швидше доставити ураженого на пункт медичної допомоги.

Дегазація фосгену в польових умовах не потрібна; при зараженні приміщень і закритих об'єктів їх необхідно провітрити.

Воду фосген практично не заражає. Продукти, які підпали впливу парів фосгену, після провітрювання (до зникнення запаху) або після термічної обробки придатні до вживання.

ОР, що *тимчасово виводять з ладу* з'явилися порівняно недавно. До них відносяться психохімічні речовини, що діють на нервову систему і викликають психічні розлади.

VZ – кристалічна речовина білого кольору, без запаху, бойовий стан – аерозоль (дим). У бойовий стан переводиться способом термічної сублимації. *VZ* споряджаються авіаційні хімічні бомби, касети, шашки. Незахищених людей уражає через органи дихання і шлунково-кишковий тракт. Період схованої дії 0,5-3 г у залежності від дози. При ураженні *VZ* порушуються функції вестибулярного апарату, починається рвота. У подальшому, приблизно протягом 8 г, з'являється заціпеніння, загальмованість мови, після чого настає період галюцинацій і збудження.

Аерозолі *VZ*, поширюючись по вітру, осідають на місцевість, обмундирування, озброєння і військову техніку, викликаючи їх стійке зараження.

Захист від *VZ* – протигаз. Дегазація озброєння і військової техніки, заражених *VZ*, може здійснюватися обробкою водяними суспензіями ГК, а також змиванням водою, розчинниками і розчинами миючих речовин. Обмундирування підлягає витрушуванню і пранню.

Виявлення *VZ* здійснюється за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з коричневим кільцем.

До ОР *подразнюючої дії* відносяться *адамсит* (ДМ), *хлорацетофенон* (CN), *Си-Ес* (CS) і *Си-Ар* (CR).

Подразнюючі ОР використовуються в основному для поліцейських цілей. Високотоксичні подразнюючі ОР (наприклад, CS і CR) можна застосовувати в бойовій обстановці для виснаження живої сили противника.

Си-Ес (CS) – біла або світло-жовта кристалічна речовина, помірно розчинна у воді, добре розчинна в ацетоні і бензолі, при малих концентраціях подразнює очі (у 10 разів сильніше хлорацетофенону) і верхні дихальні шляхи, при великих концентраціях викликає опіки відкритих ділянок шкіри і параліч органів дихання. При концентраціях $5 \cdot 10^{-3}$ г/м³ особовий склад виходить з ладу миттєво. Симптоми ураження: печіння і біль в очах і в грудях, сльозотеча, нежить, кашель. При виході з зараженої атмосфери симптоми поступово проходять протягом 1-3 г.

Застосовуватися CS може у виді аерозолу (дим) за допомогою авіаційних бомб і касет, артилерійських снарядів, мін, генераторів аерозолів, ручних гранат і патронів. Бойове застосування здійснюється у виді рецептур CS-1 і CS-2. CS-1 – практично чиста речовина, зберігається на місцевості близько 14 діб, а CS-2 – рецептура більш стійка і зберігається до 30 діб за рахунок того, що кожна частка чистого CS покрита водовідштовхувальною плівкою із силікону.

Виявлення CS здійснюється за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з трьома білими кільцями або трубкою з двома білими кільцями і білою крапкою.

Захист від CS – протигаз і укриття з фільтровентиляційним устаткуванням.

Cu-Ap (CR) – ОР подразливої дії, значно токсичніше CS. Це тверда речовина, слабо розчинна у воді. Володіє сильною подразливою дією на шкіру людини.

Засоби застосування, ознаки ураження і захист ті ж, що і для CS. Виявлення CR здійснюється за допомогою ВПХР індикаторною трубкою з одним білим кільцем і білою крапкою.

При ураженні ОР подразливої дії очі не слід терти; необхідно вийти з зараженої атмосфери, стати обличчям до вітру, промити очі і прополоскати рот водою або 2% розчином питної соди.

В даний час на озброєння ряду армії прийняті бінарні боеприпаси з ОР типу зарин і VX, що одержали позначення GB-2 і VX-2. У цих боеприпасах два компоненти ОР споряджаються роздільно, ОР утвориться в період доставки боеприпасів до цілі.

3 Антидоти і порядок їхнього використання. Само і взаємодопомога при ураженні отруйними речовинами

Антидоти – це лікарські речовини, що сприяють знешкодженню або видаленню отруйних речовин з організму.

Як антидоти можуть використовуватися атропін і деякі інші речовини. Атропін, наприклад, здатний нейтралізувати до однієї смертельної дози отруйної речовини нервово-паралітичної дії. Антидоти застосовуються особовим складом самостійно з появою перших ознак ураження отруйними речовинами, або за розпорядженням командира підрозділу.

Антидот у виді розчину поміщений у шприц-тюбик однократного або багаторазового використання, вводиться під шкіру ураженому отруйною речовиною.

Перша допомога може мати різноманітний характер і залежить від ОР, що викликала ураження. Однак існує одне загальне правило, якого необхідно дотримуватися при ураженні будь-якою ОР: необхідно негайно надягти на постраждалого протигаз і вивести (винести) його з зараженої зони.

При ураженні нервово-паралітичними ОР до першої допомоги в порядку само і взаємодопомоги слід прибігати в можливо ранній термін, як тільки

з'явився міоз або відчуття тяжкості у грудях. Перша допомога складається з таких послідовно проведених заходів: у порядку самопомоги необхідно негайно надягти протигаз, якщо він не був надітий; швидко ввести антидот зі шприц-тюбика з червоним ковпачком; при влученні ОР на відкриті частини тіла або обмундирування якнайшвидше обробити їх за допомогою ППП; у випадку ослабленого, утрудненого дихання або його зупинки зробити штучне дихання; при значній слабості потерпілого направити його із супровідним до санітарного інструктора або до найближчого медичного пункту.

При сильному ураженні нервово-паралітичними ОР, коли присутня слинотеча, рясне потовиділення, запаморочення і сильні судороги, допомогу ураженому повинен надати в порядку взаємодопомоги інший військовослужбовець, швидко надягти на постраждалого протигаз і шприц-тюбиком з червоним ковпачком ввести антидот, при різко ослабленому диханню або його повній зупинці необхідно здійснити штучне дихання.

При ураженні іпритом надання само і взаємодопомоги проводиться в такій послідовності: надягають протигаз; обробляють заражені ділянки шкіри і обмундирування за допомогою ППП; при отруєнні зараженою водою або їжею викликають блювоту після виведення з зараженої ділянки.

При ураженні синильною кислотою необхідно швидко надягти протигаз, а потім застосувати антидот. Ампулу з антидотом попередньо необхідно роздавити і після цього ввести під шолом-маску.

Порядок само і взаємодопомоги при ураженні фосгеном: надягти протигаз; винести ураженого з зараженої зони і укрити від холоду, забезпечити спокій і тепло. При ураженні ОР задушливої дії штучне дихання проводити забороняється.

Порядок само і взаємодопомоги при ураженні ОР подразливої дії: надягти протигаз; застосувати ампулу з протидимовою сумішшю.

4. Визначення дії сильнодіючих отруйних хімічних речовин

Основні визначення.

Розглянемо основні визначення дії отруйних хімічних речовин:

- *гостре отруєння* – отруєння, яке спричинюється нетривалою дією відносно великих кількостей шкідливих речовин і характеризується яскравим типовим проявленням під час дії або через невеликий (декілька годин) прихований (латентний) період, виникає в результаті аварій, пошкодження обладнання і грубих порушень технології;

- *гранично допустима концентрація хімічної речовини у повітрі робочої зони, мг/м³, (ГДК р.з.)* – найвища концентрація хімічної речовини у повітрі р.з., за якої при повсякденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год. або при іншій тривалості, але не більше 41 год. на тиждень, протягом всього робочого стажу вплив хімічної речовини не може викликати захворювань або відхилень в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень, в процесі роботи або в подальші періоди життя теперішнього і майбутніх поколінь;

- *гранично допустима концентрація середньодобова*, мг/м³, (ГДК с.д.) – найвища концентрація хімічної речовини у повітрі населених міст за якої ця речовина не повинна справляти на людину прямої чи іншої шкідливої дії при невизначено тривалому (роками) вдиханні;

- *гранично допустима максимальна разова концентрація хімічної речовини у повітрі населених пунктів*, мг/м³, (ГДК м.р.) – максимальна концентрація хімічної речовини у повітрі, за якої ця речовина при вдиханні протягом 30 хв. не повинна викликати змін у здоров'ї людини;

- *клас небезпеки* – класифікаційна характеристика шкідливих речовин за ступенем дії на організм; встановлено 4 класи небезпеки шкідливих речовин: 1 - речовини надзвичайно небезпечні; 2 - речовини високонебезпечні; 3 - речовини помірно небезпечні; 4 - речовини малонебезпечні.

- *коефіцієнт розчинності* – освальдівський коефіцієнт розчинності, тобто відношення концентрації речовини у рідкій фазі до концентрації його у газовій фазі;

- *опік першого ступеню* – опік, який характеризується почервонінням, припухлістю шкіри і хворобливістю;

- *опік другого ступеню* – опік, який характеризується появою пухирів; можливе нагноєння;

- *опік третього ступеню* – опік, який характеризується глибокими пошкодженнями; виникають ділянки змертвіння (некрози) тканини;

- *опік четвертого ступеню* – опіки, які характеризуються ураженням глибоких тканин. При опіках хімічними речовинами, які здатні прилипати до шкіри (горючі смоли, жовтий фосфор та ін.), виникає ще й небезпека загального отруєння організму;

- *порогова концентрація* – мінімальна ефективна концентрація речовини, за якої вплив цієї речовини може викликати відчутний фізіологічний ефект; при цьому уражені відчувають тільки первинні ознаки ураження і зберігають працездатність;

- *робоча зона (р.з.)* – елемент простору висотою 2 м над рівнем підлоги або майданчика, де знаходяться місця постійного або тимчасового перебування робітників;

- *середня смертельна доза при потраплянні у шлунок*, мг/кг, (Л.Д. 50 шл.) – доза речовини, віднесена до 1 кг маси тварини, яка викликає загибель 50 % тварин при одноразовому введенні в шлунок;

- *середня смертельна доза при потраплянні на шкіру*, мг/кг, (Л.Д. 50 шк.) – доза речовини, віднесена до 1 кг маси тварини, яка викликає загибель 50 % тварин при одноразовому нанесенні на шкіру;

- *середня смертельна концентрація в атмосферному повітрі*, мг/м³, (Л.К. 50) – концентрація речовини в повітрі, за якої настає загибель 50 % тварин при 2-4 - годинній інгаляційній дії;

- *сильнодіюча отруйна речовина (СДОР)* – хімічна речовина, що використовується в народногосподарчих цілях, яка в разі виливання або викиду може призвести до забруднення повітря в уражаючих концентраціях;

- *шкідлива речовина (ш.р.)* – речовина, яка при контакті з організмом людини у випадках порушення вимог безпеки спроможна викликати професійні захворювання, травми на виробництві або відхилення в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами як в процесі роботи, так і в віддалені періоди життя теперішнього і майбутніх поколінь.

Класифікація небезпечності речовин.

Клас безпеки шкідливих речовин встановлюють в залежності від норм показників, які наведено в таблиці 10.1. Віднесення речовини до класу небезпеки здійснюють за показником, значення якого відповідає найвищому класу небезпеки.

Таблиця 10.1.

Класифікація небезпечності речовин за ступенем дії на організм людини

Показник	Норми для класу небезпеки			
	1	2	3	4
ГДК СДОР в повітрі робочої зони, мг/м ³	до 0,1	0,1-1	1,1-10	більше 10
середня смертельна доза при потраплянні в шлунок, мг/кг	до 15	15-150	151-5000	більше 5000
середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг	до 100	100-500	501-2500	більше 2500
середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	до 500	500-5000	5001-50000	більше 50000
коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння (КМІО)	більше 300	300-30	29-3	до 3

Хронічне отруєння – отруєння, що виникає поступово внаслідок тривалої дії шкідливих речовин, які потрапляють в організм у відносно невеликих кількостях. Воно розвивається внаслідок накопичення шкідливої речовини в організмі (матеріальна кумуляція) або викликаних ним змін (функціональна кумуляція). У таблиці 10.2 наведено класифікацію шкідливих речовин за ознаками отруєння.

Таблиця 10.2.

Класифікація шкідливих речовин за ознаками отруєння

Група речовин	Ознаки отруєння
Нервові - вуглеводні, спирти жирного ряду, анілін, сірководень, тетраетилсвинець, трикрезилфосфат, аміак, фосфорорганічні сполуки та ін.	Викликають порушення функцій нервової системи, судоми, параліч.
Подразнюючі - хлор, аміак, діоксид сірки, тумани кислот, оксиди азоту, фосген, дифосген, ароматичні вуглеводні та ін.	Уражають верхні і глибокі дихальні шляхи.
Припікаючи і подразнюючі шкіру і слизові оболонки - неорганічні кислоти, луги, деякі органічні кислоти, ангідриди та ін.	Уражають шкіру, викликають утворення наривів, виразок.
Ферментні - ціанідна кислота та її сполуки, арсен і його сполуки, солі ртуті, фосфорорганічні сполуки.	Порушують структуру ферментів, інактивують їх.

Печінкові - хлоровані вуглеводні, бромбензол, фосфор, селен.	Викликають структурні зміни тканини печінки.
Кров'яні - оксид вуглецю, гомологи бензолу, ароматичні смоли, свинець і його неорганічні сполуки та ін.	Інгібують дію ферментів, які задіяні в активації кисню, взаємодіють з гемоглобіном крові.
Мутагени - етиленімін, оксиди етилену, деякі хлоровані вуглеводні, сполуки свинцю, ртуті та ін.	Діють на генетичний апарат клітини.
Алергени - деякі сполуки нікелю, похідні піридину, алкалоїди та ін.	Викликають зміни в реактивній спроможності організму.
Канцерогени - кам'яновугільна смола, 3,4-бензпірен, ароматичні аміни, азо- і діазосполуки та ін.	Викликають утворення злоякісних пухлин.

За фізико-хімічними характеристиками СДОР поділяються на 5 груп, а також на підгрупи А і Б. В таблиці 10.3 наведено класифікацію СДОР за групами і їх характеристики.

Таблиця 10.3.

Класифікація СДОР за фізико-хімічними характеристиками.

Група	Характеристика	СДОР
1	Сипучі і тверді СДОР, нелеткі при температурі зберігання до 40 °С.	Алкалоїди (бруцин, нікотин, цинхонін та ін.), жовтий фосфор, оксиди арсену (V;III), хлорид ртуті (II) (сулема).
2	Сипучі і тверді СДОР, леткі при температурі зберігання до 40 °С.	Ціаніди.
3	Рідкі летючі СДОР, що зберігаються під тиском (стиснені і зріджені гази) підгрупа А. підгрупа Б.	Аміак, оксид вуглецю(II); Оксид сірки(IV), сірководень, хлор, фосген.
4	Рідкі леткі СДОР, які зберігаються при нормальному тиску підгрупа А підгрупа Б	Аміачна вода (25 %), аміно- і нітросполуки ароматичного ряду, ціанідна кислота. Дихлоретан, дифосген, сірковуглець, тетраетилсвинець, хлоршікрин.
5	Димлячі речовини.	Нітратна, сульфатна, соляна кислоти (концентровані), хлорангідриди сульфітної і дисульфатної кислот, хлорсульфонова і фтороводнева кислоти.

За ступенем токсичності при інгаляційному (через органи дихання) і пероральному (через шлунок) потраплянні в організм хімічні речовини поділяються на 6 груп, як показано в таблиці 10.4. Віднесення речовини до групи токсичності здійснюють за показником, значення якого відповідає найвищому класу токсичності.

Токсичність хімічних речовин

Група токсичності.	LC50, мг/л.	LD50, мг/кг.
Надзвичайно токсичні	Нижче 1	Нижче 1
Високотоксичні	1-5	1-50
Сильно токсичні	6-20	51-500
Помірно токсичні	21-80	501-5000
Малотоксичні	81-160	5001-15000
Практично не токсичні	Більше 160	Більше 15000

В залежності від шкідливих факторів для захисту від СДОР використовують захисні костюми таких типів:

- Вн – водонепроникний;
- Вп – від розчинів поверхнево-активних речовин;
- Кк – від кислот, концентрація яких вища 80 % (по H_2SO_4);
- О – від органічних розчинників, лаків, фарб на їх основі;
- Тн – від низьких температур;
- Яа – від токсичних речовин;
- Яж – від рідких токсичних речовин;
- Ят – від твердих токсичних речовин.

Опис та аналіз деяких СДОР.

СОЛЯНА КИСЛОТА

(хлороводень, хлористий водень, хлороводнева кислота, хлоридна кислота, водний розчин хлороводню)

Молекулярна формула: HCl $M=36,46$.

Агрегатний стан за н. у.: хлороводень (Х.в.) – газ, соляна кислота (С.к.) – рідина.

Зберігання і транспортування: зберігаються у залізничних цистернах, антикорозійних футерованих ємностях, скляних бутлях; транспортується залізничним транспортом.

Фізичні і хімічні властивості. Хлороводень – безбарвний газ з різким запахом. Т. плавл. мінус $114,5$ °С, т. кип. мінус $85,1$ °С. Т. крит. $51,4$ °С, густина $1,639$ кг/м³ при 20 °С, густина крит. 420 кг/м³, тиск парів $2,5$ МПа (0 °С), $4,5$ МПа (20 °С), тиск крит. $82,7$ МПа. Коef. розчинності у воді $485,6$ (20 °С), $477,2$ (30 °С). У повітрі утворює білий туман хлороводневої (соляної) кислоти.

Соляна кислота (С.к.) – розчин Х.в. у воді, безбарвна рідина з різким запахом. Концентрована С.к. містить 37-38 % HCl . Розчиняє більшість металів, крім Au, Ag, Pt, Ta, Nb і деякі інші. Сухий Х.в. на метали майже не діє. Сильні окисники окиснюють С.к. до хлору. Технічна С.к. містить домішки As в кількості до 0,01 % і більше; інгибована – 0,8-1 % інгібітора ПБ-5 (полімер бутиліміну) і 0,01-0,015 % As; в С.к. для харчової промисловості не більше 0,00002 % As.

При нагріванні концентрованої С.к. спочатку випаровується Х.в. з невеликою кількістю води. Це відбувається до тих пір, поки в залишку не

утвориться 20,2 % розчин Х.в., останній переганяється без зміни складу при постійній температурі 110 °С. Навпаки, якщо нагрівати розведену С.к., то спочатку відганяється вода. Коли концентрація Х.в. в залишку досягає 20,2 %, рідина починає переганятися без зміни складу. Такі рідини називаються постійнокиплячими або азеотропними розчинами. С.к. енергійно взаємодіє з багатьма оксидами металів. Солі С.к. утворюють хлориди, більшість їх добре розчиняються у воді. Погано розчиняється AgCl , PbCl_2 , CuCl , Hg_2Cl_2 .

Вибухо- і пожежонебезпечність. Негорюча рідина. Реагує з металами з виділенням H_2 .

Основна небезпека: високотоксична, речовина викликає опіки очей і шкіри.

Дія на шкіру. Туман С.к. викликає різку хворобливість шкіри обличчя. Опіки в більшості випадків не такі важкі, як при дії сульфатної і нітратної кислот. Виникає чисто серозне запалення з пухирями. Виразки виникають тільки при більш тривалій дії (якщо кислота при потраплянні на шкіру не змита). Різку гіперемію обличчя викликає туман С.к.

ГДК р.з.: 5 мг/м³;

ГДК м.р.: 0,2 мг/м³.

ГДК с.д.: 0,2 мг/м³.

За ступенем дії на організм людини: 2 клас небезпеки – “високонебезпечні”.

За ступенем токсичності: 2 група – димлячі речовини, “високотоксичні”.

За характером токсичності: групи “подразнюючі”, “припікаючі”.

Л.К. 50: 60938 мг/м³ (5 хв., щури). Х.в. у концентрації 75-150 мг/м³ людина не переносить.

Токсична дія. Причиною отруєнь є не газоподібний Х.в., а туман С.к., який утворюється при взаємодії газу з водяною парою повітря. Слід також ураховувати забрудненість С.к. і можливість утворення при роботі з нею інших отруйних речовин, особливо AsH_3 . Х.в. у концентраціях 75-150 мг/м³ не переноситься, у концентраціях 50-75 мг/м³ переносяться важко. Гостре отруєння супроводжується охриплістю голосу, задихою, нежиттю, кашлем. Спостерігаються подразнення слизових оболонок, особливо носа, кон'юнктивіт, помутніння рогівки, коліки в грудях, кров у харкотинні.

Хронічні отруєння викликають катарі верхніх дихальних шляхів, руйнування зубів, виразки слизової оболонки носу і навіть прободіння носової перетинки, шлунково-кишкові розладнання; можливі запальні захворювання шкіри. У випадках тяжкого отруєння спостерігаються сильне схуднення, слабкість; гаряча, суха, земляниста шкіра; кашель; часте дихання, дрібнопухирчате хрипіння; харкотиння відхаркується з великими труднощами; серцева діяльність нормальна, але по декілька разів на день відбувається сильне серцебиття, спостерігаються також гострий біль у районі шлунку, блювота жовтуватим слизом. Спостерігається звикання до С.к., причина якого поки невідома. Х.в. у концентрації 15 мг/м³ уражає слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і очей, за концентрації 7 мг/м³ подібного ефекту немає.

Ознаки отруєння. Хрипота голосу, задуха, нежить, кашель, подразнення слизових оболонок, особливо носа; кон'юнктивіт, помутніння рогівки, коліки в грудях, кров у харкотинні; гострий біль у районі шлунку, блювота жовтуватим слизом.

Надходження в організм, розподілення, перетворення і виведення з організму. Велика частина (до 70-100 %) хлороводню, який вдихається, адсорбується слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів. При контакті з тканинами тіла Х.в. швидко нейтралізується.

Наслідки дії у майбутньому. Кон'юнктивіт без тяжких наслідків; при сильних опіках кислотою утворюються виразки, рубці, можлива пневмонія при вдиханні у великих концентраціях Х.в.

Перша домедична допомога і невідкладна терапія. Необхідно швидко винести потерпілого на свіже повітря, звільнити від стискуючого дихання одягу. Зробити інгаляції киснем промивання очей, носа, полоскання 2 % розчином соди. При утрудненому диханні вводять через ніс 0,1 % розчин нафтизіну 3-4 рази на день по 4-5 крапель, п/ш атропін (1 мл 0,1 % розчину), дають тепло на шию. При кашлі застосовують кодеїн, діонін, тепловолігінгаляції 2-3 % розчину соди (2-3 рази на день по 10 хв.), у подальшому - відхаркувальні засоби, гірчичники на ділянку трахеї, тепле молоко з боржомом або содою, маслом або медом. У більш тяжких випадках для профілактики і лікування пневмонії роблять інгаляції аерозолів антибіотиків, проводять курс лікування антибіотиками і сульфаніламидами. При ураженні очей після промивання необхідно пустити в очі по 1 краплі 0,5% розчину дикаїну з адреналіном (1:1000), а потім зробити інстиляцію стерильного вазелінового мастила або персикового масла в кон'юнктивальний мішок, одягнути окуляри-консерви. У подальшому застосовувати 30 % розчин альбуциду, гідрокортизонова мазь. При потраплянні кислоти в очі слід промивати їх водою, а не нейтралізуючими (лужними) розчинами. При потраплянні концентрованої кислоти на шкіру необхідне негайне промивання її водою, краще під тиском протягом 5-10 хв. У лікарні слід покласти на опечену шкіру кашку із соди.

Засоби індивідуального захисту. Застосовують фільтруючий промисловий протигаз марки В. Захисні герметичні окуляри, спецодяг із кислотостійкої тканини (вінітронова тканина, тканина ШХВ-30-КП, бавовна з 30 % хлоринового волокна; нітрон; ШЛ; лавсан або тканина, яка оброблена латексами), ізолюючий костюм, рукавички із стійкої гуми, чоботи з протикислотної гуми. Захисний костюм типу Кк.

Дія на засоби захисту, прилади, техніку: С.к. спричинює корозію більшість металів. Сухий Х.в. на метали майже не діє.

Нейтралізація (дегазація): застосовується каустична сода, содовий порошок, вапно, суміші лугів.

ХЛОР

Молекулярна формула: Cl₂

M= 70,9.

Агрегатний стан за н. у.: газ.

Зберігання і транспортування: Зберігається в цистернах, контейнерах, бочках, балонах для рідкого хлору, ємностях; Зберігається і транспортується в зрідженому стані.

Фізичні і хімічні властивості: зеленувато-жовтий газ із характерним запахом.

Т. плавл. мінус 101,9 °С, т. кип. мінус 34,05 °С, т. крит. 144 °С; густина 3,214 кг/м³, густина за повітрям 2,489; густина крит. 573 кг/м³; тиск крит. 77,1 МПа, розчинність у воді 0,7 г/100 г (20 °С), 0,2 г/100 г (80 °С), коеф. розч. у воді 1,78 (40 °С). Легко зріджується в маслянисту жовто-зелену рідину з густиною 1,553 кг/м³ (мінус 35 °С); досить реакційноздатний; з водою взаємодіє з утворенням НСІ і НОСІ.

Вибухо- і пожежонебезпечність: негорюча речовина.

Основна небезпека. Високотоксична речовина, отруєння Х. і великих концентраціях може призвести до миттєвої смерті внаслідок реіректорного гальмування дихального центру. Смерть виникає також від хімічного опіку легень.

Дія на шкіру. Газоподібний хлор при високій концентрації або хлорна вода можуть іноді викликати гострий дерматит із потемнінням, почервонінням і набряклістю шкіри. У деяких випадках дерматит може перейти в екзему. При низьких концентраціях Х. виникають “хлорні вугри”. Захворювання може виникнути внаслідок прання одягу або доторкання до нього.

ГДК р.з.: 1 мг/м³.

ГДК м.р.: 0,1 мг/м³.

ГДК с.д.: 0,03 мг/м³.

За ступенем дії на організм людини: 2 клас небезпеки – “високонебезпечні”.

За ступенем токсичності: 2 група - “високотоксичні”.

За характером токсичності: група “припікаючі”.

Л.Д. 50 мл: 3,5 мг/кг.

Л.К. 50: 2900 мг/м³ (людина, протягом 5 хв.), 368 мг/м³ (миші, 30 хв.).

Токсична дія. Х. подразнює дихальні шляхи, може викликати набряк легень. Вірогідно, Х. реагує з вологою на тканинах дихальних шляхів, і подразнювальну дію справляють НОСІ і соляна кислота, які при цьому утворюються. У крові порушується вміст вільних амінокислот; у крові і внутрішніх органах – активність деяких оксидаз. Отруєння Х. у великих концентраціях може призвести до миттєвої смерті внаслідок рефлексорного гальмування дихального центру. Потерпілий задихається, обличчя синіє, він метушиться, робить спроби бігти, але одразу падає, рух стає некоординованим, втрачається свідомість, пульс частішає. За менших концентрацій Х. рефлексорна зупинка дихання коротша, через декілька секунд дихання відновлюється, але стає поверхневим, судомним, паузи між дихальними рухами частіші і триваліші, дихання зупиняється через 5-25 хв. після вдихання газу; через деякий час відбувається зупинка серця. Смерть настає також від хімічного опіку легень.

При отруєнні Х. у середніх і низьких концентраціях спостерігаються різкий за грудний біль, печія і різі в очах, слезотеча, задушливий сухий кашель, збудження, а в інших випадках, навпаки, пригнічення. Через 2-3 год. відбувається набряк легень. Явища подразнення дихальних шляхів зменшуються, відбувається заспокоєння. Кашель стає не таким хворобливим, збільшується задишка, зростає пульс, починається виділення харкотиння зі слизом і відхаркування пінистою жовтою або червоною рідиною. Кров темна, густа, легко зсідается, що призводить іноді до тромбозу вен, особливо на ногах. Вологі і сухі хрипи зберігаються досить довго після зникання інших симптомів. Спостерігаються повнокров'я і набряк слизових зева, гортані, голосових зв'язок. Гостра емфізема легенів перкуторно виявляється ще в рефлекторній фазі, може бути стійким наслідком отруєння. Але стадія набряку легень може і не розвиватися або бути досить малою. Іноді отруєння, перенесене в перші дні на ногах, через кілька днів закінчувалося смертю.

Отруєння Х. у дуже малих концентраціях найчастіше в умовах виробництва. Супроводжуються вони почервонінням кон'юнктиви, м'якого піднебіння і горлянки, бронхітом, незначною емфіземою легень, легкою задишкою, почуттям тиску у грудях, часто блювотою. Набряк легень якщо і розвивається, то на фоні трахеобронхіту. У крові в перший день виявляються лейкоцитоз, лімфопенія, на 2-3 день - навпаки, лімфоцитоз. Зміни кісткового мозку виникають за рахунок утворення більш молодих клітинних форм. У сечі іноді знаходиться білок.

Як наслідки отруєнь, виникають бронхоектази, емфізема легень, гіалінізація і тромбоз стінок судин, гіпертрофія стінок правого шлуночка із наступною декомпенсацією. Х. у концентраціях 0,001-0,006 мг/л по 6-7 год. на день протягом місяця переноситься без помітних ускладнень.

Відомі випадки хронічного отруєння хлором. У робочого паперової фабрики після 4 років виникли кашель, печія в очах, іноді загальне нездужання протягом 1-2 тижнів, на 5 рік кашель зробився безперервним, з'явилися біль і стиснення у грудях, задишка, кровохаркання. Об'єктивно спостерігалась емфізема нижніх частин легень. Захворювання легень виникали у робітників, які мали справу з Х., удвічі частіше, ніж у інших робітників. Відзначено запалення порожнини рота, а при тривалому контакті - карієс, виразки слизової оболонки носової перетинки, шлунково-кишкові розладнання, анемію, головний біль, запаморочення, безсоння.

Ознаки отруєння. Потерпілий задихається, обличчя синіє, він метушиться, робить спроби бігти, але одразу падає, рух стає некоординованим, втрачається свідомість, пульс частішає. Спостерігаються різкий за грудний біль, печія і різі в очах, слезотеча, задушливий сухий кашель, збудження, в інших випадках - навпаки, пригнічення, відділення харкотиння зі слизом і відхаркування пінистою або червоною рідиною.

Надходження в організм, розподілення, перетворення і виведення з організму Х. Потрапляє в організм через дихальні шляхи, реагує з вологою тканин дихальних шляхів, утворює соляну кислоту і гіпохлоритну кислоти, які потрапляють у кров і порушують баланс амінокислот; виводиться з сечею.

Перша домедична допомога і невідкладна терапія. Потерпілому необхідні чисте повітря, спокій, зігрівання. Якомога швидше потрібні киснева інгаляція, госпіталізація. При подразненні верхніх дихальних шляхів рекомендується вдихання розпиленого 2 % розчину бікарбонату натрію. Слід промити очі, ніс, рот 2 % розчином харчової соди, пити тепле молоко з боржомом або содою. При сильному хворобливому кашлі застосовують кодеїн, дионін, гірчичники, при звуженні голосової щілини - тепло на шию, теплі лужні інгаляції, п/ш атропін (1 мл 0,1% розчину), за показаннями - стимулятори дихання (лобелін, цитітон в/в), серцеві засоби (0,25 мл 0,1 % розчину строфантину з глюкозою у вену, п/ш кофеїн, камфора, корглікон).

Засоби індивідуального захисту. Застосовують фільтруючі промислові протигази марок В, М, БКФ, при великих концентраціях (більше 8,6 мг/л) - ізолюючі протигази, ізолюючі костюми, а також захисні герметичні окуляри, гумові рукавички, чоботи, захисний одяг. Потрібен постійний контроль за станом протигазів.

Дія на засоби захисту, прилади, техніку. Рідкий хлор руйнує гумові деталі, прогумовану тканину, при сполученні з водою Х. утворює сильну соляну кислоту, яка взаємодіє з більшістю металів; продуктом реакції є водень, який в суміші з хлором вибухонебезпечний.

Нейтралізація (дегазація). Рідкий хлор треба розводити водою до безпечної концентрації; газоподібну хмару Х. слід осаджувати водяною завісою; Х. нейтралізують вапняним молоком, гашеним вапном, аміачною водою, гідроксидом натрію. Слабкі розчини гідроксиду натрію або карбонату натрію застосовують з витратою 10 т на 1 т Х.. Використовують також луги відпрацьовані (1-20 % розчини).

Маркування небезпечних вантажів.

Збільшення імпорту та експорту товарів, серед яких значна кількість небезпечних хімічних речовин і СДОР, вимагає адекватної і повної інформації при запобіганні та ліквідації аварій і пожеж, що виникають при їх виготовленні, транспортуванні, зберіганні, використанні тощо.

На картках у легкозрозумілій графічній формі зображено всі необхідні для прийняття першочергових рішень дані, як про саму речовину, так і про загальну та пожежну безпеку, небезпеку для здоров'я та при контакті з оточуючим середовищем. Також наведено міжнародні позначення на транспорті - квадрат безпеки та індекс безпеки товару, характеристики отруйності, дані щодо розповсюдження отруйної хмари, засоби індивідуального захисту та стійкість матеріалів тари.

Перелічена інформація буде сприяти прийняттю адекватних рішень при виникненні аварій і пожеж з наявністю СДОР. Цей матеріал буде корисним для пожежної охорони, рятувальних служб, цивільної оборони, міліції, транспортників тощо.

У матеріалі експрес-інформації про небезпечні речовини з використанням міжнародних символічних позначень подаються такі дані:

- *назва*: назву речовини подано стандартизовану або загальноприйняту, близьку до стандартизованої з урахуванням міжнародних стандартів;

- *хімічна формула*: показує хімічний склад і при можливості будову речовини;

- *агрегатний стан* (газоподібний, рідкий, твердий, перехідний). Агрегатний стан наведено за звичайних умов ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Якщо температура топлення близька до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, наводиться символ перехідного стану;

- *густина за повітрям* (легша за повітря, однакова з повітрям, важча за повітря). Ці дані дають інформацію про густину газу чи пари відносно повітря;

- *густина за водою* (легша води, однакова з водою, важча води). Ці дані дають інформацію про густину речовини відносно води;

- *розчинність у воді* (водорозчинна), речовини, що змішуються з водою; (обмежено розчинна), речовини, які тільки частково, або тільки через проміжок часу розчиняються у воді; (нерозчинна), речовини, які не розчиняються у воді;

- *загальна небезпека* (горюча), речовини, горючі за нормальних умов; (вибухонебезпечна), речовини, здатні вибухати, такі як різноманітні вибухівки, піротехнічні засоби, а також всі горючі гази або горюча пари рідин з температурою спалаху нижче $21\text{ }^{\circ}\text{C}$; (радіоактивна), речовини, які є джерелом іонізуючого випромінювання;

- *небезпека при контакті з водою* (обережно з водою), речовини, які можуть за певних обставин давати небезпечні наслідки при контакті з водою (виділення тепла, розбрикування кислот, лугів тощо); (увага: ніякої води), речовини, які при контакті з водою небезпечно реагують (вивільняються сильні отрути, займісті речовини тощо);

- *небезпека для здоров'я* (отруйна), речовини, які при контакті, вдиханні чи потраплянні в організм можуть викликати гостре чи хронічне отруєння або смерть; (ідка), речовини, які можуть пошкодити або роз'їдати живі тканини; (подразнююча), речовини, які при контакті зі шкірою або слизовими оболонками можуть викликати запалення;

- *шкідлива для здоров'я* речовини, які можуть викликати ушкодження здоров'я;

- *проникна*, речовини, які можуть проникати в організм безпосередньо крізь шкіру;

- *застережна табличка небезпечного вантажу* (табличка небезпеки, рис. 10.2): обов'язкова табличка, що вивіщується на транспортному засобі при перевезенні СДОР автомобільним та залізничним транспортом. Забарвлена в оранжевий колір, вона несе позначення про небезпеку товару - число небезпеки (верхнє поле) та ООН-номер (нижнє поле).

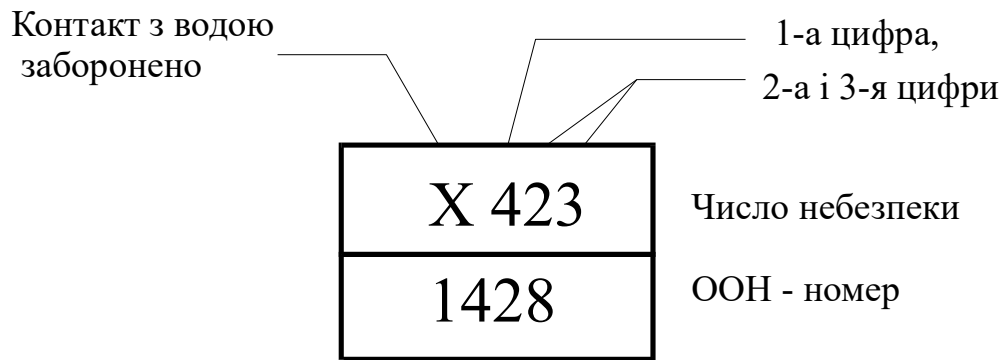


Рисунок 10.2. - Застережна табличка небезпечного вантажу (табличка небезпеки).

Позначення на забарвленій в оранжевий колір попереджувальній табличці розділені на дві частини. У верхній частині розміщене число небезпеки, а в нижній частині знаходиться номер, що відповідає номеру ООН. Число небезпеки служить інформацією для проведення необхідних заходів рятувальними службами під час аварії. Воно інформує, яку небезпеку слід чекати від небезпечного товару. Число небезпеки складається із двох або трьох цифр. Загалом вони вказують на наступне:

2 - виділення газу під дією зовнішніх факторів: при зовнішньому впливі або при хімічній реакції;

3 - займистість рідин (парів) та газів;

4 - займистість твердих речовин;

5 - окиснювальна (підтримуюча пожежу) дія;

6 - отруйність;

8 - роз'їдаюча дія;

9 - небезпека спонтанної бурхливої реакції;

Подвоєння цифри вказує на підвищення відповідної безпеки. Якщо небезпека речовини може бути повністю виражена однією цифрою, то після цифри ставиться нуль.

Певні комбінації цифр мають особливе значення: 22, 333, 423, 44 і 539 (див. нижче). Якщо перед цифровим кодом стоїть літера X, то це означає, що речовина небезпечно реагує з водою.

20 - інертний газ;

22 - глибокоохолоджений (зріджений) газ;

223 - глибокоохолоджений (зріджений) горючий газ;

225 - глибокоохолоджений (зріджений) окиснюючий (підтримуючий пожежу) газ;

23 - горючий газ;

236 - горючий газ, отруйний;

239 - горючий газ, який спонтанно може призвести до бурхливої реакції;

25 - окиснюючий (підтримуючий пожежу) газ;

26 - отруйний газ;

265 - отруйний газ, окиснюючий (підтримуючий пожежу);

266 - дуже отруйний газ;

268 - отруйний газ, роз'їдаючий;

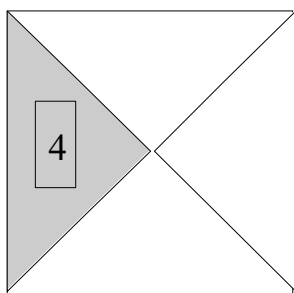
- 30 - займиста рідина;
- 33 - легкозаймиста рідина;
- X333 - самозаймиста рідина, яка небезпечно реагує з водою;
- 336 - легкозаймиста рідина, отруйна;
- 338 - легкозаймиста рідина, роз'їдаюча і так далі.

- *квадрат небезпеки*: це система для моментальної оцінки ситуації після аварії з небезпечними товарами. В чотирьох полях вказуються три головні види небезпеки і особливі примітки. Інтенсивність (ступінь) небезпеки позначається цифрами від 0 до 4. Цифра 4 відповідає найвищій небезпеці, цифра 0 - найнижчій небезпеці.

Квадрат небезпеки призначений для швидкої оцінки небезпеки, що виникла в результаті аварії з небезпечними речовинами. В чотирьох полях квадрату вказуються три головні види небезпеки і додаткова інформація:

- небезпека для здоров'я: ліве поле (голубе);
- пожежна небезпека: верхнє поле (червоне);
- небезпека хімічної реакції: праве поле (жовте);
- особливі примітки: нижнє поле (біле).

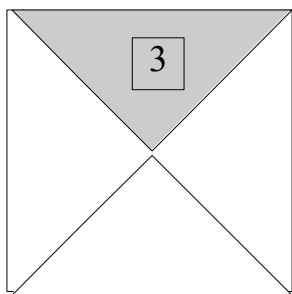
НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ліве поле (голубе).

- 4-вкрай небезпечно; уникати будь-якого контакту з парою або рідинами без спеціального захисту;
- 3- дуже небезпечно; перебування в небезпечній зоні лише в повністю захищаючому одязі і протигазі;
- 2 - небезпечно; перебування в небезпечній зоні лише в протигазі і захисному одязі;
- 1 - незначна небезпека; рекомендується протигаз;
- 0- особливої небезпеки немає.

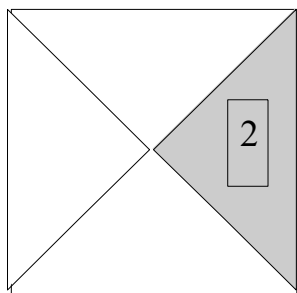
НЕБЕЗПЕКА ПОЖЕЖІ



верхнє поле (червоне).

- 4- екстремально займисті речовини за будь-яких температур;
- 3- небезпека займання за нормальних температур;
- 2- небезпека займання при нагріванні;
- 1 - небезпека займання лише при нагріванні;
- 0- за звичайних умов небезпека займання відсутня.

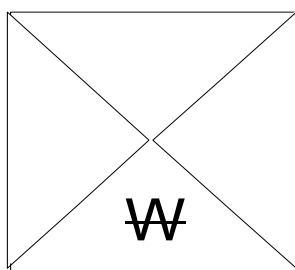
НЕБЕЗПЕКА ПЕРЕБИГУ РЕАКЦІЇ



праве поле (жовте)

4- висока небезпека вибуху; створити зону безпеки; у випадку пожежі звільнити територію;
3- небезпека вибуху при дії тепла або сильного струсу, при ударі тощо; створити зону безпеки;
2- можлива бурхлива хімічна реакція; посилені заходи захисту; гасити пожежу лише з безпечної відстані;
1- речовина стає нестабільною лише при нагріванні;
необхідні захисні заходи;
0 - за нормальних умов небезпека відсутня.

ОСОБЛИВІ ВКАЗІВКИ



нижнє поле (біле).

Пусте поле: вода дозволена як засіб для гасіння пожежі.



- не використовувати води для гасіння пожежі.



- при вивільненні речовини - небезпека радіоактивного випромінювання.

П - газ: засоби індивідуального захисту подаються за найменшим захистом. Якщо вказано респіратор і його марку, то можна використовувати респіратор, а також протигаз цієї ж марки і в усіх випадках найкращим засобом захисту є ізолюючий протигаз. Якщо наведено протигаз – використання респіратора неможливе, якщо ізолюючий протигаз – тільки його можна використовувати. Однак слід пам'ятати, що використання респіраторів обмежене як часом (30-60 хв.), так і концентрацією отруйних газів (не більше 15 ГДК, кисню не менше 18 %). Для фільтруючих протигазів також існує обмеження часом (для кожної отруйної речовини індивідуальне) та концентрацією (отруйного газу чи пари не більше 0,5 %, кисню не менше 18 %). Відсутність інформації у картці означає, що у літературі нема певних даних про індивідуальні засоби захисту, тому рекомендовано ізолюючий протигаз (**I**);

- **HAZ**: код небезпечних хімікатів (Hazchen-code) – міжнародний код, введений для відповідних служб як керівництво до дій на місці аварії. Код дає термінову інформацію про:

- тип засобу гасіння пожежі;
- можливість зниження небезпеки шляхом розведення речовини водою, обваловуванням, нейтралізацією;
- дії щодо захисту ліквідаторів аварії;

- евакуацію населення.

1	Засіб для гасіння пожежі - струмінь води		
2	Засіб для гасіння пожежі - водний туман		
3	Засіб для гасіння пожежі - піна		
4	Лише сухі засоби гасіння пожежі		
P	B	Повний захист	Розведення
R		Повний захист	Розведення
S	B	Повний захист дихання	Розведення
T		Повний захист дихання	Розведення
W	B	Повний захист	Ізоляція
X		Повний захист	Ізоляція
Y	B	Повний захист дихання	Ізоляція
Z		Повний захист дихання	Ізоляція
E	Перевірити евакуацію		

Приклад:

Сірковуглець.

HAZ - код: 3WE

1. (3) засіб для гасіння пожежі - піна;
2. (W) повний захист;
3. (W) ізоляція;
4. (E) перевірити евакуацію;

- IMDG: (IMDG - Code) міжнародний код для перевезення та супроводження небезпечних товарів морським шляхом. Наведений номер посилає до відповідної пам'ятки про речовину;

- КН: клас небезпеки визначає отруйність речовини і має чотири значення:

- 1-й - речовини надзвичайно небезпечні;
- 2-й - речовини високонебезпечні;
- 3-й - речовини помірнонебезпечні;
- 4-й - речовини малонебезпечні;

- ГДК: наведено гранично допустиму концентрацію у повітрі робочої зони у мг/м³, при відсутності даних брали значення з європейських стандартів за базою даних IRPTC;

- ЛД: середня летальна доза (ЛД₅₀), що викликає смерть у 50 % піддослідних тварин (перорально), мг/кг маси тіла. Для газуватих речовин замість ЛД₅₀ наведено ЛК₅₀ (середня летальна концентрація), мг/л повітря;

- КХ: коефіцієнт за хлором. Дозволяє наближено оцінити глибину розповсюдження СДОР за формулою:

$$Г_{сдор} = Г_{хл} / КХ,$$

де: $Г_{сдор}$ – глибина розповсюдження певної маси (m) СДОР, км;

$Г_{хл}$ – глибина розповсюдження тієї ж маси хлору, км (з таблиці 2);

КХ – коефіцієнт за хлором;

m – маса СДОР у тонах.

Якщо КХ невідомий, його можна наближено оцінити за класом небезпеки (КН):

для 1 - го класу небезпеки – КХ менше 10;

2 - го класу небезпеки – КХ менше 15;

- 3 - го класу небезпеки – КХ менше 100;
- 4 - го класу небезпеки – КХ більше 100;

Глибини зон ймовірного зараження хлором, км.

швидкість вітру, м/с	маса хлору, тони								
	1	5	10	20	50	100	500	1000	2000
1	4,75	12,53	19,20	29,56	52,67	81,91	231	363	572
2	2,84	7,20	10,85	16,44	28,73	44,09	121	189	295
5	1,68	3,75	5,53	8,19	13,88	20,82	54,67	83,60	129
10	1,19	2,66	3,76	5,31	8,50	12,54	31,61	47,53	71,90
15	0,97	2,17	3,07	4,34	6,86	9,70	23,50	34,98	52,37

- *стійкість тари* (нижній рядок): наведено матеріали, які стійкі до даної речовини при контакті до 120 годин при температурі 20 °С. Відсутність матеріалу у списку не означає, що виключена можливість його використання. Це лише означає, що для цих речовин в зв'язку з недостатніми літературними даними неможливо зробити висновок про стійкість матеріалу.

Під назвою “поліетилен” мається на увазі поліетилен високого тиску. Під назвою “гума” треба розуміти природний каучук. Слід пам'ятати, що наведені дані про стійкість матеріалу можна розглядати лише як необов'язкову додаткову інформацію;

- *водний туман*: якщо пристрій утворення водного туману відсутній, то можна використовувати розбризкувач води;

- *лише сухі засоби гасіння пожежі*: не можна допускати контакту води з речовиною (небезпека бурхливої реакції);

- *Б (бурхливо)*: речовина може реагувати бурхливо або з вибухом;

- *повний захист*: захисний костюм, що повністю покриває тіло, а також незалежний від навколишнього повітря пристрій для захисту дихання;

- *повний захист дихання*: незалежний від навколишнього повітря пристрій для захисту дихання, захисні рукавиці, пожежний костюм;

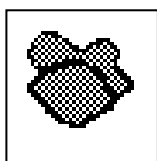
- *розведення*: після узгодження з відповідними санітарними службами речовина може бути змита в каналізацію великою кількістю води;

- *ізоляція*: необхідно всіма засобами уникати потрапляння речовини в каналізацію або у відкриті водойми;

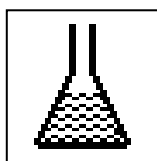
- *перевірити евакуацію*: речовина може суттєво зашкодити довкіллю і людям, тому перевірити проведення евакуації з небезпечного району.

Символи експрес-інформації про СДОР у картках

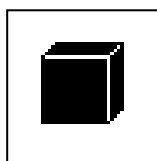
Агрегатний стан



газо-
подібний



рідкий

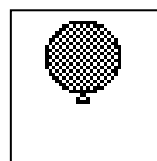


твердий

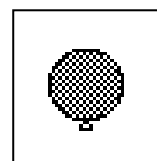


перехідний

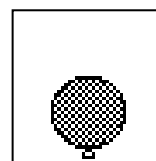
Густина за повітрям



легша за
повітря

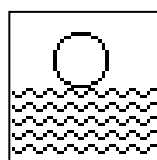


однакова
з повітрям

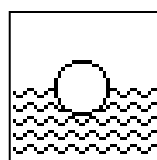


важча
повітря

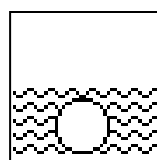
Густина за водою



легша
води

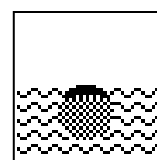


однакова
з водою

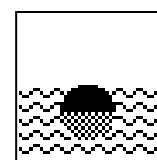


важча
води

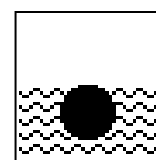
Розчинність у воді



водо-
розчинна



обмежено
роzzчинна



нерозчинна

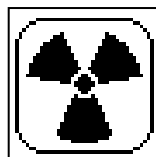
Загальна небезпека



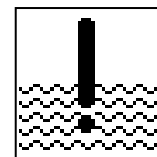
горюча



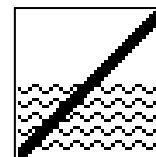
вибухо
небезпечна



радіоактивна



обережно
з водою

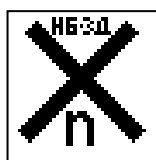


увага!
ніякої води

Небезпека для здоров'я



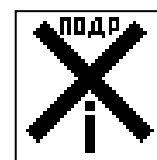
отруйна



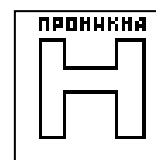
шкідлива
для здоров'я



їдка



подразнююча



проникна

Соляна (хлороводнева кислота)						80
						1789
HCl						
						Респ.
						67 B
IMDG	HAZ	КН	ГДК	ЛД	КХ	
8114	2 R	2	5	2?35		
V4A, ПВХ, Поліетилен, Тефлон						

Хлор						60
						1017
Cl₂						
						П-газ
						B
IMDG	HAZ	КН	ГДК	ЛД	КХ	
2028	2 X	2	1	0,4	1	
Сталь, V4A						

Лекція № 11

Тема лекції: „Технічні засоби індикації отруйних хімічних речовин”

План лекції

1. Способи та методи індикації токсичних хімічних речовин.
2. Загальні принципи побудови та функціонування приладів хімічної розвідки.
3. Засоби та прилади хімічної розвідки.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с.
3. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.5. Небезпечні хімічні речовини та заходи захисту від них. / за загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2010. – 472 с.
4. Радіаційний, хімічний та біологічний захист: конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с.

Вступ

Широкомасштабне застосування хімічної зброї, що почалося на полях боїв у роки першої світової війни, як засобу масового ураження людей, приводило воюючі сторони до численних і часом невинуватих людських жертв. В окремих операціях втрати від хімічної зброї досягали від 20 до 90% особового складу. У складних умовах війни, при різких змінах обставин, перед командним складом армій, військовими фахівцями і вченими-хіміками різко постало питання про створення не тільки надійних засобів захисту для військовослужбовців, але й створення технічних засобів для визначення отруйних речовин. У цей час у військах з'являється такий термін, як "індикація" (від латинського слова «indication»), що означає – показувати, виявляти.

У військовій хімії під цим терміном у власному, більш вузькому, значенні розуміється сукупність питань, пов'язаних із якісним виявленням отруйних речовин. Однак навіть у найпростіших випадках часто буває бажано знати не тільки природу отруйних речовин (ОР), але і мати уяву хоча б про порядок величини концентрації або щільності зараження, тобто крім якісної мати і кількісну характеристику зараження. У ряді випадків поряд з якісним груповим розпізнаванням природи отруйних речовин може виникнути необхідність детальнішого встановлення складу і структури речовини – ідентифікації її.

Тому термін "індикація" у даний час тлумачать звичайно в ширшому значенні цього слова як теорію і практику якісного виявлення, кількісного визначення та ідентифікації отруйних речовин у різних заражених середовищах.

Усі ці питання складають зміст хімічної розвідки, яка має велике значення в комплексі заходів щодо захисту людей від зброї масового ураження та наслідків аварій на ХНО. Усі відомі способи індикації отруйних речовин можна умовно розділити на дві великі групи:

- суб'єктивні або органолептичні (засновані на показаннях органів чуттів);

- об'єктивні (засновані на показаннях приладів, тобто технічних засобів хімічної розвідки).

Ці способи індикації отруйних речовин не є взаємозамінними. Так, момент початку хімічного забруднення у ряді випадків надійно визначається на підставі суб'єктивних даних: за зовнішніми ознаками появи ОР, зокрема за фактом аварії на ХНО або за первинними симптомами ураження. Підтвердження ж хімічного забруднення, визначення характеру СДОР вимагає застосування об'єктивних засобів хімічної розвідки.

1. Способи та методи індикації токсичних хімічних речовин

В умовах наслідків можливих аварій на ХНО, ведення війни велике значення для завдань хімічної розвідки має суб'єктивне сприйняття різних форм і видів застосування хімічної зброї. Для створення повної картини люди мають здійснювати хімічну розвідку і спостереження, що може істотно доповнити результати об'єктивних способів даними суб'єктивного сприйняття.

Органолептичний (суб'єктивний) спосіб визначення отруйних речовин

Розрізняють такі *суб'єктивні* сприйняття – це відчуття подразнення органів дихання, очей і шкіри; відчуття запаху (табл. 11.1) або смаку; виявлення характерних відмінностей від нормального стану рослинності, задушливого туману у повітрі або крапель ОР на рослинності та ґрунті під час слабких глухих вибухів снарядів; виявлення уламків або боєприпасів, як не вибухнули, за маркуванням яких можна міркувати про тип ОР (рис. 11.1).

СПОСІБ

МЕТОДИ

Органолептичний (суб'єктивний)	індикація за смаком
	індикація за запахом
	індикація за дією на шкіру
	індикація за зовнішнім виглядом

Рис. 11.1. – Методи, які використовуються в суб'єктивному способі виявлення ОР

Під час Першої і, навіть, Другої світових війн велика увага приділялася навчанню хіміків-розвідників визначати ОР за запахом. Для цього попередньо відбиралися люди, які володіли дуже чутливим нюхом («нюхачі»), що встановлювалося пробою на розчинах оцтової кислоти або аміаку.

Таблиця 11.1.

Концентрації ОР, які визначаються за запахом

ОР	Характерний запах і подразнююча дія	Мінімальні концентрації речовин, що виявляються за запахом, мг/л	Мінімальні небезпечні концентрації при експозиції 10 хв., мг/л
Зоман	Ефірний, подібний на камфору	Концентрації, що розпізнаються за запахом, викликають сильні отруєння	0,0001 (через 2 хв міоз)
Зарин	Ефірний, слабкий		0,0005 (через 2-3 хв міоз)
Табун чистий	Фруктовий або гірко-мигдалю		0,005 (через 2 хв сильний міоз)
Табун технічний	Рибний		
Сірчаний іприт чистий технічний	Свіжої цибулі, хрину, гірчиці або часнику	0,0013	0,001
Азотний іприт	Риби у великому розчиненні герані	-	-
Люїзит	Герані, різкий і неприємний	0.014	0.0008
Етилдихлорарсин	Часнику, різкий подразнюючий	0.001	0.001
Метилдихлорарсин	Часнику, різкий подразнюючий	0.0008	0.002
Дифенілхлорарсин	Фруктовий, подразнюючий верхні дихальні шляхи	0.0003	0.0005
Дифенілціанарсин	Гірко-мигдалю, слабкий	0.0003	0.0001
Адамсит	Без запаху	0.0003	0.00038
Хлорацетофенон	Фруктовий	0.0002	0.0003
Бромбензилціанід	Гірко-мигдалю, слабкий	0.0001	0.00015
Хлорпікрин	Картопляного бадилля, затхлий, різучий	0.0073	0.009
Фосген	Гнилих фруктів, гноїння, прілого листя або мокрого сіна, солодкуватий	0.0044	0.005

ОР	Характерний запах і подразнююча дія	Мінімальні концентрації речовин, що виявляються за запахом, мг/л	Мінімальні небезпечні концентрації при експозиції 10 хв., мг/л
Синильна кислота	Гірко-мигдалю	0.001	0.20
Хлор, ацетон	Подібний на запах соляної кислоти, різкий	0.01	-

В ряді випадків визначення ОР за запахом успішно конкурує з деякими об'єктивними методами визначення. В табл. 11.2 наведені дані про чутливості визначення за запахом ОР і шкідливих промислових газів. Для порівняння приводяться дані про чутливості хімічних методів визначення цих речовин.

Таблиця 11.2.

ОР і промислові гази, які визначаються в повітрі за запахом і інструментальними методами аналізу

Назва ОР і газів	Кількість ОР, яка визначається за запахом, мг/л	Кількість ОР, яка визначається хімічними методами, мг/л
Хлор	0,0143	0,035
Синильна кислота	0,0011	0,07
Хлорпікрин	0,1	0,7
Іприт	0,00071	0,01 – 0,5
Етилдихлорарсин	0,00084	3,0
Дифенилцианарсин	0,000005	0,5 - 1,0
Двоокис сірки	0,0071	0,1 – 0,5
Хлороформ	0,0003	0,1
Фосген	0,002	0,2

Для розвитку підвищеної здатності розрізняти і запам'ятовувати певні запахи, для тренування виборчої здатності нюху і здатності орієнтуватися на місцевості відібраний персонал піддавався навчання за спеціальною програмою, у тому числі із так званим набором запахів. Для створення набору запахів використовувалися різні часто уживані технічні продукти, які володіли характерними запахами, а також ОР.

Під час навчання керувалися такими основними правилами, що і дотепер мають значення під час визначення запаху токсичних речовин:

1. Не робити глибокого вдиху; легкий вдих повинен обмежуватися ділянкою носа.
2. Нюхати потрібно тільки один раз, під час багаторазового повторення дослідів нюх притупляється.
3. Відчувши запах, треба подумати чим він викликаний; пам'ять на запахи можна розвинути тренуванням.
4. Кожне відчуття запаху або повну відсутність запаху необхідно зафіксувати.
5. Після кожної проби на запах перед новою пробою потрібно декілька разів вдихнути носом чисте повітря, поки не зникне відчуття попереднього запаху.
6. Не курити під час випробування на запах – паління притуплює нюх.

Протигази хіміків-розвідників мали спеціальні клапани, за допомогою яких повітря могло надходити в підмасковий простір, минаючи коробку

протигаза. Ці клапани монтувалися між коробкою і лицевою частиною, чи в саму лицеvu частину і відкривалися натисненням на кнопку або за допомогою витяжного кільця. Оскільки у порівнянні з технічними засобами розвідки це пристосування було дуже просте і дуже швидко приводилося в дію, спорядження солдатів об'єктивними засобами виявлення ОР вважалося зайвим і марним.

У зв'язку з появою перед кінцем Другої світової війни фосфорорганічних ОР (ФОР), які володіли високою токсичністю при інгаляції, навчання фахівців розпізнавати ОР за запахом втратило своє первісне значення. Такі речовини, як зоман, зарин і V-гази, не можна визначати за запахом. Щонайменші їх кількості, які потрапили в органи дихання, уже токсичні.

Першими симптомами, які попереджують про дію цих речовин є міоз і загридинний ефект. Тому для виявлення таких ОР використовують лише об'єктивні методи індикації.

Разом з тим не можна не відзначити, що можливості людського нюху стосовно деяких хімічних сполук надзвичайно великі (табл. 11.2).

Подібно тому, як під час Першої світової війни для індикації використовували суб'єктивне сприйняття людиною певних ОР, з цією ж метою вивчали або використовували високу чутливість органів чуттів і фізіологічну реакцію деяких тварин. Надзвичайно високою чутливістю володіє орган нюху собак, який, наприклад, у стані сприймати пари сірчаного іприту в концентраціях нижчих 0,1 мг/л. Вдалося також, використовуючи нюх собак і їхню реакцію, навчити їх диференційовано виділяти запахи ОР серед різних інших запахів.

В деяких випадках як хімічні розвідники використовувалися спеціально навчені собаки. Вони не тільки визначали наявність ОР у повітрі, але й встановлювали межі зараження місцевості в умовах, які вельми утруднені для виконання цієї роботи людиною.

Підвищеною чутливістю щодо фосгену володіють кішки. Ще більш чуттеві до найменших слідів фосгену кури, взагалі можна стверджувати, що птахи найбільш чутливі до присутніх в атмосфері ОР. Канарки можуть бути використані як живі індикатори присутності у повітрі синильної кислоти і окису вуглецю. Під час Першої світової війни в американських військах використовували равликів, які в присутності незначних концентрацій іприту в повітрі виділяють молочний секрет.

Незважаючи на те, що використання тварин для індикації ОР пов'язане з багатьма недоліками, обумовленими або не завжди правильним порозумінням відхилень від нормальної поведінки тварин, або труднощами її оцінки, цей метод індикації вивчається і дотепер. Поряд з використанням тварин (мишей) для встановлення токсичності тих або інших сполук, тварини використовуються також для встановлення факту отруєння продуктів харчування шляхом згодовування їм цих продуктів або ін'єкції екстрактів з них. Деякі породи декоративних риб, які володіють явно вираженою високою чутливістю до ФОР і інсектицидів, використовують для індикації цих отрут у питній воді.

Для виявлення і визначення залишкових кількостей фосфоровмісних інсектицидів у рослинах можуть бути використані мухи, кров'яні п'явки і водяні блохи. Для цього мух поміщують у плоскі прикриті скляні чашки, де вони стикаються з екстрактом, отриманим з випробуваного матеріалу; п'явок поміщають у водяну витяжку. Чутливість цих визначень дуже висока. Оскільки отримані результати залежать від умов, останні повинні суворо витримуватися і фіксуватися.

Цікавим є виявлення токсичних фосфорорганічних сполук (ФОС) на паперових хроматограмах за допомогою контакту личинок комарів з окремими ділянками розрізаної на рівні частини хроматограми.

В арміях закордонних держав дотепер суб'єктивним способом визначення ОР приділяється велика увага. В армії США, наприклад, весь особовий склад навчається визначенню симптомів ураження ОР, розпізнаванню запахів ОР за допомогою спеціальних навчальних імітаційних засобів. Хоча органи чуттів і є вельми чутливими "приладами", розраховувати тільки на їхні показання при наявності сучасних високотоксичних ОР не передбачається можливим. Висока токсичність ОР нервово-паралітичної дії викликає необхідність застосування для їхньої індикації об'єктивних способів, а саме - засобів хімічної розвідки.

Об'єктивний спосіб визначення отруйних речовин

Об'єктивний спосіб визначення ОР оснований на показниках засобів хімічної розвідки. В основі будови великої кількості цих засобів покладено використання спеціальних речовин (хімічних реагентів) – індикаторів. При взаємодії ОР з індикатором в засобі здійснюється зміна фізичного або хімічного параметру, яка або фіксується візуально, або чутливими пристроями з видачею світлового та звукового сигналу. Наприклад, при прокачуванні повітря через індикаторну трубку (ІТ) ОР реагує з розчином що знаходиться на наповнювачі і хімік-розвідник спостерігає за зміною кольору наповнювача порівнюючи з еталоном, робить висновки про наявність ОР та ступінь небезпеки.

На рис. 11.2. наведено основні методи індикації, які використовуються при об'єктивному способі визначення ОР.

З огляду на велику різноманітність сучасних ОР і широкий діапазон їхніх бойових концентрацій (від граничних до летальних), варто визнати, що створення ідеального засобу індикації є вельми утруднене. Звідси випливає доцільність створення індикаторних засобів, кожний з яких вирішує яку-небудь одну або кілька задач, а усі разом забезпечують повне вирішення основних завдань по визначенню ОР.

МЕТОДИ

Об'єктивний	хімічний	колориметричний
		нефелометричний
спосіб	фізичний	іонізаційний
		спектральний
	фізико-хімічний	
	хемилюмінісцентний	
	ферментний	(біохімічний)
	каталітичний	
	ферментний	(біохімічний)

Рис. 11.2. – Основні методи індикації, які використовуються при об'єктивному способі визначення ОР.

Всі індикаторні засоби, які використовуються при об'єктивному методі визначення ОР, можна умовно розділити на дві групи:

1) найпростіші засоби хімічної розвідки, а саме:

- індикаторні порошки;
- індикаторні олівці;
- індикаторні папірці;
- індикаторні трубки;
- індикаторні плівки.

2) прилади хімічної розвідки.

В основі приладів хімічної розвідки покладено використання найпростіших засобів, наприклад, ІТ застосовуються в таких приладах, як ВПХР, ППХР, ПГО-11. Окрім того ці засоби можуть використовуватися незалежно від приладів, наприклад ті ж самі ІТ використовуються в польових лабораторіях. Також прилади не обов'язково можуть використовувати перелічені найпростіші засоби, а інші індикатори, наприклад прилад ГСА-13 для визначення ОР використовує спеціальний комплект індикаторних засобів – КИС БМ. В деяких випадках індикація ОР може здійснюватися взагалі без засобів індикаторів, наприклад як в приладах ПРХР, ГСА-1.

Застосування перелічених засобів залежить від того, який метод реалізований в цьому засобі (приладі).

Перші зразки засобів хімічної розвідки та контролю – газовизначники, ґрунтувалися на використанні хімічних методів індикації ОР. В цьому методі використовуються ті або інші хімічні індикаторні реакції з ОР. При цьому найбільше поширення одержали *колориметричні реакції*, тобто реакції, які

супроводжуються зміною кольору (утворенням або руйнуванням забарвлених сполук). Так, довгий час в основу роботи перших зразків технічних засобів індикації високотоксичних фосфорорганічних отруйних речовин (ФОР) була покладена так звана кольорова гідропероксидна реакція Шенеманна. Ця реакція ґрунтується на здатності ФОР вибірково взаємодіяти у лужному середовищі із пероксидом водню з утворенням відповідних малостійких гідропероксидів ацилів – пероксифосфонових кислот. Гідропероксид ацилу у порівнянні із пероксидом водню володіє вищим окисно-відновним потенціалом, а відтак – здатний у лужному середовищі окислювати ароматичні аміни – бензидин, 3,3',5,5'-тетраметилбензидин, *o*-толідин, *o*-діанізидин, *o*-фенілендіаміни, *n*-фенетидин, *n*-анізидин тощо. Утворений в результаті первинної стадії реакції 3,3',5,5'-тетраметилдифенохінондиімін (на прикладі 3,3',5,5'-тетраметилбензидину) перетворюється у *bis*-(2,5,7,10-тетраметил-6-аміно)-азобіфеніл, водні і водно-спиртові розчини якого забарвлені у жовтий або жовто-помаранчевий колір.

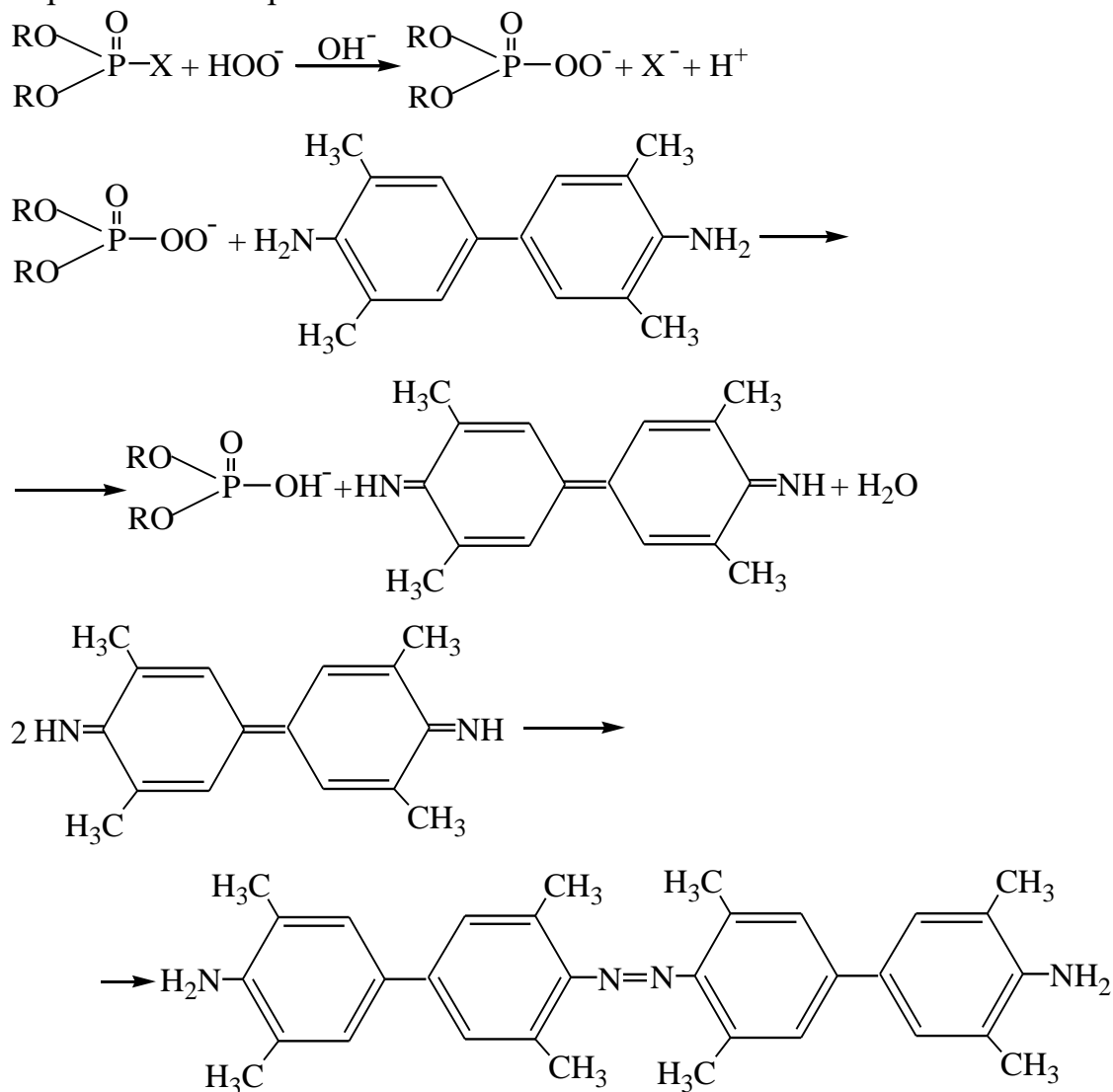


Схема визначення ФОР за реакцією Шенеманна (на прикладі 3,3',5,5'-тетраметилбензидину)

В аналітичній хімії широке застосування знаходять ферментні методи аналізу (ФМА), зокрема для визначення фосфорорганічних сполук.

Це стало можливим завдяки успіхам, досягнутим у дослідженнях механізму дії і структури цих біокаталізаторів. У теперішній час ферменти високого ступеня чистоти надходять у розпорядження аналітиків в усе зростаючій кількості і застосовуються для проведення реакцій *in vitro*. Переваги аналітичного застосування ферментів полягають у їх високій функціональній специфічності і чутливості. Здатність ферментів специфічно взаємодіяти з ФОС в різних сумішах виключає, у більшості випадків, тривалі операції попереднього поділу сумішей і скорочує час аналізу.

Особливий інтерес виявляють біохімічні методи визначення інгібіторів ферментів – фосфорорганічних отруйних речовин (ФОР).

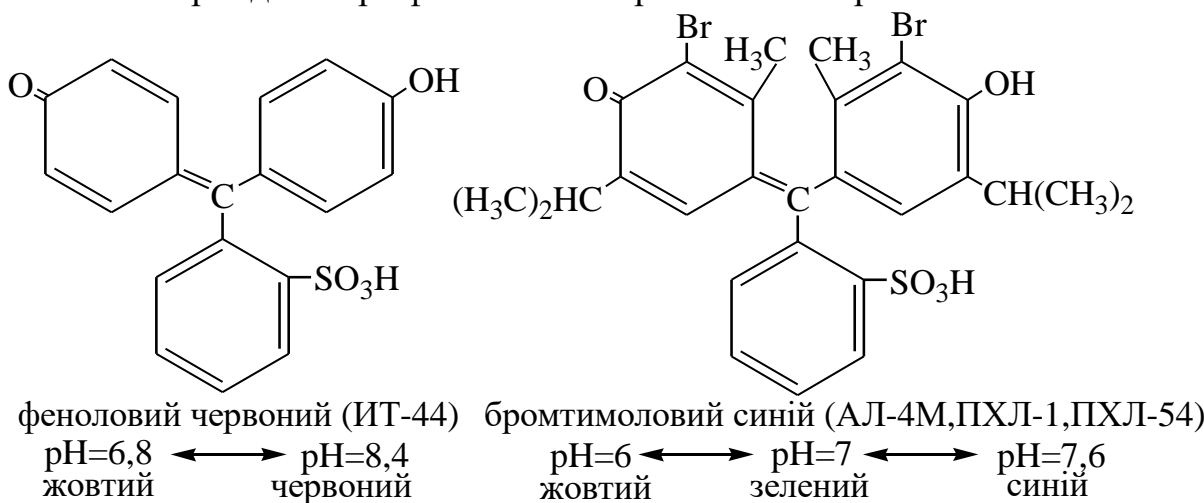
Часто використовуваними для аналітичних цілей джерелами ферменту є сироватка або гемолізовані еритроцити крові людини, великої рогатої худоби або коней, або при роботі з неспецифічними субстратами – гомогенати печінки. По можливості вибирають препарат ферменту, активність якого найбільш чутлива до дії обумовленого інгібітору.

Оптимальними температурними режимами є температура не нижче 25 і не вище 37°C, що відповідає фізіологічним умовам. Перед аналізом проб біохімічними методами будують градувальні криві або складають таблиці на основі отриманих при роботі з чистим інгібітором даних. При точному дотриманні умов, до яких також належить і чітке дотримання часу зливання розчинів реагентів, одержують результати, що після перерахування у відсотки пригнічення виражають як функцію концентрації або її негативного логарифму.

В аналітичних цілях використовують реакцію ферментативного гідролізу бутирилхолінійодиду (БХІ) холінестеразою (ХЕ):



Масляна кислота, яка утворюється в результаті ферментативної реакції, змінює колір індикатора фенолового червоного або бромтимолового синього:



Чим більша кількість ФОС в пробі, тим більше часу потрібно буде для гідролізу БХІ у порівнянні до часу зміни забарвлення у контрольній пробі. За

різницею часу змін забарвлення у дослідній та контрольній пробі роблять висновок про наявність та концентрації ФОР в пробі у відповідності до умов проведення реакції.

Чутливість методу $5 \cdot 10^{-7}$ мг/л або $10^{-8} - 10^{-9}$ мг ФОР у пробі.

Широке застосування для визначення ферментної активності в біохімічному методі аналізу знаходять спряжені біферментні системи, в яких визначення концентрації ацетилхоліну (Acetylcholin) – специфічного субстрату ферменту ацетилхолінестерази (AChE) – виконують за допомогою іншого ферментного процесу – окислення холіну (Cholin) під дією ферменту холіноксидази (ChO) з утворенням пероксиду водню (допоміжна реакція) і окислення хемілюмінесцентного індикатора люмінолу (Luminol) утвореним пероксидом в присутності ферменту пероксидази (PO) (індикаторна реакція) з наступною реєстрацією виникаючого свічення (Light) фотографічно або фотоелектричним методом.

Алгоритм вимірювання активності ацетилхолінестерази відомим хемілюмінесцентним методом зображений на схемі.

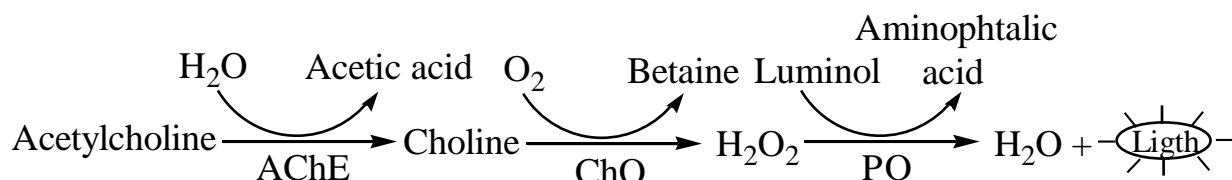


Схема вимірювання активності ацетилхолінестерази у ферментній реакції хемілюмінесцентним методом

Інтенсивність виникаючої хемілюмінесценції в системі прямо пропорційна активності ферменту, оскільки реакція гідролітичного розщеплення ацетилхоліну є лімітуючою стадією усього процесу.

Хімічною основою хемілюмінесцентного методу визначення ОР є такі реакції ОР, що приводять до утворення або руйнування люмінесціюючих речовин.

Люмінесценція – це надлишкове у порівнянні із тепловим електромагнітне випромінювання речовини в УФ, видимій і ІЧ ділянках спектру, що виникає після поглинання ним енергії збудження. Короткотривалу люмінесценцію, котра затухає одразу після припинення збудження, називають флуоресценцією. Джерелами збудження можуть бути світло (фотолюмінісценція), рентгенівські промені (рентгенюмінісценція), електричне поле (електролюмінісценція) тощо.

Великі можливості використання автоматичних приладів закладені в каталітичному методі. Сутність його полягає у гальмуванні визначених каталітичних реакцій слідами ОР, що знаходяться у повітрі, внаслідок отруєння ними каталізаторів-біокаталізаторів або неорганічних контактних каталізаторів. За рахунок великих виходів каталітичних реакцій можуть бути створені схеми приладів, що володіють винятково високою чутливістю до визначених ОР.

Цікавим прикладом використання неорганічних контактних каталізаторів є термокаталітична реакція окислення метилового спирту на нагрітому

платиновому каталізаторі. У присутності слідів деяких ОР в аналізованому повітрі каталізатор отруюється і його температура різко знижується. Реєструюча система фіксує зниження температури, що свідчить про наявність ОР.

До *фізичних методів* відносяться методи, засновані на реєстрації зміни фізичних властивостей атмосферного повітря при уведенні в нього парів ОР, наприклад зміни електропровідності, теплопровідності, коефіцієнта дифузії, деяких оптичних властивостей тощо.

Сутність методу полягає в прокачуванні повітря через іонізаційні камери (рис. 11.3.).

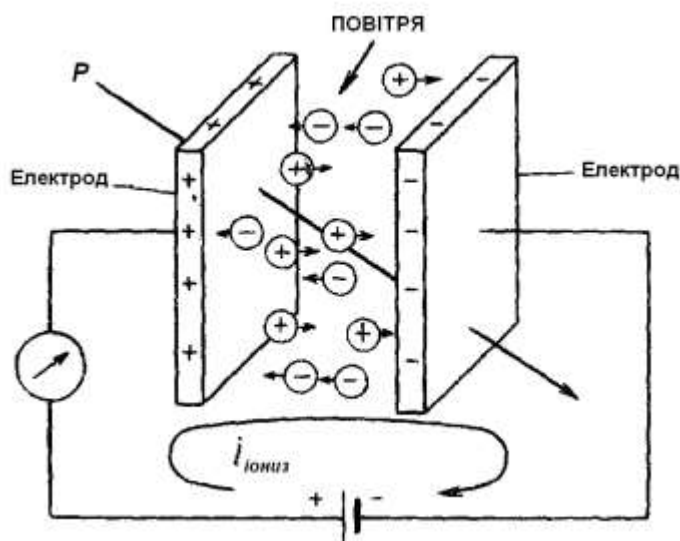


Рис. 11.3. Ланцюг іонізаційної камери

Визначення наявності ОР у повітрі відбувається шляхом реєстрації змін іонізаційного струму, що обумовлюється зміною концентрації іонів в іонізованому повітрі при наявності в останньому сторонніх домішок. З появою у повітрі парів ФОР відбувається зміна іонного струму в іонізаційному перетворювачі, пов'язане із впливом молекул ФОР на рухливість іонів, утворених при дії альфа-частинок джерел іонізації.

Це викликає спрацьовування електричного пристрою і посилення його сигналу до величини, необхідної для роботи реле, яке включає ланцюги видачі команди на виконавчі механізми і сигналізацію.

Дуже цікавим з погляду створення автоматичних приладів індикації є *спектральний метод* визначення ОР. Як відомо, принцип дії всякого спектрального приладу (заснованого на аналізі спектрів вбирання) полягає у фіксуванні змін, що відбуваються при пропусканні через досліджувану речовину (розчин і т.п.) пучка променів, що має суцільний спектр. За провалами інтенсивності на фоні суцільного спектра джерела випромінювання виявляється спектр вбирання даної речовини. Знайти його можна за допомогою фотоелемента або термоелемента болометра в залежності від спектральної області випромінювання використаного джерела.

Оскільки всі органічні речовини, у тому числі і ОР, поглинають в інфрачервоній (ІЧ) ділянці (у той час як більшість з них є прозорими для

видимих і УФ променів), створення автоматичних газосигналізаторів ОР можливе на основі спектральних приладів, які працюють в ІЧ ділянці спектра.

Іонізаційний і спектральний методи визначення ОР вигідно відрізняються від інших методів тим, що вони не вимагають складного комплексу індикаторних реактивів, які необхідно періодично поповнювати.

Фізико-хімічні методи засновані на використанні явищ, що супроводжують хімічні реакції або фізико-хімічні процеси, які відбуваються при взаємодії ОР з індикаторами, і реєструються за допомогою спеціальних пристроїв.

Найпростіші схеми автоматичних газосигналізаторів ґрунтуються на *фотоколориметричному методі* визначення наявності ОР у досліджуваному повітрі. Як відомо, фотоколориметричний аналіз ґрунтується на колориметричних реакціях, причому особливістю цього методу є заміна візуального способу визначення інтенсивності зміни забарвлення фотоелектричним методом реєстрації. Останній здійснюється за допомогою фотоелементів, загальний принцип дії яких полягає в тому, що світловий потік, потрапляючи на спеціально підготовлену поверхню напівпровідника або металу, збуджує на цій поверхні рух електронів; виникаючий при цьому струм вимірюється за допомогою електричної реєструючої схеми.

Найбільш широке застосування при розробці приладів, заснованих на фотоколориметричному методі, знаходять схеми, у яких взаємодія ОР з індикаторним реактивом здійснюється на стрічці (із тканини або паперовій), через яку просмоктується аналізоване повітря. Реєстрація зміни забарвлення стрічки здійснюється за допомогою фотоелементів. Оскільки фотоелементи фіксують не зміну забарвлення, а зміну освітленості (сили світлового потоку), то за звичай використовують схеми, у яких фотоелементи опромінюються світлом лампочки-освітлювача, відбитим від стрічки. На такому принципі улаштовані вітчизняні газосигналізатори і американські газосигналізатори.

Біологічний метод полягає у визначенні ОР в результаті взаємодії його з живим організмом дослідних тварин (кролики, собаки, кішки, миші, пацюки тощо). Визначення цим методом вимагає багато часу, кваліфікованих працівників, спеціальної апаратури тощо. З приводу цього біологічний метод застосовується для визначення дії невідомої ОР, кінцевої перевірки знезараження води, продуктів тощо.

2. Загальні принципи побудови та функціонування приладів хімічної розвідки

Принципи побудови та функціонування приладів хімічної розвідки ґрунтуються на вище викладених методах індикації отруйних речовин. Зрозуміло, що побудувати прилади можна використовуючи тільки об'єктивний спосіб визначення отруйних речовин.

При побудові приладів хімічної розвідки необхідно дотримуватись деяких вимог щодо відповідності приладів основним критеріям методів індикації отруйних речовин:

- чутливість визначення отруйних речовин;
- специфічність;
- швидкість появи аналітичного ефекту.

Під *чутливістю* розуміється мінімальна кількість визначеної речовини, що викликає видимий аналітичний ефект; у випадку колориметричних реакцій – чітка зміна забарвлення. Чутливість реакції виражається в міліграмах на мілілітр (мг/мл, при здійсненні реакцій у розчинах) і в міліграмах на літр (мг/л, при визначенні ОР у повітрі).

Специфічністю реакції називається відсутність появи аналітичного ефекту при дії різних, окрім визначеної, речовин. Абсолютно специфічні реакції зустрічаються дуже рідко, тому в практичних цілях звичайно задовольняються обмежено специфічними реакціями, тобто такими, що не дають помилкових показань при дії різних речовин, що можуть знаходитися на полі бою.

Вимога *швидкості появи аналітичного ефекту* визначається токсичністю ОР і викликається необхідністю своєчасного встановлення початку хімічного нападу (хімічного забруднення), щоб виключити ураження особового складу. Чим більшою токсичністю володіє ОР і чим вище є його концентрації, тим швидше вона повинна бути виявлена засобами індикації. Крім того, необхідно визначати ОР у концентраціях, що є мінімально небезпечними (викликають граничну дію). Іншими словами, мінімально діючі концентрації ОР повинні визначатися в терміни, що забезпечують можливість уживання заходів захисту особовим складом до одержання ураження. Так, якщо мінімально діюча концентрація зарину при 5-хвилинній експозиції складає 0,0005 мг/л, то, мабуть, такі концентрації повинні визначатися за 2-3 хв; подібні концентрації Ві-газів, за токсичністю приблизно в 10 раз переважаючі зарин, повинні визначатися в перші ж секунди і т.д.

У таблиці 11.3 приведені зіставлення концентрацій ОР, що викликають граничний ефект при різних експозиціях, з концентраціями, що підлягають визначенню в польових умовах. Відповідно до даних таблиці необхідна чутливість визначення таких ОР, як іприт, синильна кислота, хлорціан і фосген, лежить у межах 10^{-2} - 10^{-3} мг/л; у ФОР вона вище на 2-3 порядки.

Таблиця 11.3.

Токсодози ОР і вимоги чутливості індикаторних засобів

	Назва ОР						
	Ві-гази	Зоман	Зарин	Іприт	Синильна кислота	Хлорціан	Фосген
Гранична токсодоза мг*хв/моль	0,0003	0,0004	0,002	0,025	0,1	0,35	0,6

Концентрації (мг/л), що викликають граничну дію при експозиціях	1 хв	0,0003	0,0004	0,002	0,025	0,1	0,35	0,6
	5 хв	0,00007	0,00008	0,0005	0,005	0,02	0,07	0,12
	15 хв	0,00002	0,00003	0,0002	0,0017	0,01	0,03	0,04
	1 год	0,000005	0,000006	0,00005	0,0005	0,01*	0,01	0,01
	4 год	0,000001	0,000002	0,00001	0,0001	0,1*	0,005	0,003
Необхідна чутливість визначення, мг/л		$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$

*Синильна кислота на відміну від інших ОР не має кумулятивних властивостей і у концентраціях менших 0,01 мг/л, нешкідлива навіть у разі тривалих експозицій.

3. Засоби та прилади хімічної розвідки

Індикаторні порошки

Індикаторні порошки призначені для виявлення стійких ОР на ділянках місцевості з метою їх дегазації, обходу або подолання.

Специфічність індикаторних порошків дуже мала, оскільки і бризки від пального, і застосовані під час дегазації розчинники можуть також спричинити зміну забарвлення. Тому такі порошки в основному, використовують у тих випадках, коли факт застосування противником ОР і тип її встановлений іншим шляхом, а порошок дає можливість найбільш простим і дешевим способом встановити межі зараженої поверхні

Індикаторні порошки являють собою порошкоподібну основу, барвники, освітлювачі. Основою звичайно є кварцове борошно, подрібнений силікагель, тальк, тонкий морський пісок, карбонати лужноземельних металів і сульфат барію. Як барвники використовуються: церезиновий фіолетовий, кристалічний фіолетовий, церезиновий синій тощо. Як освітлювач додається хромовий жовтий.

Принцип дії індикаторних порошків: під час обробки індикаторним порошком поверхні, на якій є краплі ОР, барвник переходить у розчин. Виникаюче інтенсивне забарвлення створює добре помітний контраст з вихідним забарвленням порошку чи поверхні.

Види індикаторних порошків

Індикаторний порошок № 1 – під час контакту з сірчаним іпритом набуває криваво-червоного забарвлення.

Індикаторний порошок № 2 – під час контакту з сірчаним іпритом і фосфоровмісними ОР типу зарин набуває темно-зеленого забарвлення.

Індикаторний порошок № 3 – під час контакту з сірчаним іпритом набуває темно-червоного забарвлення.

Індикаторний порошок № 4 – під час контакту з сірчаним іпритом забарвлюється у темно-червоний колір.

Індикаторний порошок № 5 – під час контакту з сірчаним і азотистим іпритом, люїзитом і ФОР типу зарин порошок забарвлюється у червоний колір.

Індикаторні порошки найбільш зручні для виявлення стійких ОР на місцевості, особливо при низьких температурах, коли тиск пари ОР настільки малий, що здійснити визначення її концентрації в повітрі за допомогою індикаторних трубок неможливо.

На забарвлених у різні кольори поверхнях часто буває дуже важко швидко виявити краплі ОР, внаслідок чого застосування індикаторних папірців для виявлення крапель передбачає значних витрат часу.

Нанесення ж індикаторного порошку відразу на велику поверхню дозволяє швидко і просто знайти ОР.

Недоліком індикаторних порошків є мала специфічність відомих дотепер порошків, а також неможливість їхнього застосування у випадку аерозольного стану ОР. Під час осідання аерозолію на поверхнях утворюється дуже тонка "плівка" ОР, в якій речовина може бути виявлена тільки за допомогою реагентного індикаторного порошку на основі високочутливого реактиву. За таких умов більш придатний індикаторний папірець, за допомогою якого можна взяти пробу мазком.

Індикаторні олівці

Індикаторні олівці призначені для виявлення парів ОР, які осідають на тверді поверхні місцевості, озброєнні та бойовій техніці.

Індикаторні олівці являють собою стержні з пресованими наповнювачами, що просочені спеціальним реагентом. Захищені футляром олівці зберігаються тривалий час.

Принцип дії індикаторних олівців ґрунтується на нанесенні штрихування на тверді матеріали: каміння, метали, дерево і папір, які в присутності парів ОР змінюють забарвлення.

Види індикаторних олівців

Олівець для індикації синильної кислоти.

Зверху білих штрихів, нанесених цим олівцем, наносять штрихування олівцем на галогенціанати. Цим способом через 1 хв можна виявити HCN, починаючи від концентрацій 0,005 мг/л і ClCN – починаючи від 0,001 мг/л.

Олівець для індикації фосгену.

Пари фосгену, починаючи від 0,00003 мг/л, через 1 хв забарвлюють світло-сірі смуги, нанесені цим олівцем, у червоний колір; пари соляної кислоти у випадку вищих концентрацій заважають індикації.

Олівець для індикації нервово-паралітичних ОР

Суміш перша. У присутності пари зарину, при концентраціях менших 1 мг/л, штрихи, нанесені цими олівцями, за 1 хв забарвлюються у кольори від жовтогарячого до червоного.

Суміш друга

Штрихи, нанесені цими олівцями, в присутності незначних кількостей парів зарину забарвлюються у червоно-фіолетовий колір.

Індикаторні папірці та плівки

Індикаторні папірці призначені для індикації рідких ОР на поверхнях, парів ОР у повітрі, розчинів ОР у воді.

Індикаторні папірці входять до складу комплектів військових польових лабораторій ПХЛ-54, ПХЛ-1, АЛ-4М.

Індикаторні папірці являють собою фільтрувальний папір (картон), який просочений хімічним реагентом. Папірці зберігаються у футлярах.

Принцип дії індикаторних папірців ґрунтується на промоканні підозрілих крапель на поверхнях, захисному одязі тощо або нанесенні крапель досліджуваної речовини, наприклад, у лабораторії під час встановлення типу невідомої ОР.

Для індикації пари ОР або отруйних газів у повітрі існують дві можливості: або папір підвішують, закріплюють, або розміщують у визначених місцях так, щоб він піддавався не примусовій дії збоку отруєної атмосфери, і потім контролюють отримані результати, або отруєну атмосферу за допомогою насоса (гумового балона) примусово просмоктують крізь папір, закріплений у спеціальному тримачі.

Індикаторна плівка АП-1 являє собою поліетиленову плівку з нанесеним на один її бік індикаторним шаром. Для кріплення індикаторної плівки до різних поверхонь застосовується липка поліетиленова стрічка, що прикріплена до обох кінців індикаторної плівки з боку індикаторної поверхні. Вільна частина липкої стрічки захищена папером-накладкою.

Під час попадання на індикаторну поверхню аерозолів ОР типу V-газів з'являються плями синьо-зеленого кольору.

Щільність зараження визначається шляхом порівняння індикаторного ефекту на плівці від впливу аерозолів ОР типу V-газів з кольоровим еталоном за кількістю і розміром кольорових плям.

Проби крапельно-рідких і густих ОР, узяті в пробірки з калюж, осколків від снарядів, які вибухнули, мін і бомб чи з інших поверхонь, піддаються попередньому обстеженню за допомогою індикаторних папірців. Якщо проба досліджуваної крапельно-рідкої речовини достатня (приблизно 0,5-1 мл за об'ємом), то за допомогою капіляра наносять маленькі краплі цієї отруйної речовини на індикаторні папірці і після 3-5 хв спостерігають за забарвленням індикаторного папірця в місці нанесення краплі. Якщо ж речовини мало (3-4 краплі), то одну краплю або мазок отруйної речовини поміщують в маленький порцеляновий тигель, додають туди 2-3 краплі спирту-ректифікату, добре перемішують скляною паличкою, а потім за допомогою тієї ж палички чи скляного капіляра наносять по одній невеликій краплі отриманого розчину на пелюстки індикаторних папірців.

За наявності у випробуваному розчині іприту, трихлор-триетиламіну чи люїзиту на папірцях повинні з'явитися характерні для кожної ОР забарвленні плями.

Індикаторні трубки

Індикаторні трубки (ІТ) призначені для виявлення ОР, сильнодіючих отрутних речовин в повітрі, на місцевості, на озброєнні і бойовій техніці та визначення ступеня їх небезпеки.

ІТ входять до складу комплектів приладів ВПХР, ППХР, ПГО-11 та військових польових лабораторій ПХЛ-54, ПХЛ-1, АЛ-4М.

ІТ являють собою (рис. 11.4): скляні трубки, що запаяні з обох кінців, всередині яких розміщуються наповнювач або наповнювачі, та одна або дві скляних ампули з розчином. Кожна ІТ має маркірування, яке нанесене на верхню частину трубки. Безпосередньо перед використанням їх розкривають шляхом відламування кінчиків, видаленням затворів і прокачують через них досліджуване повітря відповідним насосом. Застосовуються ІТ декількох типів.

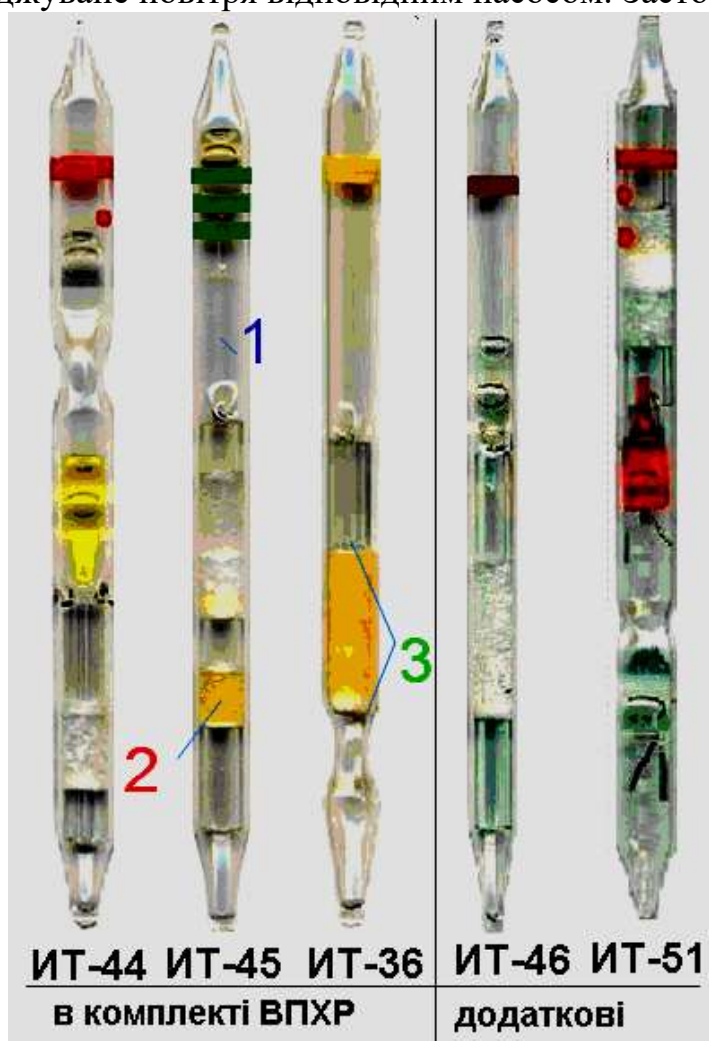


Рис. 11.4. Загальний вид та будова індикаторних трубок. 1 – скляна ампула; 2 – внутрішні ампули; 3 – наповнювач, якій змінює колір під дією ОР.

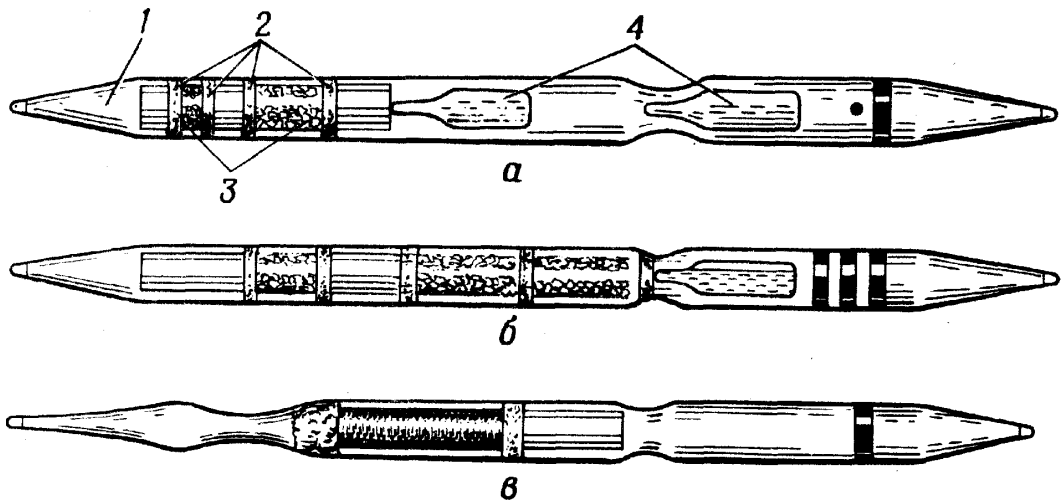


Рис. 11.5. Индикаторные трубки для определения зарину и VX-газов (а), фосгена, синильной кислоты и хлорциану (б), иприту (в): 1 - корпус трубки; 2 - ватные тампоны; 3 - наполнитель; 4 - ампулы с реактивами.

Индикаторные трубки находятся в паперовых кассетах с этикеткой по 10 шт.



Индикаторные трубки в паперовых кассетах с этикеткой

Принцип дії ІТ полягає у прокачуванні через них досліджуваного повітря та спостереженні за зміною забарвлення наповнювача внаслідок взаємодії реактивів, які знаходяться в трубці, та порівнянні його із забарвленням (текстом) на етикетці.

Найбільш широко ІТ застосовуються для індикації ОР у польових умовах.

Вони знаходять також широке застосування під час вивчення гігієни праці, у промисловій токсикології, промислового контролю, токсикологічних дослідженнях і, нарешті, як детектори в газовій хроматографії.

Прилади хімічної розвідки

В сучасних умовах ведення хімічної війни неприпустимо зневажати суб'єктивними методами оцінки бойових дій противника, хоча ефективність цих методів попередження небезпеки вкрай сумнівна, тим більше, що виявлення за запахом мінімальних концентрацій найнебезпечніших ФОР просто неможливе.

Відомі дотепер індикаторні папірці на ФОР занадто малочутливі, а ІТ конструктивно недосконалі. Значна частина їх не пристосована для безперервного контролю зараження. Після прокачування певного об'єму повітря для виявлення ОР потрібно розкрити ампулу з реагентом. За наявності небезпечних концентрацій ОР затрачений на ці операції час настільки затримає попередження про зараження, що це може призвести до великих втрат.

Іншим недоліком трубок є необхідність постійного спостереження за їхніми показаннями. З цієї причини навіть ті трубки обмежено придатні для своєчасного попередження про небезпеку, у яких в шарі носія вже є стабільні реагенти і які приєднані до автоматичних пристосувань для прокачування повітря.

Тому у всіх арміях світу існує прагнення до постачання військ автоматичними приладами, що забезпечують безупинну індикацію, працюють тривалий час без спеціального контролю і, з появою в атмосфері ОР, подають звуковий або світловий сигнал. Природно, особливо велике значення надається приладам, які легко транспортуються, мають невелику масу, прості в обслуговуванні та надійні в конструкції. Між розробкою автоматичних приладів для індикації ОР і розробкою приладів автоматичного контролю повітря на підприємствах хімічної промисловості існує, звичайно, тісний зв'язок; в обох випадках вимірювання ґрунтуються на тих же принципах.

Найбільш важливими критеріями придатності того чи іншого автоматичного газосигналізатора, поряд з названими вимогами до конструкції і надійності дії, є специфічність і чутливість індикації. Перешкодив роботі приладу в умовах бойової обстановки можуть викликати такі домішки у повітрі як вихлопні гази двигунів внутрішнього згорання і ракетних установок, порохові гази і димові засоби, концентрації яких можуть на порядки перевершувати концентрації ОР.

Відокремлювати ці домішки до того, як вони потраплять у зону реакції, за допомогою відповідних фільтрів практично дуже важко, тому що більшість фільтруючих матеріалів у тому чи іншому ступені адсорбують і ОР, що

приводить до їх втрати і зниження чутливості. Тому спостерігається тенденція використання специфічних або дуже селективних засобів індикації. Найбільш придатними для цих цілей є біохімічні та хімічні реакції ОР. Можливо також застосування адсорбційної спектроскопії в УФ-та ІЧ-ділянках. Специфічність інших фізичних і фізико-хімічних методів, заснованих, наприклад, на вимірюванні показника заломлення, магнітної сприйнятливості, електропровідності розчинів або іонізації газів, на визначенні теплового ефекту під час згорання чи теплопровідності, треба вважати недостатньою.

Конструкція приладів повинна бути такою, щоб вони могли миттєво оповіщати про раптову появу в повітрі ОР у великих концентраціях, що можуть дуже швидко привести до смертельного результату, а також вчасно (раніше, ніж мине потрібний час експозиції) попереджати про наявність малих концентрацій

ОР, що можуть викликати отруєння тільки після тривалої експозиції. Це може виключити будь-який ступінь ураження.

Дія приладів може бути заснована на хімічному, фізико-хімічному, фізичному, ферментному (біохімічному), біологічному, іонізаційному та інших методах. Дія великої частини дотепер розроблених приладів для визначення ОР ґрунтується на ферментному (біохімічному), фізико-хімічному та іонізаційному принципах. Мова йде винятково про прилади для індикації самих бойових токсичних хімічних речовин – фосфорорганічних сполук. У цих приладах з появою певної мінімальної концентрації ОР, що відповідає діапазону спрацьовування приладу, подається сигнал оповіщення.

Відомі також схеми, у яких взаємодія ОР з реактивом відбувається в рідкому середовищі, через яку барботується досліджуване повітря. У цих схемах світловий потік проходить кювету з розчином, попадає на фотоелемент, який трансформує світлову енергію в електричну, яку вимірюють чутливим гальванометром. Вимірювання забарвлення розчину здійснюється за допомогою електричної схеми. Однак прилади подібного типу є менш зручними для використання в польових умовах, чим стрічкові прилади.

Чутливість і специфічність фотоколориметричних азосигналізаторів визначається характеристиками хімічної реакції, яка покладена в їхню основу.

Оскільки більшість хімічних реакцій у кращому випадку має чутливість порядку 0,0001 мг/л, то, мабуть, фотоколориметричні газосигналізатори, засновані на хімічному методі, не можуть забезпечити вимоги визначення за чутливістю таких основних ОР, як зарин і V-гази. Тому під час створення автоматичних газосигналізаторів на ці ОР використовуються інші, більш чутливі методи аналізу. Характеристика деяких методів аналізу наведена в табл. 11.3.

Таблиця 11.3.

Метод аналізу	Чутливість, мг/л		Специфічність	Швидкодія
	Теоретична	Практична		
Люмінесцентний	10^{-8} - 10^{-9}	10^{-5} - 10^{-6}	задовільна	висока
Спектральний	10^{-7} - 10^{-8}	10^{-4} - 10^{-5}	задовільна	висока
Іонізаційний	10^{-9} - 10^{-10}	10^{-5} - 10^{-6}	задовільна	висока
Каталітичний	10^{-9} - 10^{-10}	10^{-6} - 10^{-7}	висока	недостатня

Нині на озброєнні підрозділів РХБ захисту є наступні прилади хімічної розвідки:

- військовий прилад хімічної розвідки *ВПХР*;
- напівавтоматичний прилад хімічної розвідки *ППХР*;
- напівавтоматичний газовизначник *ПГО-11*;
- автоматичний газосигналізатор *ГСА-1*;
- автоматичний газосигналізатор *ГСА-13 (ГСА-12)*;
- прилад радіаційної і хімічної розвідки *ПРХР*;
- автоматичний сигналізатор для виявлення аерозолів спеціальних домішок *АСП*.

Класифікація приладів хімічної розвідки.

За призначенням:

- загальновійськові (*ВПХР*);
- спеціальні (*ГСА-13 (12)*, *ППХР*, *ПГО-11*, *ПРХР*).

За способом використання:

- автоматичні (*ГСА-1*, *ПРХР*, *ГСА-13 (12)*);
- напівавтоматичні (*ПГО-11*, *ППХР*);
- ручні (*ВПХР*).

За методом індикації:

- хімічний (*ВПХР*, *ППХР*, *ПГО-11*, *ГСА-13 (12)*);
- ферментний (*ВПХР*, *ППХР*, *ПГО-11*, *ГСА-13 (12)*);
- фізичний:
 - іонізаційний (*ГСА-1*, *ПРХР*);
 - оптичний (*ГСА-13 (12)*).

Крім того, для відбору проб ґрунту, води, харчових продуктів та інших матеріалів, заражених ОР, РР і БЗ для їх подальшого аналізу в лабораторіях, використовується комплект пристосувань для відбору проб КПО-1.

Лекція № 12

Тема лекції: „Біологічна зброя та біологічний тероризм. Характеристика уражаючої дії біологічної зброї”

План лекції

1. Історія застосування та розвитку біологічної зброї.
2. Види і основні властивості біологічних засобів.
3. Способи і засоби застосування біологічної зброї.
4. Медичні та профілактичні заходи захисту.

Література

1. Кодекс цивільного захисту України. – Введ. 2013–07–01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Бактеріологічна (біологічна) зброя / редкол.: І. Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін. ; Держ. НДІ мит. справи. – 2-ге вид. – Хм. : ПП Мельник А. А, 2014. – Т. 1 : – 592 с.
3. Сердюк А.М., Хоменко І.П., Лурін І.А. та ін. Досвід організації санітарно-гігієнічного та протиепідемічного забезпечення військ (сил) під час проведення антитерористичної операції (операції об'єднаних сил) / за ред. акад. НАМНУ, чл.-кор. НАНУ В.І. Цимбалюка. Київ. 2019. 280с.

Вступ

Людство протягом всієї історії свого існування вело незліченну кількість воєн і зуміло пережити ще більше спустошливих епідемій. Тому цілком природно, що люди почали замислюватися про те, як би поєднати перше і друге воедино. Практично кожен воєначальник минулого змушений був визнати, що навіть найменша епідемія буде мати набагато більшу ефективність, ніж будь-яка добре спланована і проведена військова операція. Спроби пристосувати до військових потреб бактерії і віруси здійснювалися неодноразово, але лише у минулому столітті з'явилося визначення «біологічна зброя».

1. Історія застосування та розвитку біологічної зброї

По суті, інтенсивний розвиток біологічної зброї почався лише в ХХ віці, тобто охоплюється новітньою історією. А все його минуле навіть історією назвати важко, це були окремі і несистематичні спроби застосування. Причина такого стану речей очевидна – нічого не знаючи про збуджувачі захворювань і покладаючись тільки на феноменологічний підхід, людство інтуїтивно

використало біологічну зброю від випадку до випадку. Проте, і в ХХ віці воно використовувалося лічені рази, але про це ми поговоримо окремо. А поки, хронологія минулого.

Біологічну зброю необхідно розмежовувати з таким поняттям, як збудник інфекційного захворювання. Воно завжди є науково-технічним комплексом, що включає в себе виробництво, зберігання, обслуговування, а також оперативну доставку уражаючого біологічного агента до місця використання. Дуже часто для визначення біологічної зброї використовують термін «бактеріологічна зброя», що не зовсім вірно, тому що для завдання ураження використовуються не тільки бактерії, а також віруси та інші мікроорганізми і токсичні продукти їх життєдіяльності.



По суті, процес інтенсивного розвитку біологічної зброї почався порівняно недавно, тобто він охоплений тільки новітньою історією. Та й історією цей розвиток ще поки не став, бо за цей період було зафіксовано не занадто велику кількість (відносно невелику) кількість спроб його застосування. Тому було б доцільно поговорити трохи про далеке минуле, коли люди тільки починали замислюватися про те, що різні віруси та інфекції можна використовувати проти супротивника.

Історія багата прикладами застосування біологічно уражаючих агентів. Ще з прадавніх часів, переважно у військових цілях, з метою розширення володінь, масштабно використовувались хвороби для нанесення шкоди противнику.

Так, в 1500 р. до н. е. стародавні хети цілеспрямовано заражали чумою ворожі землі в Малій Азії. Перший документально підтверджений випадок застосування біологічної зброї у військових цілях відноситься до II тис. до н. е. Хети використовували овець, заражених туляремією, щоб уразити свого ворога. З листування єгипетського фараона з фінікійцями, відомо, що в 1335 році до н. е., фінікійське місто Сіміру охопила епідемія хвороби, що викликала недієздатність людини і смерть. На думку вчених, мешканці міста Сіміру потерпали саме від туляремії, яка також передавалася тваринам. Незабаром хети захопили і розграбували Сіміру. Після цього епідемія «туляремії»

почалася і в Хетському царстві. Кілька років згодом, Хетському царству довелося вступити у війну з малоазійською державою Арцава. Хоча шанси хетів вистояти в цій війні були невеликі, проте отримати Арцаві перемогу завадила епідемія туляремії, яка була викликана вівцями, що були спеціально підкинуті хетами у бік ворога. Саме туляремія призвела до згадуваної в документах «хетської чуми», яка уразила Близький Схід в XIV ст. до н. е.

Досліджено інформацію щодо скіфських лучників, які використовували стріли, забруднені кров'ю трупів, що розкладались. У VI ст. до нашої ери асирійці отруювали воду в колодязях на території ворога смертельно отруйними грибами. А карфагенський полководець Ганнібал закладав отруйних змій у глиняні горщики, якими обстрілював міста й укріплення супротивника.

Відомі хрестоматійні випадки V століття до н. е., зокрема, закони деяких країн вже містили табу на застосування біологічної зброї. Наприклад, військово-використання отрут забороняв індійський Закон Ману.

Історичні джерела засвідчують, що у стародавні й середні віки при облозі фортець чи інших фортифікаційних споруд, ворог нерідко намагався спричинити серед оборонців епідемію інфекційних хвороб. Поширеним було у той час закидання через мури тіл померлих від чуми чи холери.

До такого способу тактичного використання біологічного заразного матеріалу вдавався Олександр Македонський під час війни з Персією (356- 323 рр. до н. е.). В 334 р. до н. е. армія Олександра Македонського при облозі фортець (зокрема, міста Галікарнасса – сучасний Бодрум в Туреччині), за допомогою катапулт закидала трупи людей, собак та напіврозкладені частини інших полеглих тварин, у тому числі, які померли від інфекційних хвороб, на територію противника. Трупи коней і людей, що загинули від заразних хвороб, його війська залишали за собою також у разі відступу. Подібна тактика використовувалась і пізніше, під час різних воєнних кампаній

Під час пунічних війн між Римом і Карфагеном за Західне Середземномор'я в період 264-146 рр. до н. е. римські війська завалювали чумними трупами обложені місця, в наслідок чого отримали перемогу.

Досліджуючи історичні джерела, які містять інформацію про застосування біологічної зброї, важливо звернути увагу на Біблійну книгу. Так, в Старому Завіті говориться наступне: «І наведу на вас мстивого меча... і надішлю на вас виразку, і будете віддані ви до рук ворога»; і: «Покараю тих хто живе на землі Єгипетській, як Я відвідав Єрусалим, мечем, голодом та моровою виразкою».

Саме перша згадка про масштабні епідемії відбувається в контексті цього явища. Далі хроніка біологічних війн веде до древнього Єгипту. В давньоєврейському тексті Старого Завіту містяться описи «акта біологічного терору», які відносяться ще «до Мойсеєвих» часів, зокрема: «І відійшов Сатана від лиця Господнього, та ударив Йова проказою лютою від подошви ноги його по самого тім'я його». Хвороба Йова називається «шхин-ро», що у перекладі «паскудне запалення». Ця хвороба описується також в третій книзі Мойсея, під назвою «цорраасс» (в перекладі з грецької «лепра» або «проказа»). Як свідчать стародавні тексти, «дивакувата» хвороба ще за 80 років до виходу євреїв з

Єгипту вже була поширена серед населення країни. На думку вчених, явище, яке названо в Старому Завіті як «шхин-ро» або «цорраасс», багато в чому нагадує термінальну стадію ВІЛ-інфекції.

У Біблійній книзі «Вихід» описано, як в часи фараона Рамзесу II Мойсей посилав на єгиптян жаб, комах, мушні, щоб закликати на голови єгиптян шосту кару, – викликаючи у людей та худоби запалення з наривами і виразками (очевидно, віспу, чуму, сап, сибірку тощо). Для цього йому досить було кинути до неба і розвіяти жменю попелу над будинками ворогів (прототип сучасного аерозольного методу зараження людей і тварин). По суті, в цілях визволення свого народу Мойсей став першим користувачем біологічної зброї.

Період нового часу XII-XIV ст. характеризується рядом спроб диверсійного застосування хвороботворних засобів. Зокрема, до тактики забруднення джерел водопостачання ворожих військ трупами померлих від чуми та інших інфекцій людей та тварин охоче вдавався Фрідріх I Барбаросса під час завойовницьких походів в Італію (1152-1190 рр.). Наприклад, під час битви при Тортоне у 1155 р. він наказав закидати трупи людей, які розкладалися, у стан противника – табір ломбардійців.

Класичний приклад застосування хвороботворних мікробів у якості біологічної зброї фіксується 1346 роком під час облоги татаро-монголами міста Кафи (Крим). Ця війна збіглася з початком другої пандемії чуми, і тому окремі провідні вчені розглядають ці дії татаро-монгол, як перше достовірне свідчення застосування біологічної зброї. Зокрема, у стані військ хана Золотої Орди почалась епідемія бубонної чуми, джерелом якої були гризуни Середньої Азії (у той час ця хвороба реєструвалася лише в Азії). Татаро-монголи були змушені припинити облогу, але попередньо, за наказом хана Золотої Орди, вони катапультували заражених чумою пацюків та тіла померлих від бубонної чуми, за кріпосні стіни обложеної ними генуезької фортеці. Чумні трупи також закидали у колодязі та інші джерела водопостачання. Але, тут слід зауважити, що оскільки переносниками чуми служать інфіковані блохи, то в даному випадку монголами було застосовано ентомологічну зброю. Внаслідок цього, всередині міста почався спалах епідемії чуми і, у підсумку, Кафу було завойовано. Генуезьці, що захищали Кафу, вимушені були покинути фортецю і бігти. Втім, й татаро-монголи теж були змушені тікати від фортеці, щоб врятуватися від смертельної хвороби. Відтак, разом з біженцями, ця особливо небезпечна хвороба, яка отримала назву «чорної смерті», була занесена до Константинополя (нині Стамбул), Італії, в Геную, Венецію та інші порти Середземного моря, звідки чума швидко поширилась й на інші землі Західної Європи, викликавши страшну епідемію, яка забрала життя близько 25 млн осіб, що відповідало приблизно 10% населення тодішнього світу.

Невдовзі епідемія чуми охопила всю територію Європи, Близький Схід і про неї навіть заговорили у царській Росії. Далі чума розповсюдилася по всьому світу, а її жертвами стали принаймні 40 млн людей. Населення континенту тоді скоротилося вдвічі. Епідемія «чорної смерті» (1347-1351 рр.) була найстрашнішою пошестю в історії людства. Вважається, що це була

епідемія легеневої форми чуми, посилена передачею мікробів від людини до людини через блох. Однак, часто траплялися й випадки бубонної чуми.

На початок пандемії «чорної смерті» (1337 р.) війна між Англією і Францією тривала вже 10 років (1327-1427 рр.). Під час цієї столітньої війни спроби диверсійного поширення інфекційних хвороб були з обох сторін. Відомо, що ще на самому початку війни, французи закидали за допомогою металевих машин тіла померлих людей і тварин, що розкладалися за стіни замку Тін на річці Шельда.

В хроніці подій збереглися й інші відомості про застосування біологічних агентів під час загарбницьких війн, наслідком чого стали спустошливі епідемії чуми і віспи. Так, під час релігійної війни в Чехії (битва за Карлштейн, 1422 р.), тіла заражених чумою солдатів кидали в ряди противника. Під час Неаполітанської кампанії в 1435 р. була зроблена невдала спроба заразити проказою французів. Іспанські військові роздавали французьким воїнам вино з підмішаною в нього кров'ю людей, хворих проказою. У 1518-1520 рр. іспанський конкістадор заразив натуральною віспою ацтеків (плем'я індіанців, колишньої могутньої держави на території сучасної Мексики). Місцеве населення, яке не мало імунітету до цієї хвороби, скоротилося приблизно вдвічі. Польський воєвода Сименович (факт датується 1540 р.) запропонував заповнювати порожні ядра слиною скажених собак та іншими речовинами, «які здатні отруїти атмосферу і викликати епідемію».

У трактаті Тіораценді ді Раніона (*Tbracendi di Raniona*), який з'явився у XVI ст., уперше викладена методика та рецептури розповсюдження біологічних агентів, шкідливих матеріалів, бактерій під час військових дій і диверсій із метою знищення живої сили ворога та його кавалерійських коней. Першим розробником біологічної зброї в лабораторних умовах вважається французький учений Луї Пастер, який з метою проведення експериментальних досліджень навмисно труїв диких кроликів-шкідників, заражуючи їх бацилою курячої холери.

У 1710 р., під час війни Росії зі Швецією, до тактики використання тіл померлих від чуми вдавалися російські війська при облозі фортеці Реваль в Естонії. Цікаво, що в 1741 р., з 27 тисяч англійських солдат, які брали участь в загарбницьких кампаніях в Мехіко і Перу – 20 тисяч загинуло від жовтої лихоманки. Однак, доказів щодо умисного зараження англійських солдат немає. З метою масового вбивства людей багаторазово використовували вірус натуральної віспи. Вперше, в якості біологічної зброї, цей вірус був застосований у XVI столітті під час колонізації Південної Америки. Іспанський конкістадор наказав роздавати індіанцям одяг хворих на віспу, що заподіяло непоправної шкоди, зокрема у результаті спровокованої епідемії померло близько 3 млн корінного індіанського населення Америки, яке не мало імунітету до цього захворювання.

У XVIII столітті, під час франко-індіанської війни (1754-1767 рр.), тривале використання біопатогенів віспи з метою винищення лояльних до Франції індіанських племен, здійснювали британські військові в Північній Америці. Мали місце епідемії віспи, що вбивали більш ніж 50% уражених

племен індіанців. Детально задокументований випадок використання вірусу віспи у якості біологічної зброї відбувся в 1763 р., коли британській генерал подарував індіанцям, які під час франко-індіанської війни допомагали французам (ворогам англійців), контаміновані вірусом ковдри і хустки, спеціально доставлені зі шпиталю для хворих на віспу. Внаслідок цього, серед індіанців, які осаджували фортецю Форт-Пітт в Пенсільванії (штат Огайо), вибухнула епідемія віспи, що і дозволило британцям одержати перемогу. Надалі, це призвело до трагічних наслідків: серед індіанських племен спалахнула страшна епідемія віспи, від якої загинув кожен десятий корінний мешканець.

У 1785 р. подібну тактику застосували тунісі. Вони зробили кілька безнадійних спроб зараження французів чумою, що займали фортецю Ла Кале, закидаючи туди через стіну одяг померлих від цієї хвороби.

Дослідники середньовіччя звертають увагу на те, що після встановлення шляхів зараження деякими інфекційними хворобами, нерідко траплялися вбивства завдяки безпосередньому або опосередненому перенесенню патогенів. Поширеним було зараження скупчень людей. Про це свідчать задокументовані судові процеси і перекази про так званих «морознавців» (мор – епідемія).

У XIX ст. тенденції з використання біологічної зброї при проведенні військових операцій тільки поширювалися. Так, в 1802 році, армія Леклерка (30 тисяч осіб), направлена Наполеоном на о. Гаїті для придушення повстання, майже повністю загинула від жовтої лихоманки.

Статистика свідчить, що в Європі, лише за період з 1733 р. по 1865 р., у війнах загинули близько 8 мільйонів людей, з них військові втрати становили лише 1,5 мільйона, а 6,5 мільйона людей загинули від інфекційних хвороб.

Під час громадянської війни у США, уніоністи, перебуваючи на кордоні з Півднем, часто наражалися на небезпеку бути отруєними, приймаючи їжу та напої від місцевих мешканців. Війська конфедерації, відступаючи в 1863 р. з околиць Міссісіпі, закидали трупи у водозбірники та вододжерела, якими могли скористатися уніоністи. У цій же війні робилися й інші підступні спроби використання біологічних засобів ураження. Зокрема, солдатам Півночі доставляли одяг, контамінований вірусом натуральної віспи, а також вбрання від хворих на жовту лихоманку. Достеменно не відомо, скільки солдат померло через віспу (вірус жовтої лихоманки у такий спосіб не переноситься), але безсумнівно, такі випадки були. У цілому, під час громадянської війни між Півднем і Північчю, від інфекційних хвороб, військових померло більше ніж полягло на полі бою.

Історія війн минулого знає й інші подібні приклади, у тому числі й випадки навмисного розповсюдження збудників інфекційних хвороб. Наведені приклади свідчать, що до початку «золотої пори» мікробіології (середина XIX ст.) застосування біологічної зброї опиралося на емпіричні дані. Вдосконалення відбувалось у напрямку від примітивних форм застосування відомого заразного матеріалу і, аж до широкомасштабного використання засобів біологічного ураження для штучного поширення інфекційних хвороб серед людей і тварин, головним чином поміж ворожих військ і коней. Однак, спроби біологічних

диверсій, що здійснювалися в бактеріологічний період, як правило, виявлялися невдалими, за винятком тих рідкісних випадків, коли у високо сприйнятливих популяціях людей поширювався одяг хворих натуральною віспою. Але, навіть наведені приклади використання біологічної зброї дуже неповні, оскільки ініціатори та виконавці часто приховували подібні вчинки, а, крім того, у той час довести навмисне спричинення епідемії інфекційних хвороб було дуже важко.

Розпочата у другій половині XIX ст. масова вакцинація і ревакцинація військ і населення проти натуральної віспи, остаточно знецінила цей спосіб біодиверсій. Наприклад, у 1870 р. під час облоги Парижу, французьке командування наказало залишити заражений віспою одяг в місті, яке було покинуте французькою армією, щоб заразити прусські війська. Але тоді це не мало дії. Однак, через рік віспа вже без всякого зусилля з боку людини, поширилася Європою, Росією і північноамериканським континентом, не дивлячись на різницю між містами, населення яких було двічі вакциновано, і тими, де вакцинація не проводилась, дотримуючись якихось своїх, невідомих правил. Тим не менш масове ураження людей штучно викликаними епідеміями вважалося можливим. Загроза штучного поширення епідемії усвідомлювалася європейцями. Зокрема, з ініціативи російського царя Олександра II між Росією та європейськими країнами, підписувалися навіть різні угоди, які обмежували застосування отрут і заразного матеріалу в майбутніх війнах. Серед них відомі: Петербурзька декларація (1868 р.), Брюссельська декларація про закони і звичаї сухопутної війни (1874 р.), Оксфордські рішення (1880 р.).

На початку XX ст. у деяких країнах, передусім у Німеччині, розпочались інтенсивні дослідження, спрямовані на використання біологічної зброї (на той час вона називалася бактеріологічною), з метою знищення людей і свійських тварин. Як свідчить історичний досвід, у Першій світовій війні використовувалися хімічні засоби масового ураження. З 1915 р. диверсанти кайзерівської армії систематично проводили біологічні атаки із застосуванням збудників сибірки та сапу, спрямовані, насамперед, проти кавалерійських коней та іншої худоби, що вирощувались в країнах Антанти; при цьому зараження відбувалося через забруднений мікробами корм. У 1916 р., одразу після оголошення війни Румунії, до німецького консульства у Бухаресті надійшла посылка, що містила ампули з вирощеними бактеріями сибірки та сапу, а також детальні інструкції щодо способу інфікування коней і худоби. В цьому ж році, за допомогою скляних приладів з бактеріальними культурами сапу і сибірки, працівниками німецьких посольств були заражені тварини (коні та велика рогата худоба) призначені для експорту з Іспанії в Англію чи Францію, з Румунії, Аргентини і США, а у Швеції та Англії для зараження тварин застосовували ампули зі збудниками сибірки. Найбільшим здобутком німецької диверсійної діяльності було інфікування сапом у Месопотамії понад 4500 мулів, призначених для використання військами Антанти. У завершальній фазі Першої світової війни в тилу західного фронту німці спричинили епізоотії ящуру худоби. В січні 1917 р. керівник «групи туристів», затриманої на кордоні Фінляндії і Швеції, заразив збудником сибірської виразки оленів, які

перевозили британську зброю для росіян. Для зараження використовувалися ампули з культурою, заховані в кусках цукру та в склянках з м'ясної тушонки.

Наявна інформація про те, що під час Першої світової війни, біологічні засоби ураження застосовувалися також і проти людей. Так, в 1915 р. командування німецької армії намагалось викликати епідемію чуми в Петрограді. В тилу російсько-німецького фронту було схоплено диверсанта, оснащеного ампулами з вирощеними чумними паличками. Як було встановлено під час слідства, його зобов'язали розсіяти ці бактерії серед мешканців Петрограду. Інший німецький диверсанта, виявлений російською контррозвідкою, також мав біологічний матеріал і детальну інструкцію щодо бактерійного забруднення водогонів, фуражу й зараження тварин. У 1918 р. німецькі літаки над румунськими містами навмисно скидали овочі, шоколад і дитячі іграшки, забруднені хвороботворними бактеріями.

Доведеним є також факт поширення у 1918 р. в Європі пандемії грипу «іспанка», внаслідок чого вимерло понад 50 млн людей.

У 1918 році Українська Галицька Армія (УГА) здійснила успішний рейд територією України, звільнивши українські міста від більшовиків. Однак, згодом вояків цієї армії вразив невидимий ворог – черевний тиф, що був спланованою спецоперацією відповідних служб противника. На думку ряду дослідників 1919 році з інституту Пастера більшовиками були викрадені штами черевного тифу, страшною хвороби, якою заразили бійців УГА. Через тотальне виснаження армія відступила і була розформована радянською та польською сторонами. Ця інформація надає нам можливість зафіксувати факти випробування біологічної зброї, спектр її дії проти українського самостійницького руху.

Відслідковуючи розвиток ситуації, можна впевнено констатувати, що прогрес мікробіології, зокрема, відкриття збудників інфекційних хвороб, сприяв процесу у створенні та нагромадженні нових видів біологічної зброї.

У 1925 році світова спільнота, маючи за мету запобігти згубній дії біозброї, уклала Конвенцію (Женевський протокол), яка заборонила використання у військових діях хімічної та бактеріологічної зброї. Радянський Союз приєднався до цього документа в 1928 році. Конвенція вважається найпершим відомим актом законодавства, в якому йдеться про біологічну зброю, але, на жаль, її зміст не вбезпечив вивчення і володіння такою зброєю. Очевидно було, що заборона носила загальний характер, і це пояснювалось досить високим рівнем секретності розробок, які велись на той час світовими державами.

У 1933 році Німеччина розпочала вивчення можливостей застосування у майбутніх війнах біологічної зброї. Цього ж року вона започаткувала експерименти з вивчення ефективності аерозольного шляху розповсюдження бактерій і забруднення ними овочів та фруктів, а з 1937 року розпочала активні пошуки способу використання збудника сибірки як біологічної зброї.

Найбільшого «успіху» у цих питаннях досягла Японія. У 1932 року тут розпочалося найпрогресивніше за масштабом вивчення властивостей біологічної зброї. На території Маньчжурії були створені глибоко

законспіровані науково-дослідні лабораторії, які в цілому отримали назви «загін 731» і «загін 100», причому усі дослідження проводилися на військовополонених. Потужності «загону 731» дозволяли продукувати щомісячно 300 кг зависі збудника чуми, 600 кг суспензії сибіркових бацил, 1 тону зависі холерних вібріонів, 900 кг зависі черевнотифозних бактерій, 200 кг живих блох. Для доставки цих збудників на територію противника, крім блох, використовували десятки тисяч заражених щурів, розроблялися і різні типи авіабомб. Керамічні бомби начиняли зараженими чумою блохами. При падінні на землю бомба розбивалася, і зброя починала діяти. Ця зброя також була випробувана 1939 року на теренах Монголії, 1941 року – Китаю. Наслідки були вражаючі – сотні тисяч хворих і померлих людей.

Також під час II Світової війни Великобританія провела військовий експеримент на острові Груїнард (Grainard Island) на узбережжі Шотландії. На острів було завезено стадо овець, після чого здетоновано декілька бомб з начинкою спор сибірки. Через тиждень усі вівці померли від легеневої форми сибірки. З тих пір острів Груїнард залишається закритою зоною, непридатною для заселення людей чи використання земель в аграрних цілях. Цікавим є той факт, що в 90-х роках минулого століття у ґрунті на глибині 6-8 мм знаходили спори сибірки. Збудник сибірки створює нові резервуари інфекції, які спроможні викликати спалахи хвороби у будь-який час.

СРСР розпочав вивчення можливостей застосування у майбутніх війнах біологічної зброї приблизно у вищезгаданій проміжок часу, що безпосередньо було пов'язано з іменем Ю. І. Деміховського. Концепція біологічного нападу та розробка способів захисту від нього набули актуального поширення того періоду. Зважаючи на успіхи у відповідній сфері, СРСР уже на початку Другої світової війни налічував достатні запаси біологічної зброї. Це, у свою чергу, надало можливість Гітлеру використати подібну зброю у війні проти Радянського Союзу.

Цікавим є історичний факт, що у вересні 1941 року, коли радянська армія героїчно тримала оборону Одеси, професійні військові виявились безсилим перед епідемією холери, що зненацька охопила місто. Це був цілеспрямований акт Німеччини проти цивільних та військових, які локально там знаходились. Взявши місто в облогу, румунська армія заразила питну воду холерною паличкою і вже згодом, уражена інфекцією Одеса опинилася під контролем окупаційних військ.

Існують припущення, що восени 1942 року була застосована така біологічна зброя як вірус туляремії – вкрай небезпечної лихоманки, яка передається людині від гризунів. Солдати гітлерівської Німеччини тоді стрімголов рвалися до Волги, а у СРСР катастрофічно не вистачало сил протистояти ворогові. Тому у бій начебто кинули бойових щурів, заражених туляремією. Епідемія смертельним конвеєром косила нацистів. Але щурі бігали від табору до табору і заразили ще й радянських солдатів. Про це свідчать як німецькі, так і радянські архіви. У СРСР від епідемії тоді загинуло майже 100 тисяч осіб.

Результатом дії іншого радянського «агента біологічної війни», вважається спалах Ку-лихоманки серед німецьких військ, що відпочивали в Криму в 1943 р.

Німці, під час Другої світової війни, не ризикували порушувати правила Женевського договору, проте вони діяли старими перевіреними методами. Так, наприклад, для поширення епідемії серед ув'язнених таборів смерті біля білоруських Озаричи, нацисти звозили туди людей хворих на тиф. В результаті утворився серйозний осередок захворювання. До речі, на судовому процесі над головними військовими злочинцями в Нюрнберзі було встановлено, що нацисти в широких масштабах застосовували біологічну зброю проти військовополонених і мирного населення (штучно поширювалися висипний тиф, дизентерія, інші гостроінфекційні захворювання).

Відповідно деяких даних під час Другої світової війни біологічна зброя використовувалась японськими військовими в Китаї. Документально доведено, що під час війни проти Китаю, починаючи з 1940 р. і по 1944 р., бактеріологічні експедиції японської армії більше 11 разів застосовували різні види біологічних засобів проти китайських військ і мирного китайського населення. Зокрема, біологічної атаки зазнало щонайменше 11 китайських міст над якими скидали бомби з сибірською виразкою, чумою та іншими бактеріальними агентами, збудники черевного тифу закидалися в колодязі, в результаті чого в ряді міст Китаю спалахнули епідемії чуми і тифу.

Спроба практичного застосування бактеріологічної зброї відбулася в 1940 р., коли на китайське місто Нінбо японці скинули бомби (мішки), начинені чумними блохами. Чорна смерть не забарилась знищити значну частину мирного населення міста. Японські агресори намагалися забруднити збудниками сибірки, холери, шигельозу, сальмонельозу і чуми воду та інфікувати різну живність. Культури бактерій закидали й безпосередньо до будинків, а також розпилювали у вигляді аерозолю з літаків. Щоб спричинити епідемію чуми, над тими ж містами з літаків скидали інфікованих блох, внаслідок чого серед населення панували масові захворювання чумою та іншими небезпечними інфекціями. Досі не відомо кількості жертв тих нападів. Однак з'ясовано, що тільки після атаки на місто Хангтег у 1941 р. виникло близько 10 000 захворювань, переважно на холеру, й загинуло 1 700 осіб. А в 1942 р. сотні китайських військовополонених були заражені тифом і випущені з таборів. Японське командування, навіть, на території Японії було готово застосувати біологічну зброю проти американського десанту, пожертвувавши цивільним населенням. Однак, японські військові не встигли застосувати біологічну зброю проти США і СРСР, тільки завдяки стрімкому наступу радянських військ у серпні 1945 р.

Також слід зауважити, що у 1946 р. група євреїв з організації «Месники за кров Ізраїлю», які під час війни були в'язнями нацистських концтаборів, вирішили помститися німцям, отруївши питну воду в таборі, де утримувалися колишні есесівці, в результаті чого декілька сотень із них захворіли на холеру.

Впродовж 1943-1947 рр. до використання біологічних засобів з метою придушення опору Української повстанської армії (УПА) нерідко вдавалися

агенти Народного комісаріату внутрішніх справ СРСР (НКВС). Наводимо деякі витяги з численних свідчень очевидців цих подій мовою оригіналу: «Епідемію висипного тифу штучно викликали агенти Москви, що їх НКВС призначувало до польських терористичних банд, як дорадників та інструкторів партизанської тактики. Банди під час своїх «акцій» розсипали тифозні воші по тих селах, куди найчастіше заходили відділи УПА. Одначе польське населення з-за Сяну скоро запротестувало проти цієї методи, лякаючись, що епідемія пошириться теж і на польські села. Більшовицька контррозвідка попала тим часом на одну «лінію» зв'язку ОУН з Краковом і використала її на те, щоб закупувати УЧХ-ом (Українським Червоним Хрестом) протитифозну вакцину підмінити на отруту. «Інфекційні недуги, як черевний тиф, червінка в 1945-1946 рр., як цивільній людинності, так і вояцтву завдавали великих жертв. Від державних компетентних чинників не роблено жодних протизаходів, а навпаки, ворог застосовував проти українського населення бактеріологічну війну. Приміром, у липні 1946 року на Волині НКВС роздало між сексотів отруту із завданням отруїти учасників українського революційного підпілля, додаючи отруту до води та їжі. На весні 1946 року НКВС висилає агентів із затифозненими вошами до українських сіл, куди заходили вояки УПА. УЧХ, щоб запобігти дальшому поширенню тифу, проводив по заражених селах щеплення, а з хвилиною, коли вже вичерпались з магазинів щепленки, їх закупував на чорному ринку по досить високих цінах. Коли НКВС довідалося, що УПА скуповує на чорному ринку протитифозні застрики, воно випустило на цей ринок спеціально спрепаровані, затроєні застрики, від яких хворий, по кількох годинах серед страшних мук умирав. На щастя, наші лікарі досить скоро викрили цей страшний злочинний підступ. До того часу, одначе, поки підступ викрито, від таких затроєних застриків померло кільканадцять повстанців. Це було у Станиславівщині весною 1946 року.

Після війни продовжувались роботи по удосконаленню старих і розробці нових видів біологічної зброї (переважно спори сибірки, ботулотоксин, резистентні до дії антибіотиків бактерії холери, чуми), а також види захисту від неї (захисні костюми, вакцини, сироватки, антидоти). У США робота у цьому напрямі особливо інтенсифікувалася після втрати своєї монополії на ядерну зброю – створення спеціальних центрів, інститутів, лабораторій, полігонів з акцентом на наступальну тактику та солідним обґрунтуванням «переваг» біологічної зброї – масове ураження людей без руйнації матеріальних вірусів, промислових та культурних об'єктів («гуманна зброя»), відсутність необхідності мати великі армії, дороговартісну наступальну техніку, безшумність і безкровність зброї, можливості її виготовлення бідними країнами («зброя бідних країн»), превентивного захисту нападаючої сторони тощо.

Наприкінці 1951 р. уряд США вдався до застосування біологічної зброї. Так, взимку 1951 р. з американських літаків на Корею скидалися чума, холера, дизентерія, сибірська виразка. А у січні 1952 р. США розв'язали в Китаї вже широкомасштабну бактеріологічну війну із застосуванням збудників чуми, холери, сибірки, а також збудників, що знищують сільськогосподарські посіви. Перевагу було віддано диверсійному засобу застосування біологічної зброї. За даними відкритих публікацій, військовослужбовці США скидали з літаків

біологічні бомби із зараженими комахами і гризунами в десятках районів, міст і провінціях Кореї і Китаю. Тільки за два місяці (з 28.12.1952 р. по 31.03.1952 р.) авіація США більш ніж у 400 різних пунктах Північної Кореї скинула понад 700 разів бактеріологічні бомби та заражені смертоносними мікробами різні предмети. За цей період США застосовано 16 видів біологічної зброї з метою зараження повітря, води та поширення інфекційних хвороб. Північна Корея і Китай звинуватили США у використанні біологічної зброї під час корейської війни, зокрема в поширенні холерних вібріонів і комах, інфікованих паличками чуми. Однак, американські військовики категорично відкидали висунуті проти них звинувачення, як у міжнародній комісії Червоного Хреста, так і в комісії ВООЗ.

Варто згадати про факт 1964 року, коли десятки іноземних послів відвідали Канів з метою вшанування 150-ти річчя від дня народження Тараса Шевченка. Після гучного свята місцеві селяни запримітили на городах чудернацького жука у смужку. Екзотична комаха, яка спочатку викликала захоплення у дітей, за кілька років обернулася для українців суцільним жахом. Колорадський жук, немов сарана, під корінь з'їдав стебла молоді картоплі, залишаючи селян без врожаїв. Згідно даних спецслужб СРСР це розцінювалось як цільовий формат завезення жука, який був виготовлений і запущений для підривання аграрного сектора економіки. Радянська преса прирівняла збитки від колорадського жука до атомних вибухів у Хіросімі та Нагасакі.

Поштовхом до розвитку біологічної зброї в Радянському союзі стали дослідження в галузі генної інженерії в 1972 році, що дали можливість створити першу рекомбінацію (гібридизацію) ДНК, у якій були поєднані фрагменти ДНК двох різних живих організмів – фаги лямблії й кишкової палички із циркуляцією ДНК мавпячого вірусу 40. Інакше кажучи, була показана принципова можливість маніпулювання з генетичною речовиною живих організмів.

10 квітня 1972 року міжнародною спільнотою, в тому числі і СРСР, було прийнято Конвенцію про заборону розробки, виробництва та накопичення запасів бактеріологічної (біологічної зброї) і токсичної зброї та про їх знищення, текст якої закріпив визначення предмета регулювання, зокрема це мікробіологічні або інші біологічні агенти чи токсини, хоч якими б були їх походження або метод виробництва, таких видів і в таких кількостях, що не мають призначення для профілактичних, захисних або інших мирних цілей.

Учені колишнього СРСР, незважаючи на те, що 1972 року державою було схвалено Конвенцію про заборону виробництва, використання й зберігання біологічної та токсичної зброї, а також про необхідність знищення її запасів, активно здійснювали ряд досліджень щодо вдосконалення біологічної зброї. Під прикриттям дозволеної діяльності таємно розвивалася гігантська комплексна програми «Біопрепарат» – потужний військово-біологічний науково-виробничий архіпелаг зі щонайменше 55 тис. працівників різного рівня. В офіційні обов'язки «Біопрепарату» входило керівництво роботою різних «відкритих» об'єктів, які офіційно працювали над дослідженням ефективності вакцин, сироваток, біопестицидів, виробництвом лабораторного

обладнання. Частина цих структур одночасно працювали як структури для виробництва біологічної зброї (Оболенськ, Московська область; Вірусологічний інститут під Новосибірськом; Інститут особливо чистих препаратів у Санкт-Петербурзі, Імунологічний інститут у Любучанах, Пензенський комбінат «Біосинтез», Мікробіологічний інститут у Степногорську, науково-виробнича база у Бердську тощо), і у короткий термін могли, у разі необхідності, перейти на її масове виробництво. У розпорядження «Біопрепарату» було також 7 резервних підприємств, які могли б бути введені в дію негайно на випадок війни, а також 5 випробувальних полігонів (Нукус, Кара-Калпакія, Реутов, Московська область; Шихани, район Волги; Стрижі, район Кірова; острів Відродження, Казахстан).

Варто не забувати, що трагічні випадки із використанням біологічної зброї мали своє продовження. Так, у квітні 1979 року у секретній лабораторії «Свердловськ-19» сталося неприпустиме: частинки біозброї потрапили назовні, а вітер швидко розніс містом сибірку. Невидиму зброю науковці неймовірним чином запрограмували так, що спори бактерій розрізняли вік і стать. Тому жертвами були переважно молоді чоловіки. Лише через тиждень, коли під містом виросло ціле кладовище загиблих від сибірської виразки, радянська влада почала діяти. Борис Єльцин, який тоді очолював Компартію у Свердловську, наказав відрізати місто від зовнішнього світу та почати будівництво метро, аби відволікти увагу населення. Одночасно радянські спецслужби замітали сліди. У сім'ї, де помирали від сибірської язви, навідувалися працівники КДБ і забирали документи про смерть. У лікарнях дивним чином зникали записи про хворих. А місцева преса рясніла повідомленнями, мовляв, таємнича хвороба – це диверсія американців, які скинули вбивчий вірус на Свердловськ, як колись колорадських жуків.

Вже пізніше, після розпаду СРСР, президент Росії Б. Єльцин порівнював наслідки епідемії сибірської виразки у Свердловську із Чорнобильською катастрофою. А родичі постраждалих від сибірки до цього часу «воюють» за матеріальну компенсацію, але російські суди, як і радянські, усі позови відхиляють.

Є відомості про те, що у 70-ті рр. минулого століття радянські розвідники роздобули в Індії збудника натуральної віспи. Зброя на базі віспи випускалася в Загорську ще із 40-х рр., але індійська виявилася ефективнішою. Адже натуральна віспа – це, по суті, війна проти всього світу: у 1980 р. ВООЗ повідомила про те, що досягнута планетарна елімінація вірусу натуральної віспи. У зв'язку з цим щеплення проти цієї недуги були припинені. А це означає, що країна, яка зберігає зазначеного збудника, володіє зброєю, до якої чутлива більшість людей на Землі. Відомо, що радянські спецслужби за будь-яку ціну намагалися роздобути смертоносні віруси геморагічних гарячок: болівійської, Ебола, Ласса, Марбурга. Щодо останньої, то німецькі учені працювали в Марбурзі над вакциною проти східно-африканського вірусу. Але сталася трагедія: заразилися і загинули декілька учасників робіт. Радянські розвідники таємно розрили могили, дістали трупи померлих і вивезли в СРСР зразки інфікованої тканини. Тоді над розробкою бойового вірусу цієї гарячки

працювали ще майже двадцять років. Знову «допомогла» трагедія: у квітні 1988 р. загинув працюючий над цією проблемою мікробіолог Установ. І вже з його тканин був виділений вірус-мутант, що був узятий у 1990 р. на озброєння Радянською Армією.

Ще одним прикладом наслідків біологічної зброї є аварія на острові Відродження (Аральське море), що відбулася влітку 1984 року через вихід із під контролю біологічних випробувань. Загинуло кілька батальйонів солдатів і значна частина обслуговуючого персоналу. У 1989 році були зареєстровані спалахи інфекційних хвороб у Приураллі.



Виробництво біологічної зброї на основі вірусу натуральної віспи було організовано в Загорську-6 і в інституті м. Кольцово. «Збройний запас натуральної віспи» у Загорську-6 становив 20 т, у Кольцово в 1990 році могли виробляти від 80 до 100 т вірусу віспи на рік.

Існує припущення, що біологічну зброю (її називали «жовтим дощем») у 80-х роках минулого століття використовував СРСР в Афганістані та в Південно-Східній Азії. З приводу застосування радянськими військами біологічної зброї в Афганістані, у штаб-квартирі ООН було багато галасу. Однак, американським фахівцям та спеціалістам з інших країн Заходу, так і не вдалося нічого довести. Хоча за цілою низкою ознак (інкубаційний період, швидкість мутацій) кілька спалахів епідемій в Афганістані підпадали під ознаки дії біологічної зброї. Разом з тим, наявна інформація, що під час афганської війни, сибірську виразку в невеликих масштабах використовували й проти радянських військ. Наприклад, знаючи любов російських солдатів до собак, моджахеди заражали їх шерсть спорами сибірської виразки. Також, спорами сибірської виразки моджахеди заражали й хутрянні вироби, які користувалися широким попитом. Свідченням цьому є приклад, коли у 1982 р. сибірською захворіла балерина, яка повернулася в Москву після гастролей в Афганістані. Як виявилось, вона торкалася до модних в той час афганських дублянок.

В період першої половини 80-х років минулого століття законодавство СРСР носило фрагментарний характер. Водночас питання дослідження, створення й використання біологічної зброї «маскувалися» під нормами ряду

різних документів. До них, зокрема, можна віднести Постанову Ради Міністрів Української РСР від 2 грудня 1982 року № 574 «Про розширення наукових досліджень і прискорення впровадження в практику розробок вузів республіки, спрямованих на виконання Продовольчої програми», що окреслювала «...створення біотехнології, в тому числі розробку ефективних методів і технологій виробництва білка, амінокислот, кормових добавок, вітамінів, антибіотиків, ветеринарних препаратів; консервація і збагачення рослинних кормів». Постанова Ради Міністрів УРСР від 17 серпня 1989 року № 218 «Про заходи щодо реалізації постанови З'їзду народних депутатів СРСР «Про основні напрями внутрішньої і зовнішньої політики СРСР» передбачала «...забезпечення при розв'язанні стратегічних завдань розвитку економіки докорінного технічного переозброєння виробництва на базі найновіших досягнень вітчизняної та світової науки, впровадження прогресивних технологій, насамперед електроніки, інформатики, біотехнології; широке розгортання як фундаментальних, так і прикладних досліджень в усіх галузях наукових знань, добиваючись проривів на найбільш перспективних напрямках наукового пошуку, які забезпечували б вдосконалення суспільних відносин, якісні зміни в техніці й технології». Наступним документом є Постанова Ради Міністрів УРСР від 8 травня 1990 року № 107 «Про Концепцію розвитку землеробства в Українській РСР на період до 2005 року та її реалізацію», яка зазначала, що в основу підвищення селекційної роботи буде покладено методи біотехнології, явища гетерозису, поліплоїдії і мутагенезу. Більше уваги планувалось приділяти виведенню стійких до ураження хворобами і шкідниками сортів та гібридів.

Ще з 90-х років радянські вчені проводили інтенсивне вивчення генетично модифікованих бактерій чуми, вірусів натуральної віспи, геморагічних гарячок типу Ебола, Ласса, Марбург, Мачупо, туляремії, венесуельського енцефаліту коней, хвороби «синього язика» свиней тощо. І на цей час такі штами, як сибіркова бактерія і бактерія чуми уже були підготовлені до виробництва у великих кількостях та розміщені у стратегічних ракетах з 10 роздільними головними частинами, а системи терморегуляції зберігали життєдіяльність збудника до входу в атмосферу. Після входу в атмосферу на певній висоті з кожної боєголовки виривалася велика кількість овальних «динь», які на певній відстані розкривалися, випускаючи хмару біологічного чинника. На момент розпаду СРСР, за даними К. Алібека, на теренах країни було нагромаджено 20-тонний постійний запас вірусів натуральної віспи, декілька десятків тон спор сибірки для можливого ураження так званих «глибинних» цілей – Лондона, Вашингтона, Чикаго, Лос-Анджелеса.



Зазначене дає нам підстави вважати, що Радянський Союз був своєрідною біоімперією з виробництва, дослідження та зберігання біологічної зброї. Існування численних фактів щодо наявності цілого арсеналу бойових хвороб свідчить про прагнення однієї з провідних на той час держав володіти можливістю знищувати ворога за допомогою біологічної зброї і тим самим впливати на світові процеси.

На сьогодні немає достовірної інформації про те, що 1992 року за наказом Б. Єльцина програма «Біопрепарат» була остаточно згорнута, а запаси біологічної зброї – знищені. У спадок військовому відомству Росії дісталися науково-дослідний інститут мікробіології в Кірові з двома науковими центрами – вірусологічним у Сергієвому Посаді (Московська область) та військово-технічних проблем протибактеріального захисту в Єкатеринбурзі. Ці установи володіють так званою державною колекцією мікроорганізмів – потенційного джерела біологічної зброї, хоча вчені подають інформацію, що це стандартизована колекція з державним реєстром, а мікроби використовуються лише для створення ефективних способів захисту.

Формування біологічного тероризму

Розвиток суспільно-політичних відносин другої половини ХХ століття був ознаменований зародженням різних видів неправомірної діяльності у суспільстві злочинними угрупованнями: вибухи автомобілів біля державних та громадських будівель і споруд, викрадення людей та тримання їх у неволі у якості заручників, захоплення літаків з метою несанкціонованого перельоту до іншої країни тощо. Усе це було названо акціями терористів, які вчинялися протягом усього минулого століття у різних країнах світу та були спрямовані на знищення максимальної кількості людей, а також їх залякування, забезпечення виконання неправомірних вимог, тобто формування дестабілізації ситуації у суспільстві.

Варто зауважити, що ситуація, яка склалася у світі періоду 90-х років, показала активне нагромадження біологічної зброї такими країнами як Ірак, Сирія, Лівія, Південна Африка, Ізраїль, Єгипет, Індія, Пакистан та ін.

Найбільш задокументовані розробки у цьому напрямі торкаються Іраку. Виготовляти біологічну зброю в Іраку почали 1987 року, а в 1990 році ця країна мала уже 100 авіабомб, кожна з яких містила біля 100 літрів токсину ботулізму, 50 бомб зі спорами сибірки, 16 – з афалатоксином і 25 боєголовок до ракет СКАД з такою ж начинкою. Іракські офіційні особи всіляко заперечували наявність у них такої зброї. Однак перша інспекція ООН (1991 року), а потім і друга (1995 року) засвідчили наявність великої кількості біологічної зброї наступального характеру – 19000 літрів концентрованого токсину ботулізму, 8500 літрів спор сибірки, 2200 літрів афалатоксину.



Натепер біотероризм стає «модним» вчинком, і частота запланованих і реалізованих терористичних актів невпинно зростає. 1997 року було порушено 74 кримінальні справи, пов'язані із загрозою застосування біологічної зброї (із них у 22 – випадках її реальне застосування), 1998 року – відповідно 121 і 112, 1999 року – 267 і 187, 2000 року – 257 і 115). 2001 року США зазнали несподіваного біонападу з використанням спор сибірки. У жовтні цього року захворіли 8 працівників видавництва «American Media», у наступному – сибірка була виявлена у поліцейських, поштових службовців і працівників телекомпанії NBC (усього захворіло 22 чоловіки, 5 із яких померло). Цей терористичний акт викликав суспільну паніку, а також послужив поштовхом для каскадного зростання кількості фальшивих тривог, для ліквідації яких було затрачено значні кошти.

Цікаво, що за декілька років до цих подій, в Інституті Медицини США (Institute of Medicine of National Academy of Sciences) були підготовлені рекомендації по проведенню наукових досліджень з проблем біотероризму, необхідні для забезпечення оперативного аналізу і прогнозу наслідків актів біотероризму і захисту від особливо небезпечних інфекцій цивільного населення країни. Згідно з цими рекомендаціями в США мала бути створена національна система захисту від впливу біологічної зброї, яка повинна була перебувати у постійній готовності і починати діяти відразу у вогнищах ураження, володіти всією необхідною інформацією, силами, а також

діагностичними і профілактичними засобами та засобами лікування уражених людей. Однак, сталося те, що сталося.

1984 року релігійна секта «Радж Ніша» використала інфікування виборців сальмонелами шляхом забруднення сальмонелами ємностей із салатами у ресторанах. У результаті такої акції захворіли понад 700 осіб. Сумно відома своїм терористичним актом у токійському метро релігійна секта «Аум Сенрікьо», яка протягом 5 років вивчала можливість використання зарину, токсину ботулізму і спор сибірки у вигляді аерозолю. Декілька цих замахів, на щастя, невдалих, було зареєстровано у парламенті Японії, аеропорту. Після замаху у метро на складах цієї секти було виявлено запаси ботулотоксину, бактерій сибірки, а також літак, пристосований для їх розпилення. З 1997 року активність у цьому напрямі проявляють добре законспіровані та профінансовані терористичні організації, які могли або отримати хвороботворні чинники із секретних лабораторій колишнього СРСР, інших держав, або завербувати для роботи ображених моральною або матеріальною неувагою вчених, які емігрували за кордон у пошуках кращої долі. Не виключена можливість наявності такої зброї у прихильників «Аль-Каїди».

У 1998 р., з метою домогтися відокремлення території США де проживає переважно біле населення, Ларі Уайн Харріс, за допомогою терористичних організацій «Християн Ідентиті» (Christian Identity) і групи білої переваги (наприклад, Арійська Нація, Америка для білих), імітував застосування проти США біологічної зброї нібито Іраком. Причому збудники чуми, сибірської виразки та інші бактерії були куплені на «чорному ринку» і мали бути розпорошеними з літаків, що удобрюють ґрунт. Наступного 1999 р., Ларі Уайн Харріс особисто сам намагався з цією ж метою запилити врожай збудниками чуми і сибірки розпорошеними з літака с/г авіації.

Восени 2008 р. у КНР мав місце «меламіновий скандал», унаслідок оприлюднення якого встановлено, що понад 20 китайських компаній – виробників дитячого харчування додавали речовину меламін до сухих молочних продуктів із метою підвищення вмісту білка. Забруднений молочний порошок використовувався для виробництва дитячих харчових продуктів. У результаті споживання «отруєних» молочних продуктів харчування 300 тис малюків отримали харчові отруєння та захворювання, 6 тис з них померли.

Атаки з використанням біологічної зброї можуть спрямовуватись не тільки безпосередньо проти людей, а й на інфікування тварин, зараження сільськогосподарських культур. У 1997 р. Куба з трибуни ООН оголосила претензії до Уряду США у зв'язку із масовим знищенням врожаю цукрової тростини невідомим шкідником сільськогосподарських культур «Thrips Palmi Karnu», що спричинило значні економічні збитки. При цьому були наведені неспростовані докази появи цього шкідника на Кубі за відсутності його на інших островах Карибського басейну.

Проблема пошуку рівня оптимального управління соціальними процесами існувала протягом усієї історії розвитку цивілізованого суспільства. Тероризм являє собою специфічний соціальний процес, у якому головним завданням є переконання засобами насильства певної частини громадянського

суспільства у правильності алгоритму соціального управління обраного більшістю, або навпаки – незначною частиною членів соціуму. Успіх тероризму, як і стратегія боротьби з тероризмом, в остаточному підсумку визначається тією мірою, наскільки ця стратегія підтримується загальною масою членів суспільства. Соціальна стратегія будь-якого суспільства визначає домінуючою стратегією свого існування та розвитку – неприйняття насильства як засобу вирішення соціальних внутрішньо системних та зовнішніх конфліктів. Тобто, основний принцип соціального управління у сучасному цивілізованому світі та система його адміністративно-правового забезпечення повинна формуватися без впливу насильства та інших проявів терористичних переконань.

У сучасний період міжнаціонального суспільно-політичного розвитку поряд із проблемами правового регулювання: уникнення і мінімізації незаконного збагачення та подолання бідності; ліквідації збройних конфліктів та забезпечення мирного співіснування громадян у країнах; забезпечення екологічної безпеки та позитивної демографічної ситуації тощо, досить значної актуальності набула проблема тероризму, а сучасний біотероризм являє собою складну структуру з відповідними масштабами діяльності.

Ключовим елементом сучасного біотероризму є організований на високому рівні його структурний характер. Зазначена терористична діяльність у сучасних умовах характеризується глобальним розмахом, високотехнологічним оснащенням, відсутністю явно виражених державних кордонів, легалізацією доходів, отриманих злочинним шляхом тощо. Проте варто розглянути основні передумови формування сучасного стану розвитку біотероризму в Україні як суспільно негативного явища, що сформувалося історично у період кінця ХХ та початку ХХІ століття.

Досліджуючи суспільно-правові засади виникнення та розвитку біотероризму, слід зазначити, що до кінця ХХ ст. основна маса населення на пострадянському просторі не сприймала належним чином проблему тероризму, а тому суспільство не формувало запит на прийняття законодавчими органами нормативно-правових актів протидії різним фактично існуючим проявам тероризму.

Розглядаючи передумови активізації терористичної діяльності після 1991 року В. Ф. Антипенко відносить до таких передумов демократизацію (анархізацію) у колишніх тоталітарних державах (країнах Східної Європи, що утворилися на території Радянського Союзу після його розпаду) та появу нових країн з низьким рівнем протидії тероризму з боку правоохоронних органів тощо.

Постачання в Україну «сірого імпорту» у вигляді продуктів харчування, спецій, консервованої харчової продукції, давальницької сільськогосподарської сировини потенційно створює умови, сприятливі для введення до їх складу патогенів, що може спровокувати поширення епідемій або пандемій. Імпортна бройлерна курятина, що ввозиться в Україну, у переважній більшості містить насичені гормони росту й антибіотиків, які активно використовуються при вирощуванні курей, але основною біотерористичною загрозою є пташиний

грип. Перший випадок захворювання людини пташиним грипом (H5N1) стався в травні 1997 р. у Гонконгу. В 1999 р. у світі поширився інший тип вірусу – (H9N1). В обох випадках грип передавався від курей. У 2003 р. на території Голландії пташиний грип було виявлено на 13 птахівницьких фермах. Масові спалахи пташиного грипу спостерігалися в Єгипті, Індонезії, Китаї, Таїланді тощо. У 2007 р. спалахи пташиного грипу були зареєстровані у 60 країнах світу. Як запобіжний захід здійснювався масовий забій курей на територіях держав, де мали місце випадки зараження птахів, що призвело до значних економічних збитків у птахівництві світового господарства.

Варто згадати, про ряд випадків періоду 2000-их років, що мали місце в Україні. Так, зокрема: на центральній митниці міста Глухів у Сумській області (при розпаковуванні кореспонденції було виявлено конверт, який містив невідомий білий порошок); на одному з будівельних майданчиків поблизу села Осокорки під Києвом (викрито сорок скляних запаяних ампул з порошком білого кольору невідомого змісту: ампули були не маркіровані й перебували у місцях, досяжних для людей та транспорту); в Тернопільській області з жовтня 2001 р. до червня 2002 р. було досліджено 23 конверти, в які адресанти засипали невідомий порошок. Такі дії спричинили паніку серед населення і значні грошові витрати, пов'язані з невідкладними діями відповідних рятувальних служб, правоохоронних органів. Згідно інформації, яку передавало Інтерфакс-Україна, здійснювалися всі необхідні протиепідемічні заходи. Тим часом, як заявив тодішній міністр з надзвичайних ситуацій України на нашій території функціонувало ряд спеціалізованих лабораторій, а українські фахівці були готові до «бактеріологічних диверсій».

Досліджуючи формування біологічного тероризму як способу негативного впливу на біорізноманіття нашої держави, зазначимо наступне. Перебуваючи у загальній структурі терористичної діяльності, біотероризм за твердженням ряду науковців, давно перетнув державні кордони й став міжнародним суспільно негативним (злочинним) явищем. Аналіз учинених терористичних акцій свідчить про наявність сучасних тенденцій зміцнення зв'язків між терористичними організаціями різних країнах світу, налагодження та координації їхньої діяльності.

Здійснені авторські розробки мотиваційних передумов формування біотероризму в усьому світі показують, що у сучасний період на перший план часто виступають ідеї, що відображають як соціально-політичні так і національно-територіальні (геополітичні) та релігійні інтереси. Надаючи аналіз великому спектру факторів, які впливають на можливість здійснення біотерористичної діяльності та виникненню біотерористичних загроз в Україні, можна висловити припущення про те, що передумовами для активізації такої діяльності у нашій державі, можуть стати постійні процеси трансформації суспільних відносин становлення ліберально-ринкової економіки, періодичні зміни домінування векторів політичного управління в країні та зовнішній негативний інформаційний та мілітаристичний вплив з боку сусідньої країни.

З метою посилення доказової бази щодо необхідності удосконалення адміністративно-правового забезпечення протидії біотероризму у нашій

державі пропонуємо перелік сформованих нами причин, які можуть безпосередньо чи опосередковано впливати на зростання рівня біотерористичних загроз:

- подальше загострення військового протистояння на Сході України, що може супроводжуватися ростом різних видів актів терористичної спрямованості. Доказовою базою у цьому питанні слугує наступна інформація: жахлива пощесть на Чернігівщині – Африканська чума свиней, яка розпочалася одночасно з окупацією Криму та Донбасу, має ознаки біологічної війни. В першу чергу ми повинні розуміти, що йде боротьба економічна за допомогою використання смертельних вірусів. Це, як правило, епізодично ініціюється спецслужбами або спецагентами, які вносять на конкретну територію, господарство небезпечну біозброю, а надалі розповсюдження протікає згідно завданої схеми. Встановлено, що Африканська чума свиней прийшла до України із сусідньої Росії. І, як наслідок, з Луганської області смертельно небезпечний вірус поширився на Донецьку, Чернігівську, Житомирську, Львівську та Одеську області, завдавши колосальні економічні збитки державі. Зокрема в асоціації тваринників України підраховали, що впродовж трьох років Африканська чума свиней спустошила кишені українців на понад 1 млрд гривень;

- об'єднання суб'єктів протиправної суспільно-економічної діяльності з корумпованими представниками державного апарату управління та їхнє прагнення до політичної влади, що сприяє переходу різних видів тероризму до засобів впливу у політичній сфері з метою зростання рівня поширення сфер власного впливу;

- постійне відставання державного (адміністративного) контролю за сферою протиправної діяльності через неналежну підготовку представників правоохоронної та судової системи тощо.

Отже, можна впевнено припустити, що однією з основних причин зародження та розвитку біотерористичної діяльності в Україні може стати недосконалість державної (адміністративної) системи соціального управління. Виходячи з цього, окремими членами суспільства, які незадоволені станом суспільно-економічного розвитку держави та власним фінансово-економічним становищем, біотероризм може розглядатися як форма соціального протесту проти влади з її офіційною системою адміністративного управління та примусу.

На думку автора, рівновага між членами суспільства як суб'єктами права та державною владою повинна забезпечуватись виваженою правовою політикою, що передбачає можливість корегування способів, методів та прийомів політичного управління відповідно до наданих, у встановленому чинним законодавством порядку, рекомендацій та побажань. Прояви біотерористичної діяльності у нашій державі можуть виникнути як наслідок незгоди та соціального протесту окремих членів суспільства проти встановленого механізму управління. Тобто, біотерористична діяльність може стати реакцією на соціальний конфлікт.

Проводячи рангові дослідження, сьогодні більшість експертів на перше місце ставлять власне небезпеку застосування біологічної зброї, особливо її нових форм, які не підпадають контролю за приписом Конвенції про заборону біологічної зброї; далі йдуть хімічна та ядерна зброя. Принцип таких досліджень видається дещо дискутабельним, однак у логічності йому не відмовиш – найбільшу небезпеку представляє те, що найменше може бути проконтрольовано. Адже добре відомо, що методів міжнародного контролю, спостереження і вимірювання будь-яких кількостей ядерних матеріалів та виготовлення ядерної зброї достатньо для припинення їх незаконного виробництва. Стосовно хімічної зброї, то існують досить-таки ефективні міжнародні засоби перевірки їх виробництва в рамках Конвенції про заборону хімічної зброї (1993 р.), яку ратифікували понад 170 країн. До речі, експерти, як правило, акцентують увагу на «плюсах» біологічної зброї відносно ядерної й хімічної, з точки зору можливості нанесення значної серйозної шкоди економіці противника шляхом схованого застосування біологічної зброї проти сільськогосподарських рослин, тварин і людства загалом.

В XXI ст. «брудні» військові технології практично не змінилися. Випадковою жертвою чергової біологічної атаки може стати кожен з нас. Сучасний біотероризм є складним багаторівневим негативним явищем сучасної дійсності, яке посягає на різні сфери життєдіяльності людей, тому попередження, протидія та боротьба з ним являє собою одну з найскладніших проблем теорії і практики сучасного адміністративно-правового регулювання суспільних відносин. Не викликає жодного сумніву й те, що біологічна зброя може використовуватися й у найближчому майбутньому. Значно менше шансів у людства знайти і зрозуміти джерело походження біологічної зброї. На практиці смертельні засоби зберігаються у таємних лабораторіях, підконтрольних спецслужб певних країн. І в цій ситуації загроза використання біологічної зброї завжди залишається.



Як приклад, на даний час у світі поширюється небезпечний коронавірус, який вже спричинив масштабні негативні наслідки для країн усього світу та України зокрема. Науковці досі дискутують про природну еволюцію цього вірусу чи про його штучне виведення у лабораторії. Пандемія COVID-19 – це виклик усьому суспільству, який поділив світ «до» і «після». Зовнішня самоізоляція держав та введення внутрішніх карантинних режимів спровокували ряд невдач, зокрема: спад економіки, скорочення прямих іноземних інвестицій, зростання соціальної напруги та бідність. А найголовніше, що дана інфекція становить безпосередню загрозу суспільству, вражаючи людей, незалежно від їх соціального та економічного становища. У будь-якому разі, незважаючи на дію жорстких обмежувальних заходів, що вплинули на роботу бізнесу, державних органів та установ, а також на повсякденне життя мільйонів осіб, людство має вийти з пандемії. Водночас українське суспільство та міжнародна спільнота має усвідомити «гіркий» урок про те, як негативна дія біологічних патогенів за досить короткий період часу може поставити світ «на коліна». Та, відповідно, зробити акцент на біобезпеці, побудові ефективної системи охорони здоров'я як в межах країни, так і в межах світового співтовариства.

Важливо пам'ятати, що сучасна біотерористична діяльність ґрунтується на можливостях застосування новітніх гібридних біологічних технологій, і це забезпечує досягнення ключових завдань тероризму – маніпулювання людською свідомістю шляхом залякування населення та впливу на органи державної влади. Тобто, на сучасному етапі розвитку постіндустріального суспільства методи здійснення біотероризму постійно удосконалюються, а суб'єкти біотерористичної діяльності опановують інноваційні механізми вчинення різного роду посягань як на життя і здоров'я людей так і на встановлення необхідного напрямку процесів їх мислення, формування духовності, моралі, поглядів та уподобань.

Аналіз історичного досвіду формування біотероризму як суспільно негативного явища сучасної дійсності надав нам підстави розглядати його наступним чином: 1) як негативне антисоціальне явище, що являє собою складну соціальну систему, детерміновану взаємодією негативних факторів зовнішнього середовища й відповідних особливостей суб'єкта тероризму; 2) як правову оцінку та відображення даного суспільно негативного явища у чинному законодавстві; 3) як здійснення процесу удосконалення на принципах законності практики протидії біотероризму.

2. Види і основні властивості біологічних засобів

Поняття та визначення

Біологічна зброя це один із видів зброї масового ураження. Біологічна зброя – це спеціальні боєприпаси із засобами їх доставки, які споряджені біологічними патогенними агентами (патогенними мікроорганізмами, токсинами, гербіцидами, зараженими членистоногими) та засоби їх доставки.

Біологічна зброя призначена для ураження особового складу військ, цивільного населення, сільськогосподарських тварин, рослин та матеріально-технічних засобів (запаси питної води, паливно-мастильні матеріали тощо) противника для отримання військової чи економічної переваги. Біологічна зброя – один з найстрашніших і найменш передбачуваних за своїми наслідками військовий винахід.

Економічно це найдешевша зброя з найбільшим співвідношенням ураження до витрат. Тому її часто називають «зброєю бідних диктаторів» та терористів. Незважаючи на те, що спроб використати біологічної зброї у сучасних війнах було дуже мало, однак це не зменшує потенційну небезпеку її застосування. Наразі експерти вважають, що від 13 до 20 країн світу мають знання, технології та певні запаси біологічної зброї. У ряді країн це необхідна складова розробки засобів захисту від біологічної зброї, у інших це засіб шантажу чи стримування.

Уражаюча дія біологічної зброї заснована на використанні, в першу чергу, хвороботворних властивостей патогенних мікробів та токсичних продуктів їх життєдіяльності. Потрапивши в організм людини (тварини) в досить маленьких кількостях, хвороботворні мікроби та їх токсичні продукти викликають важкі інфекційні захворювання (інтоксикації), які при відсутності своєчасного лікування закінчуються летальними наслідками або виводять ураженого на довгий термін із боєздатного стану.

Уражаюча дія біологічної зброї виявляється не одразу, а після визначеного часу (інкубаційного періоду), який залежить як від виду і кількості хвороботворних мікробів, які потрапили в організм, чи їх токсинів, так і від фізичного стану організму. Частіше інкубаційний період продовжується від 2 до 5 діб (рідко менше 1 доби). Протягом майже всього цього періоду люди зберігають боєздатність, іноді навіть не підозрюючи про зараження, яке вже відбулося. Деякі з виникаючих у результаті зараження захворювань, які називаються контагіозними (чума, натуральна віспа та ін.), можуть потім передаватися від уражених людей до здорових через повітря, укуси кровосмоктуючих комах іншими шляхами. Особливо варто підкреслити сильний психологічний вплив біологічної зброї на людину. Наявність реальної загрози раптового застосування противником біологічної зброї, як і поява у військах і серед цивільного населення великих спалахів та епідемій небезпечних інфекційних захворювань, здатні всюди викликати страх, панічний настрій, знижувати боєздатність військ та дезорганізувати діяльність тилу.



Характерні *властивості* біологічної зброї:

- здатність викликати масові ураження (захворювання та інтоксикації) з подальшим наростанням у вогнищі застосування;
- здатність до самовільного прогресивного поширення на великі території за межі вогнища застосування;
- велика ефективність ураження;
- здатність викликати захворювання не тільки в момент її використання, а і у результаті контакту здорової людини з хворою або з зараженими предметами;
- можливість прихованого застосування;
- тривала дія біологічної зброї зумовлена відповідною можливістю збереження деяких збудників захворювання в навколишньому середовищі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду її дії, тобто часу з моменту зараження до прояву захворювання. Наприклад, інкубаційний період при чумі від 24 год. до 6 діб, при ботулізмі – 12-36 год.;
- важкість визначення окремих видів збудників;
- вибірковість дії та різноманітність уражень;
- складний захист;
- потужний психогенний вплив, що може викликати паніку (неконтрольовані, не раціональні чи пагубні дії);
- висока контагіозність та інфекційність;
- залежність бойової ефективності від метеорологічних умов;
- здатність біологічної зброї проникати в негерметизовані приміщення, інженерні споруди і заражати в них людей.

Збудники інфекційних хвороб можуть проникати в організм людини наступними *шляхами*:

- через шлунково-кишковий тракт (кишкові інфекції);
- через верхні дихальні шляхи (інфекції дихальних шляхів);
- прониканням у кров (кров'яна інфекція), яка найчастіше передається кровосмоктуючими паразитами;
- через зовнішній покрив (шкіру і слизові оболонки).

Основу уражаючої дії біологічної зброї складають біологічні засоби (БЗ) – спеціально відібрані для бойового застосування біологічні агенти, здатні у

випадку проникнення в організм людей, тварин (рослин) викликати важкі інфекційні захворювання (інтоксикації).

Біологічні патогенні агенти, які можуть застосовуватись, як біологічна зброя, відповідно до тактико-технічних характеристик зброї можуть мати наступні класифікації.

1. За тривалістю інкубаційного періоду та максимальної кількості уражених:

- швидкодіючі у першу добу (Ботулізм, рослинні та тваринні токсини);
- уповільненої дії – 2-5 діб (сибірка, чума, жовта лихоманка);
- відстроченої дії – понад 5 діб (віспа, висипний тиф, бруцельоз).

2. За тяжкістю ураження:

- з переважно смертельними ураженнями (чума, сибірка, ботулізм);
- з переважно не смертельними ураженнями та тимчасовою втратою працездатності (туляремія, бруцельоз, сап, Ку-лихоманка).

3. За контагіозністю:

- висококонтагіозні (чума, натуральна віспа);
- контагіозні за наявності переносника чи певних умов (жовта лихоманка, висипний тиф);
- неконтагіозні (всі зоонози).

4. За стійкістю впливу у зовнішньому середовищі:

- малостійкі: до 3 годин (чума, ботулізм, жовта лихоманка);
- відносно стійкі: від 3 до 24 години (натуральна віспа, бруцельоз, туляремія);
- високостійкі: понад 24 години (сибірка, Ку-лихоманка).

5. За призначенням:

- для ураження тільки людей: бактерії чуми, віруси натуральної віспи, геморагічних лихоманок, японського енцефаліту та інші;

- для ураження тільки сільськогосподарських тварин: чума великої рогатої худоби, африканська чума свиней, чуми птахів, віспи овець та інші;

- для ураження людей та сільськогосподарських тварин: бактерії сибірки, сапу, туляремії, бруцельозу, ботулотоксин, стафілококовий токсин;

- для ураження сільськогосподарські культури: фітофтороз картоплі, пірикуляріоз рису, іржі хлібних злаків, гоммоза цукрової тростини, бавовника, тощо;

- для пошкодження захисних об'єктів, засобів комунікацій, техніки і інших матеріально-технічних засобів: гриби роду *Aspergillus*, бактерії роду *Mycobacterium*, для пошкодження електро- і радіоізоляції, радіо-електронного устаткування; гриби роду *Cladosporium*, *Penicillium*, *Mucor*, протеобактерій *Pseudomonas* – для пошкодження паливно-мастильних матеріалів; залізобактерії та сіркобактерії для прискорення корозії металів і сплавів військової та іншої техніки.

Бойові біологічні засоби – це біологічні агенти, такі як віруси, бактерії, гриби, найпростіші або токсини, що виробляються ними, які при навмисному поширенні спричиняють захворювання людини, тварин, рослин (таблиця 12.1).

Агенти, які можуть бути використані як біологічна зброя

	Агенти	Хвороби	Шлях зараження	Можливий шлях вивільнення
Бактерії	<i>Bac. anthracis</i>	Антракс (сибірка)	Аерозоль	Спори
	<i>Y. pestis</i>	Чума	Аерозоль	Вегетативні клітини
	<i>Br. Melitensis</i> <i>Br. abortus</i>	Бруцельоз	Аерозоль	Вегетативні клітини
	<i>B. mallei</i>	Сап	Аерозоль	Вегетативні клітини
	<i>B. pseudomallei</i>	Меліоїдоз	Аерозоль	Вегетативні клітини
Віруси	Вірус натуральної віспи	Віспа	Аерозоль	Вірусні частинки
	Вірус Ебола	Гарячка Ебола	Аерозоль	Вірусні частинки
	Вірус Марбург	Геморагічна лихоманка Марбург	Аерозоль	Вірусні частинки
Токсини	<i>C. botulinum</i>	Ботулізм	Їжа/вода	Токсин
	<i>S. aureus</i>	Стафілококовий ентеротоксин типу В	Їжа/вода	Токсин
	Рицин (білок рослинного походження)	Рициновий токсин	Їжа/вода	Токсин
	Трихотецин (грибного походження)	Трихотецин Т2 токсин	Їжа/вода	Токсин

Використання біологічних агентів в якості зброї має деякі унікальні властивості. Дія цих агентів не є миттєвою і вимагає кількох годин або тижнів, перш ніж у постраждалої популяції почнуть з'являтися симптоми. Такі напади вимагають вивільнення невеликої кількості життєздатного матеріалу, що потім може самовідтворюватися. Віруси здатні розмножуватися лише всередині живої клітини і є патогенними для людини, тварин і рослин. Вони складаються з білків і нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) і набагато швидше розмножуються і поширюються. Бактерії – це одноклітинні прокаріотичні організми (організми без ядра клітини) з певною клітинною стінкою. Гриби є одноклітинними або багатоклітинними, еукаріотичними організмами. Відомо, що декілька видів грибів викликають хвороби у рослин, а деякі з них і у людей. Токсини є вторинними метаболітами, що виробляються бактеріями, грибами, та іншими організмами і можуть діяти у дуже низьких концентраціях, впливаючи на функціонування клітин.

Центри з контролю та профілактики захворювань класифікували бойові біологічні засоби на три категорії (А, В та С) залежно від потенційного рівня загрози для суспільства (таблиця 12.2).

Класифікація агентів біотероризму / біологічної зброї

Категорія А	Категорія В	Категорія С
Агенти високого впливу: <ul style="list-style-type: none"> • Легко поширюються • Викликають високу смертність • Викликати громадську паніку та соціальні зворушення • Вимагають спеціальних заходів щодо охорони здоров'я 	Агенти другого пріоритету: <ul style="list-style-type: none"> • Поширюються з помірною швидкістю • Викликають помірну захворюваність • Вимагають посиленого нагляду за захворюваннями та діагностичного потенціалу системи охорони здоров'я 	Треті пріоритетні агенти: <ul style="list-style-type: none"> • Можуть бути створені для масового розповсюдження в майбутньому • Є потенціал до високої захворюваності, смертності та значного впливу на здоров'я
Збудники		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus anthracis</i> (сибірська виразка) • токсин <i>Clostridium botulinum</i> (ботулізм) • <i>Francisella tularensis</i> (туляремія) • <i>Variola major</i> (віспа) • <i>Yersinia pestis</i> (чума) • Філо-віруси • Вірус Ебола (геморагічна лихоманка Ебола) • Вірус Марбург (геморагічна лихоманка Марбург) • Аренавіруси • Вірус Хунін (аргентинська геморагічна лихоманка) та пов'язані з ним віруси • Вірус Ласса (лихоманка Ласса) 	<ul style="list-style-type: none"> • Альфа-віруси • Віруси східного та західного енцефаломієліту коней • Венесуельський вірус енцефаломієліту коней • Види бруцел (бруцельоз) • <i>Burkholderia mallei</i> (сап) • <i>Coxiella burnetii</i> (гарячка Q) • Епсилон-токсин <i>Clostridium perfringens</i> • Рициновий токсин від <i>Ricinus communis</i> • Стафілококовий ентеротоксин В • <i>Cryptosporidium parvum</i> • <i>E. coli</i> O157: H7 • Види сальмонел • <i>Shigella dysenteriae</i> • Холерний вібріон 	<ul style="list-style-type: none"> • Хантавіруси • Мультирезистентний туберкульоз • Вірус Ніпах • Віруси кліщового енцефаліту • Віруси кліщової геморагічної лихоманки • Жовта лихоманка

Бактерії являють собою різноманітні за формою і розмірами одноклітинні мікроорганізми. Розміри їх коливаються від 0,5 до 8-10 мкм. Вони розмножуються простим поперечним розподілом, утворюючи через кожні 28-30 хв. дві самостійні клітини. Під впливом прямих сонячних променів, дезінфікуючих речовин і високої температури (понад 60°C) бактерії швидко гинуть. До низьких температур вони малочутливі та вільно переносять температуру до мінус 25°C і нижче. Деякі види бактерій для виживання в несприятливих умовах здатні покриватися захисною капсулою або обертатися в спору, яка має високу стійкість до взаємодії з зовнішнім середовищем

Патогенні мікроорганізми – збудники інфекційних хвороб надзвичайно малі у розмірах, не мають кольору, запаху, смаку і тому не визначаються органами почуттів людини. У залежності від розмірів, будови і біологічних

властивостей вони розподіляються на класи, з яких, крім вірусів, найбільше значення належить бактеріям, рикетсіям і грибоккам.

Патогенні бактерії є причиною багатьох важких інфекційних захворювань людини (сільськогосподарських тварин), таких, як чума, сибірка, легіонелез, сап та ін. Деякі бактерії, які знаходяться у навколишньому середовищі, за сприятливих для свого розвитку умов, активно утворюють продукти життєдіяльності, які мають по відношенню до організму людини (тварин) досить високу отруйність і викликають важкі, частіше з смертельними наслідками, ураження. Ці отруйні продукти життєдіяльності отримали назву мікробних токсинів. Найбільшу увагу спеціалістів приваблює бутулінічний токсин і стафілококовий ентеротоксин.

Своєрідною групою бактерієподібних мікроорганізмів є *рикетсії*. Це невеликі, розміром від 0,4 до 1 мкм, клітини – палички. Розмножуються вони поперечним розподілом тільки усередині клітин живих тканин. Вони не створюють спор, але достатньо стійкі до висушування, заморожування, дії відносно високих (до плюс 56°C) температур. Рикетсії є причиною таких тяжких захворювань людини, як сипний тиф, плямиста лихоманка Скелястих гір, Ку-лихоманка та ін.

Грибки – одно- або багатоклітинні мікроорганізми рослинного походження, які відрізняються від бактерій більш складною будовою та способом розмножування. Спори грибків високостійкі до висушування, впливу сонячних променів і дезінфікуючих речовин. Захворювання, які викликані патогенними грибокками, характеризуються ураженням внутрішніх органів з важким і довгим перебігом хвороби. Серед них такі важкі інфекційні захворювання людей, як кокцидіодомікоз, гістоплазмоз та інші глибокі мікози.

Віруси – велика група біологічних агентів, які не мають клітинної структури, здатних розвиватися і розмножуватися тільки в живих клітинах, використовуючи для цього їх біосинтетичний апарат. Розміри позаклітинних форм вірусів коливаються від 0,02 до 0,4 мкм. Багато з них недостатньо стійкі щодо різноманітних факторів навколишнього середовища, погано переносять висушування, сонячне світло, особливо ультрафіолетові промені, а також температуру вище плюс 60°C та дію дезінфікуючих засобів (формаліну, хлораміну та ін.). Патогенні віруси є причиною багатьох тяжких і небезпечних захворювань людини (сільськогосподарських тварин, рослин), таких, як натуральна віспа, тропічні геморагічні лихоманки, лихоманка долини Рифт В'яллі (також гарячка Великої рифтової долини) та ін.

Віруси, що викликають геморагічну лихоманку є РНК-вірусами, що мають ліпідну оболонку. Розвиток хвороби у людини має спорадичний характер і, як правило, хвороба виникає після випадкового контакту із слиною, сечею або фекаліями заражених тварин, укусів комах або іноді від людини до людини через контакт із зараженими тканинами або рідинами організму. До агентів, що викликають геморагічну лихоманку належать аренавіруси (лихоманка Ласса та південноамериканські віруси геморагічної лихоманки),

буньявіруси (хантавірус та вірус Крим-Конго геморагічної лихоманки), флавівіруси (геморагічна лихоманка Денге, кліщовий енцефаліт та вірус жовтої лихоманки) та філовіруси (віруси Ебола та Марбург).

Ці віруси викликають мікроваскулярні пошкодження і зміну проникності судин. Важкі прояви хвороби пов'язані зі зміною проникності судин, вивільненням прозапальних цитокінів, цитотоксичних факторів і аутоантитіл, активацією комплементу і системної коагулопатії.

Симптомами зараження цими вірусами є лихоманка, міалгія, головний біль і прострація (таблиця 12.3).

Таблиця 12.3.

Медичні характеристики вірусів, що викликають геморагічну лихоманку

Збудник	Інкубаційний період (днів)	Клінічні прояви	Смертність %
Вірус Денге	4-7	Лихоманка, головний біль, болі в животі, болі в спині, екхімози, шокова тромбоцитопенія, лейкопенія, підвищення рівня печінкових проб	1-50
Вірус Ебола/ Марбург	2-19	Лихоманка, головний біль, біль у животі, кашель, міалгія, аденопатія, жовтяниця, кровотечі, макулопапульозний висип, тромбоцитопенія, лейкопенія, підвищення рівня печінкових проб	25-90
Вірус Крим-Конго геморагічної лихоманки	3-12	Лихоманка, головний біль, міалгія, почервоніння, кон'юнктивальна ін'єкція, кровотеча, лейкопенія, тромбоцитопенія, дифузне внутрішньосудинне згортання крові, підвищений рівень печінкової проби	15-30
Гарячка Рифт Валлі	2-5	Лихоманка, головний біль, енцефалопатія, ретиніт, жовтяниця, підвищений рівень креатиніну, кровотеча, тромбоцитопенія	≤ 50
Вірус Ласса	5-16	Лихоманка, фарингіт, біль у спині, набряки обличчя, кон'юнктивіт, шок, кровотеча, підвищений рівень креатиніну, протеїнурія	15-25
Південно-американський вірус геморагічної лихоманки	7-14	Лихоманка, головний біль, світлобоязнь, ін'єкції кон'юнктиви, аденопатія, петехії, шок, кровотеча, лейкопенія, тромбоцитопенія, підвищений рівень креатиніну	15-30

В останні десятиріччя в спеціальній літературі найчастіше та докладніше обговорюються можливості бойового використання біологічних агентів. Для ураження людей можливими видами агентів, відібраних до групи БЗ, відносяться збудники наступних тяжких інфекційних захворювань:

- з вірусів – збудники натуральної віспи, жовтої лихоманки, багатьох видів енцефалітів (енцефаломієлітів), геморагічних лихоманок і ін.;
- із класу бактерій – збудники сибірської виразки, туляремії, чуми, бруцельозу, сапу, меліоїдозу та ін.;
- з рикетсій – збудники Ку-лихоманки, сипного тифу, ін.;

- із класу *грибків* – збудники кокцидіоідомікозу, гістоплазмозу та інших глибоких мікозів;

- *серед бактеріальних токсинів* – ботулінічний токсин і стафілококовий ентеротоксин.

Ураження людей може трапитись і після застосування біологічної зброї за рахунок подальшого виживання вірусів в навколишньому середовищі.

Виживання бактерій і вірусів залежить від типу водного джерела, ступеня забруднення, температури і видової належності. Зараження може служити фактором ризику поширення захворювань серед людей, особливо кишковими і вірусними інфекціями.

Для ураження сільськогосподарських тварин можуть використовуватися в якості БЗ збудники захворювань, які небезпечні в однаковій мірі для тварин і людини (сибірської виразки, ящура, лихоманки долини Рифт В'яллі та ін.) або уражаючі тільки тварин (чума великої рогатої худоби, африканська чума свиней та інші захворювання).

Для ураження сільськогосподарських культур можливе використання збудників лінійної стеблової іржі пшениці, пірикуляріозу рису, фітофторозу картоплі та інших бактеріальних, вірусних і грибкових хвороб культурних рослин.

Для псування запасів продовольства, нафтопродуктів, деяких видів військового майна, спорядження, оптичних приладів, електронного та іншого устаткування можливе у визначених умовах навмисне використання бактерій і грибків, які викликають, наприклад, швидке розкладання нафтопродуктів, ізоляційних матеріалів, що різко прискорює корозію металевих виробів, окислювання місць спайки контактів електричних схем, що призводить до різних порушень і передчасного виходу з ладу складного електронного та оптичного устаткування озброєння і військової техніки.

Здебільшого біологічні засоби не мають достатньої стійкості до впливу факторів навколишнього середовища під час зберігання і під час бойового застосування. Тому передбачається використовувати їх не в "чистому вигляді", а у складі спеціально виготовлених біологічних рецептур.

Біологічною рецептурою називається суміш культури біологічного агента і різних препаратів, які забезпечують біологічному агенту найбільш сприятливі умови для збереження своєї життєвої і уражаючої здатності в процесі зберігання і бойового застосування. Біологічні рецептури можуть містити один чи кілька видів БЗ і бути рідинними чи сухими (порошкоподібними). За повідомленнями іноземної преси, на основі деяких відібраних у групи БЗ агентів були створені різні стандартні біологічні рецептури (туляремійна, Ку-лихоманка та ін.), які пройшли всебічну перевірку, в тому числі в умовах полігону, на людях-добровольцях.

3. Способи і засоби застосування біологічної зброї

Загальна характеристика існуючих способів застосування біологічної зброї

На думку закордонних фахівців, ефективність дії біологічної зброї залежить не тільки від уражаючих можливостей біологічних засобів, але і в значній мірі від правильного вибору способів і засобів їх застосування.

Способи бойового застосування біологічної зброї ґрунтуються на здатності патогенних мікробів у природних умовах проникати в організм людини наступними шляхами:

- з повітрям, через органи дихання (аерогенний, повітряно-краплинний шляхи);
- з їжею і водою, через травний тракт (аліментарний шлях);
- через неушкоджену шкіру в результаті укусів заражених кровосмоктуючих членистоногих (трансмівний шлях);
- через слизисті оболонки рота, носа, очей, а також через ушкоджені шкірні покриви (контактний шлях).

За кордоном були запропоновані і всебічно вивчені наступні способи бойового застосування біологічної зброї:

- розпилення біологічних рецептур з метою зараження приземного шару повітря частками аерозолі – аерозольний спосіб;
- розсіювання в районі цілі штучно заражених біологічними засобами кровосмоктуючих переносників – трансмісивний спосіб;
- зараження біологічними засобами повітря і води в замкнутих просторах (обсягах) за допомогою диверсійного спорядження – диверсійний спосіб.

Аерозольний спосіб

Військові фахівці розглядають аерозольний спосіб як основний, найбільш ефективний і перспективний спосіб тому, що він дозволяє раптово заражати біологічними засобами на великих повітряних просторах приземні маси повітря, місцевість, живу силу, озброєння і військову техніку, яка на ній знаходиться. При цьому зараженню біологічним аерозолем одночасно піддається жива сила, не тільки відкрито розташована на місцевості, але і яка знаходиться в негерметизованому озброєнні, військовій техніці і спорудах.

Цей спосіб також дозволяє:

- використовувати в бойових цілях майже усі види біологічних засобів (збудників інфекційних захворювань, мікробні токсини, у тому числі і ті, які в природних умовах через повітря не передаються);
- забезпечувати зараження організму як масованими дозами одного виду так і комбінацією різних видів.

Крім того, захист організму від аерозолів при їх прониканні через органи дихання є завданням більш складним, ніж при інших способах застосування біологічних засобів, через відсутність на цьому шляху в організмі ефективних захисних бар'єрів, а виникаючі в результаті зараження легеневі форми захворювань завжди протікають значно важче і частіше закінчуються смертельним результатом. Усе це може різко знизити ефективність засобів екстреної профілактики, створити атипичні картини ураження, прискорити вихід живої сили з ладу, збільшити тяжкість і летальність ураження.

Перехід біологічних рецептур в аерозолі здійснюється двома основними методами: силою вибуху вибухових речовин біологічних боєприпасів і за допомогою розпилюючих пристроїв.

До переваг першого методу відносять простоту здійснення, надійність, високу економічність. Але в результаті утворення в момент вибуху високої температури та ударної хвилі спостерігається значна загибель біологічних засобів. Щоб зменшити ступінь впливу факторів вибуху на біологічні засоби, у біологічних боєприпасах передбачається використання найменшої кількості вибухових речовин і оболонку з тонких і м'яких матеріалів. З цієї причини біологічні боєприпаси повинні відрізнятися від звичайних боєприпасів специфічністю конструкції і малим калібром, вибух їх на місцевості супроводжується глухим, слабким, невластивим розриву звичайних боєприпасів звуком і утворенням невеликої, швидко зникаючої хмари аерозолу. За цими зовнішніми, непрямими ознаками, у ряді випадків можна судити про факт застосування противником біологічної зброї.

У розпилювальних пристроях перехід рецептури в аерозоль здійснюється або під впливом стиснутого інертного газу (у механічних генераторах аерозолів), або повітряним потоком, що набігає, (у виливних авіаційних приладах). Розпилювальні пристрої, які встановлюються на пілотованому і безпілотному літальному апаратах, дозволяють створювати на визначених висотах хмару зараженої атмосфери, яка дрейфує і поступово осідає, при цьому вона здатна забруднювати приземні повітряні маси над значними за площами територіями. Так, у зарубіжній літературі вказується, що розпилення за допомогою механічного генератора аерозолів 190 л біологічної рецептури виявилось достатнім для створення концентрацій, які заражають територію площею більш ніж 60 км².

Глибина поширення хмари біологічного аерозолу в приземному шарі атмосфери і час збереження ним своєї уражаючої здатності залежать у першу чергу від метеорологічних і топографічних умов, таких, як ступінь вертикальної стійкості приземного шару повітря, швидкості і напрямку вітру, температури і відносна вологість повітря, наявність опадів чи прямої сонячної радіації, а також рельєфу місцевості. Закордонні військові фахівці вважають, що найбільш ефективно застосування біологічного аерозолу виявиться в осінньо-зимовий час року при температурі повітря від мінус 15 до плюс 10°C в інверсійних чи ізотермічних умовах вертикальної стійкості повітря, при середніх значеннях відносної вологості, при швидкості вітру 1-4 м/с, відсутності сонячної радіації та опадів.

На рівній відкритій місцевості поширення аерозольної хмари відбувається рівномірно. Всі інші рельєфи місцевості в тому чи іншому ступені збільшують розсіювання хмари і зменшують район зараження. В щілинах, лощинах, ярах, лісових масивах, населених пунктах із щільною жилою і промисловою забудовою, де обмежена циркуляція повітряних мас і дія прямої сонячної радіації, можливі затікання і застоювання хмари біологічного аерозолу, збереження ним на більш тривалий час уражаючих властивостей. Частки аерозолу, що осіли на землю, з'єднуються з пиловими частками ґрунту і

при сильному вітрі, а також при русі людей, озброєння і військової техніки по зараженій місцевості знову піднімаються в повітря, утворити вторинний біологічний аерозоль. У випадках застосування супротивником стійких видів біологічних засобів цей аерозоль стає додатковим джерелом можливого зараження особового складу.

Трансмісивний спосіб

Трансмісивний спосіб полягає в навмисному розсіюванні в заданому районі штучно заражених біологічними засобами кровосмоктуючих переносників за допомогою ентомологічних боєприпасів (авіаційних бомб і контейнерів спеціальної конструкції).

Спосіб заснований на тому, що багато з існуючих у природі кровосмоктуючих членистоногих легко сприймають, довгостроково зберігають, а потім через укуси передають збудників ряду небезпечних для людини і тварин захворювань. Так, окремі види комарів здатні передавати жовту лихоманку, лихоманку денге, Венесуельський енцефаломієліт коней, блохи – чуму, воші – сипний тиф, москіти – лихоманку папатачі, іксодові кліщі – Кулихоманку, енцефаліти, туляремію та ін. Зарубіжні військові фахівці вважають, що застосування штучно заражених переносників найбільш ймовірно в теплий час року (при температурах від 15°C и вище) і в природних умовах, близьких до природного існування переносників.

Хоча трансмісивний спосіб розглядається як допоміжний, він може виявитися досить ефективним, коли в силу визначених умов (метеорологічних, топографічних і навіть політичних) інші способи застосування біологічної зброї використовуватися не можуть.

За повідомленнями преси, до нинішнього часу розроблені та освоєні способи масового одержання штучного зараження окремих видів кровосмоктуючих переносників у кількостях, необхідних для бойового використання. Одночасно вказується на можливість штучного одержання нових видів кровосмоктуючих переносників, що володіють підвищеною стійкістю до інсектицидів і здатних зберігати активність – здатність нападати і заражати людину вже при температурі 7°C и вище, а також на створення синтетичних препаратів-феромонів, здатних залучати до місць розпилення цих препаратів кровосмоктуючих переносників і підвищувати їхню агресивність.

Диверсійний спосіб

Диверсійний спосіб застосування біологічної зброї полягає в навмисному скритому зараженні біологічними засобами замкнутих просторів (обсягів) повітря і води, а також продовольства (фуражу), що використовується безпосередньо, без додаткового очищення (обробки).

За допомогою малогабаритного диверсійного спорядження (портативних генераторів аерозолів, що розпорошують піни і т.п.) зарубіжні військові фахівці вважають можливим у визначений момент здійснити зараження повітря в місцях масового скопичення людей: у приміщеннях і тунелях метрополітену, залах великих суспільно-культурних і спортивних центрів, вокзалів, аеропортів, салонах залізничних вагонів і літаків цивільних авіаліній, а також у

приміщеннях і об'єктах, що мають важливе військове і державне значення. Можливо також зараження води в міських водопровідних системах, для чого можуть бути використані збудники чуми, холери, черевного тифу і особливо ботулінічного токсину. Шляхом диверсій, крім того, можуть бути поширені штучно заражені кровосмоктуючі переносники і комахи-шкідники сільськогосподарських культур.

Застосування біологічної зброї в тероризмі

Тероризм сьогодні є, мабуть, самою актуальною темою. Тероризм у будь-яких формах свого прояву перетвориться в одну з небезпечних за своїми масштабами, передбачуваністю і наслідками суспільно-політичних і моральних проблем, з якими людство ввійшло в XXI сторіччя.

Біологічний тероризм – один з найнебезпечніших методів. Терорист або терористи, що володіють біологічною зброєю, застосовують її в місцях компактного проживання людей у містах. Через сильну ушкоджучу здатність біологічної зброї, жертвами можуть стати від декількох десятків людей до всього населення міста. Одна з декількох ознак, властивих тільки біологічній зброї, полягає в тому, що мала (за масою та за об'ємом) кількість біологічного бойового засобу може уразити велику кількість людей. Теоретичні розрахунки свідчать, що один літак, що розпорошує смертельні організми, може викликати 50%-у смертність на площі не менш 1000 км² (ця площа більше займаної Нью-Йорком або Москвою). У випадку хімічної зброї площа цілі, що уражається, приблизно в 100 разів менша.

Небезпеку біохімічного тероризму американці відчули раніше інших. Ще в 1998 році при Міноборони США було утворено агентство по зменшенню загрози (початковий річний бюджет 1,9 млрд. доларів).

Перший залп "загрози номер один", зважаючи на все, довівся по Флориді. Сибірською виразкою при дивних обставинах уражено кілька людей. Чи можна цей клінічно підтверджений факт розглядати як початок широкомасштабної біологічної війни? Спецслужби США цього не виключають. Треті країни, яким не по кишені створення ядерної зброї, давно перенесли центр ваги на біотехнології. Холерний вібріон, наприклад, можна за добу виростити в звичайній хлібопекарні. При чому в такій кількості, що вистачить на локальну епідемію при досить простому технічному устаткуванні.

США ще більш-менш готові до біологічної війни. На цей випадок у них ще в 1998 році була розроблена комплексна програма біологічного захисту, а після 11 вересня великі інвестиції були спрямовані фірмам, що займаються виробництвом вакцин і сироваток (проте врятувати ураженого сибірською виразкою дуже проблематично). За даними конгресу США, реально в країні працюють поки що тільки дві медичних лабораторій.

Розосередження біологічних бойових засобів терористами можуть бути вирішені за рахунок аерозольних атак або доставки високоінфікуючих засобів, розосередження в воді чи їжі, переносниками (комахами, гризунами) за місцем застосування.

Таким чином, біологічна зброя на ряду з хімічною підходить для тероризму за наступних обставин:

- по-перше, вона супер токсична;
- по-друге, не має ні кольору, ні запаху;
- по-третє, простота в застосуванні;
- по-четверте, її дуже складно ідентифікувати, ускладнюється захист від цього виду зброї.

У багатьох країнах диверсійну діяльність розглядають, як окремий вид збройного протистояння у період війни та у міжвоєнний період. У період війни диверсійні дії на території противника чи в тилу його військ спрямовані на перешкоджання його діяльності на фронті, дезорганізації управління, порушення постачання зброї, формування панічних настроїв у військах. Диверсії здійснюють спеціально підготовлені диверсійно-розвідувальні групи (ДРГ) або окремі люди – диверсанти. Диверсія є одним з основних елементів стратегії партизанської війни.

Основною відмінністю диверсії від терористичного акту є те, що за підготовкою диверсій стоїть уся науково-технічна та військово-промислова потужність держави. За терористичним актом стоїть, як правило, нелегальне угруповання з обмеженими можливостями, яке вимушено діяти таємно.

Відповідно до Кримінального кодексу України Стаття 113 диверсія – це вчинення з метою ослаблення держави вибухів, підпалів або інших дій, спрямованих на масове знищення людей, заподіяння тілесних ушкоджень чи іншої шкоди їхньому здоров'ю, на зруйнування або пошкодження об'єктів, які мають важливе народногосподарське чи оборонне значення, а також вчинення з тією самою метою дій, спрямованих на радіоактивне забруднення, масове отруєння, поширення епідемій, епізоотій чи епіфітотій.

Біологічну диверсію здійснюють приховано на етапі її проведення та надалі приховують і сам факт її проведення та виконавців. Масштабність таких злочинних діянь різко зростає в передвоєнний і воєнний період. Самі факти біологічних диверсій є порушенням міжнародного права, і держави, яким висуває такі звинувачення міжнародна спільнота, претензії заперечують, а сліди своєї причетності ретельно маскують.

Основні засоби доставки біологічної зброї

Боєприпаси і бойові прилади, призначені для застосування біологічних засобів, прийнято називати біологічними боєприпасами.

Оскільки аерозольний спосіб застосування біологічної зброї вважається зарубіжними військовими фахівцями основним, тому переважно розробляються технічні засоби доставки і бойового застосування, що забезпечують одержання з біологічних рецептур аерозолів потрібних концентрацій і дисперсності, а також створення необхідних площ зараження. При цьому рецептурами різних типів (мікробними, токсичними, комбінованими) можуть споряджатися різні засоби бойового застосування: авіаційні бомби і касети, прилади що розпорошують, бойові частини ракет, а також портативні прилади для диверсійного застосування біологічної зброї.

Біологічні бомби планується розробляти малого калібру і застосовувати їх у касетах, що вміщують у себе кілька десятків і навіть сотню таких бомб. Розсіювання цих бомб дозволить одночасно і рівномірно накрити біологічним аерозолем великі площі.

Зараження аерозолями великих мас приземного повітря можна досягти і шляхом використання різних пристроїв, що розпорошують: виливних і авіаційних приладів, що розпорошують, і можуть підвішуватися на літаках, вертольотах, а також застосуванням наземних механічних генераторів аерозолів, встановлених на автомобілях, річкових (морських) судах та іншій техніці. Не виключена можливість використання супротивником також біологічних мін, що підриваються дистанційно на залишеній ним території.

Для доставки і розсіювання в заданому районі штучно заражених кровосмоктуючих переносників, а також комах-шкідників сільськогосподарських культур планується використовувати ентомологічні боєприпаси – авіаційні бомби і контейнери спеціальної конструкції, що повинні забезпечити членистоногим захист від дії несприятливих факторів у період польоту і приземлення. Для цього пропонується оболонку боєприпасів виконувати з термоізолюючих матеріалів, забезпечувати штучний підігрів у відсіках, а також парашутування боєприпасів при спуску на землю. Наявність у боєприпасів зазначених конструктивних особливостей при огляді їх залишків на місці падіння може також підтверджувати факт застосування супротивником біологічної зброї.

В іноземних арміях вважають, що найбільш перспективними засобами доставки біологічних боєприпасів на мету можуть бути в першу чергу ракети різного базування і дальності дії, а також авіація.

З авіаційних засобів доставки біологічних боєприпасів можуть застосовуватися вертольоти, літаки тактичної, транспортної і стратегічної авіації.

Також як засоби доставки біологічних боєприпасів (бойових приладів) передбачається використовувати радіо- і телекеровані аеростати і повітряні кулі. Дрейфуючи разом з пануючими повітряними потоками, аеростати (повітряні кулі) по радіо- або телекомандах здатні приземлятися чи скидати вантаж, що може містити засоби бойового застосування біологічної зброї.

Застосування біологічної зброї можливо як напередодні, так і в ході воєнних дій з метою нанесення масових утрат живій силі супротивника, утруднення ведення ним активних бойових дій, дезорганізації роботи важливих об'єктів, установ і економіки тилу в цілому. При цьому передбачається використовувати БЗ як у поєднанні з ядерною (хімічною) зброєю та іншими засобами збройної боротьби, так і самотійно, особливо в так званих "локальних" війнах, у яких за політичними або іншими причинами небажане застосування, наприклад, ядерної зброї або застосування біологічної зброї в поєднанні з іншими видами ЗМУ.

Так, як попереднє опромінення організму іонізуючим випромінюванням ядерного вибуху різко знижує його захисну здатність протидії біологічній зброї і скорочує інкубаційний період, це уможливорює застосування біологічної зброї

для вирішення не тільки стратегічних (оперативних) задач, але навіть і окремих тактичних задач.

Загальні принципи застосування біологічної зброї (раптовість, масування, ретельне врахування бойових властивостей і особливостей уражаючої дії біологічних засобів) ті ж, що і для інших видів зброї масового ураження. У настановах з використання біологічної зброї передбачається застосовувати для ураження особового складу резервів і других ешелонів, що знаходяться в районах зосередження, на відпочинку чи здійснюючих марш, а також тилових частин, великих партизанських (диверсійних) загонів, повітряних і морських десантів. В обороні застосування БЗ рекомендується для ураження особового складу конфронтуючого супротивника, як перших, так і других ешелонів, великих пунктів управління та об'єктів тилу.

4. Медичні та профілактичні заходи захисту

Зміст медичних і ветеринарних заходів

До медичних заходів захисту військ від зброї масового ураження відносяться протиепідемічні, санітарно-гігієнічні і спеціальні профілактичні заходи, що проводяться з метою попередження або ослаблення ураження особового складу цією зброєю.

Протиепідемічні заходи мають на меті попередити поширення серед особового складу інфекційних захворювань при застосуванні супротивником біологічної зброї.

Вони включають:

- вивчення санітарно-епідемічного стану районів дій і розташування військ і об'єктів тилу;
- проведення запобіжних щеплень особовому складу і застосування засобів екстреної профілактики;
- обмеження спілкування особового складу з населенням і іншими військами;
- проведення дезінфекції.

Санітарно-епідемічний стан районів дій, розташування військ і об'єктів тилу визначається силами медичної служби постійно, незалежно від того, застосовувалося чи не застосовувалася біологічна зброя.

Запобіжні щеплення проводяться як у плані профілактики, так і за епідемічними показниками. Терміни і характер планових щеплень установлюється наказами командирів і начальників.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають дотримання особовим складом правил особистої гігієни, підтриманням належного санітарного стану в районі дій (розташування) військ і тилу, а також санітарний контроль стану районів, джерел води, продовольства і повинні здійснюватися у військах постійно.

У бойовій обстановці загальні санітарно-гігієнічні заходи проводять застосовуючи до умов, що конкретно складаються. У першу чергу варто здійснювати контроль дотримання правил особистої гігієни, організацією

харчування і водопостачання, а також за видаленням з районів розташування нечистот і сміття.

Профілактичний ветеринарно-профілактичні і протиепізоотичні заходи проводяться для попередження ураження тварин радіоактивними, отруйними речовинами і біологічними засобами.

При вивченні епізоотичного стану районів дій і розташування військ і об'єктів тилу, місць заготівлі фуражу і продовольства для тварин виявляються осередки біологічних заражень чи захворювань тварин інфекційними хворобами, контролюються заходи щодо захисту тварин, проводиться експертиза фуражу на зараження радіоактивними, отруйними і біологічними засобами.

Зазначені заходи здійснюються відповідно медичною і ветеринарною службами в тісній взаємодії з іншими службами і командирами підрозділів.

Ізоляційно-обмежувальні заходи

З метою попередження поширення епідемічних захворювань в осередках біологічного зараження проводяться ізоляційно-обмежувальні заходи, до яких відносяться обсервація і карантин.

Обсервація передбачає:

- обмеження спілкування з особовим складом сусідніх частин, місцевим населенням і руху через осередок зараження;
- заборона вивозу майна без попереднього знезаражування і виїзду особового складу з осередку зараження без проведення екстреної профілактики і повної санітарної обробки;
- медичне спостереження за особовим складом, своєчасну ізоляцію і госпіталізацію виявлених хворих;
- проведення екстреної профілактики всього особового складу антибіотиками та іншими лікарськими засобами;
- проведення запобіжних щеплень проти виявленого виду збудника хвороби;
- посилення у осередку зараження медичного контролю проведення санітарно-гігієнічних заходів;
- установа протиепідемічного режиму роботи медичних пунктів і лікувальних установ.

При виявленні застосування супротивником збудників чуми, холери, натуральної віспи та інших особливо небезпечних захворювань, що загрожують безпеці особового складу, установається карантин.

Карантин, крім заходів, проведених при обсервації, додатково передбачає:

- повну ізоляцію особового складу ізольованих підрозділів від інших військ і місцевого населення;
- збройну охорону (оточення) вогнища зараження;
- розміщення ураженого особового складу дрібними групами з установленням суворого режиму поведінки, харчування і виконання правил карантину;

- організацію комендантської служби для забезпечення виконання правил карантину;
- організацію постачання військ, що знаходяться в карантині, по спеціальному режимі.

Тривалість обсервації і карантину визначається в залежності від інкубаційного періоду захворювання, збудник якого застосований супротивником (обсервація – із дня завершення дезінфекційних заходів, карантин – з моменту ізоляції останнього хворого і завершення дезінфекційних заходів у осередку зараження).

При відсутності захворювань обсервацію, карантин знімають після закінчення встановленого терміну розпорядженням командира, що установив їх.

Осередок біологічного ураження

Унаслідок застосування ворогом біологічної зброї утворюється зона біологічного ураження. Зоною біологічного ураження називається територія, що потрапила під дію біологічної зброї, і територія, на яку поширюється біологічна рецептура (переносників інфекції).

Територія, в межах якої внаслідок застосування біологічної зброї виникли масові зараження людей та тварин, називається *осередком біологічного ураження*.

Для попередження поширення інфекції захворювання в осередку біологічного ураження встановлюється карантин. У прилеглих районах вводиться режим обсервації. Карантин вводиться тоді, коли встановлено факт застосування біологічної зброї і головним чином у таких випадках, коли збудники хвороби відносяться до особливо небезпечних (чума, холера та ін.). Карантинний режим передбачає повну ізоляцію осередка ураження від оточуючого населення. На зовнішній межі зони карантину встановлюють озброєну охорону, організують комендантські служби. Вихід людей, виведення тварин і майна забороняється. Населенню забороняється виходити із своїх квартир. Продукти харчування, питна вода та предмети широкого вжитку населенню постачаються. Припиняється роботи усіх підприємств і закладів, крім тих, що мають особливе значення для народного господарства (для оборони). Об'єкти народного господарства, які продовжують свою роботу, переходять на особливий режим праці, робітники та службовці – на казармене становище з суворим виконанням протиепідемічних вимог. Контакт між робочими змінами забороняється. Харчування і відпочинок організується у спеціальних приміщеннях. У зоні карантину припиняють роботу усі навчальні заклади, заклади культури, ринки тощо.

Режим обсервації вводиться, коли збудник інфекційної хвороби не відноситься до особливо небезпечного, ізоляційно-обмежувальні заходи стосуються в'їзду та виїзду, вивезення майна (тільки після дезінфекції), посилення медичного контролю за харчуванням і водопостачанням тощо.

Строк карантину й обсервації встановлюється залежно від інкубаційного періоду захворювання, з моменту госпіталізації останнього хворого і закінчення дезінфекції.

Правила поведінки в осередку біологічного ураження

Перебуваючи в осередку, необхідно:

- надягнути ватно-марлеву пов'язку. Обов'язково проводити щоденне вологе прибирання з використанням дезінфікуючих розчинів, сміття відразу спалювати;

- суворо дотримуватись правил особистої і громадської гігієни. Ретельно, особливо перед вживанням їжі, мити руки з милом. Воду використовувати з перевірених джерел і пити тільки кип'ячену. Сирі овочі та фрукти після миття обливати окропом;

- доглядаючи хворого, надягнути халат, хустинку і ватно-марлеву пов'язку. Робітників, які захворіли інфекційним захворюванням, необхідно ізолювати. У приміщенні, де перебуває хворий, двічі на день проводити вологе прибирання із застосуванням дезінфікуючих засобів;

- людям, які спілкуються з хворим, категорично забороняється виходити на роботу, відвідувати інші квартири. У разі якщо не знаєте, чим хворіє член вашої сім'ї, дійте так, як при заразному захворюванні;

- у разі госпіталізації хворого у квартирі зробити дезінфекцію, постільну білизну і посуд прокип'ятити протягом 15 хв. у 2%-му розчині соди і замочити на 2 год. у 2%-му розчині дезінфікуючого засобу. Згодом посуд помити гарячою водою, білизну випрасувати, кімнату провітрити.

Лекція № 13

Тема лекції: „Виявлення біологічних патогенних агентів, проблеми їх індикації та ідентифікації”

План лекції

1. Виявлення біологічних патогенних агентів.
2. Виявлення антитіл, антигенів, геномів збудника, його побічних продуктів життєдіяльності.
3. Специфічна та неспецифічна профілактика.

Література

1. Кодекс цивільного захисту України. – Введ. 2013–07–01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Бактеріологічна (біологічна) зброя / редкол.: І. Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін. ; Держ. НДІ мит. справи. – 2-ге вид. – Хм. : ПП Мельник А. А, 2014. – Т. 1 : – 592 с.
3. Сердюк А.М., Хоменко І.П., Лурін І.А. та ін. Досвід організації санітарно-гігієнічного та протиепідемічного забезпечення військ (сил) під час проведення антитерористичної операції (операції об'єднаних сил) / за ред. акад. НАМНУ, чл.-кор. НАНУ В.І. Цимбалюка. Київ. 2019. 280с.
4. Надання домедичної допомоги при надзвичайних ситуаціях в умовах міста: навч.-метод. посіб. – К., 2016. – 56 с.
5. Актуальні питання епідеміології та профілактики деяких інфекцій в збройних силах, серед населення України та у світі. – К., 2015 – 372 с.

Вступ

Використання біологічних агентів в якості зброї має деякі унікальні властивості. Дія цих агентів не є миттєвою і вимагає кількох годин або тижнів, перш ніж у постраждалої популяції почнуть з'являтися симптоми. Такі напади вимагають вивільнення невеликої кількості життєздатного матеріалу, що потім може самовідтворюватися. Віруси здатні розмножуватися лише всередині живої клітини і є патогенними для людини, тварин і рослин. Вони складаються з білків і нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) і набагато швидше розмножуються і поширюються. Бактерії – це одноклітинні прокариотичні організми з певною клітинною стінкою. Гриби є одноклітинними або багатоклітинними, еукаріотичними організмами. Відомо, що декілька видів грибів викликають хвороби у рослин, а деякі з них і у людей. Токсини є вторинними метаболітами, що виробляються бактеріями, грибами, та іншими організмами і можуть діяти у дуже низьких концентраціях, впливаючи на функціонування клітин.

1. Виявлення біологічних патогенних агентів

У випадку непідтвердженої (незаявленої) біологічної атаки ранні симптоми зараження, швидше за все, будуть неспецифічними. Ознаками нападу з використанням біологічної зброї є велика кількість пацієнтів, які одночасно мають схожі симптоми, а також підвищена захворюваність та смертність порівняно з більш поширеними захворюваннями. Іншими ознаками також є значна кількість пацієнтів, що пов'язані територіально (місце проживання або роботи в одному районі, відвідування заходів тощо). Використання збудників, що спричиняють важкі захворювання та високу смертність, швидко перенавантажують медичну систему та її ресурси, що також є важливим фактором небезпеки. Деякі збудники можна лікувати медикаментозно або навіть уникнути зараження шляхом попередньої імунізації або профілактичними препаратами, тоді як з іншими збудниками можна боротися лише підтримуючою терапією. Виявлення біологічної атаки, ідентифікація використовуваних агентів та визначення популяції, що перебуває під загрозою, є життєво-важливими як для управління інцидентами, так і для лікування пацієнтів.

Одним з найважливіших компонентів системи біобезпеки є виявлення (індикація) факту застосування (дії) біологічного патогенного агента (БПА) та його ідентифікація.

Факт застосування БПА може бути встановлений за рядом ознак:

- поява крапель рідини чи порошкоподібних речовин на ґрунті, рослинах та на різних предметах після вибуху боєприпасів;
- утворення легкого диму, туману;
- поява за пролітаючим літаком смуги, котра поступово осідає та розсіюється;
- скупчення комах та гризунів, незвичне для даної місцевості;
- поява масових захворювань.

Ідентифікація збудників, яка здійснюється у спеціалізованих лабораторіях.

На сьогодні вирішення питань біобезпеки з урахуванням усіх її складових (національна безпека, надзвичайні ситуації пов'язані з БПА, інфекційні захворювання, біобезпека пацієнтів, персоналу, населення та біобезпека в медицині загалом, аграрне виробництво, ветеринарія та продовольча складова біобезпеки в цілому, біопромисловість, біомедична інженерія, фармацевтичні біотехнології неможливе без залучення надійних засобів моніторингу, прогнозування та ранньої діагностики емерджентних, ремерджентних та економічно значимих БПА.

Первинна індикація збудників може здійснюватись в стаціонарних або мобільних (пересувних) лабораторіях. Підтвердження або скасування результату первинного дослідження проводиться у спеціалізованих лабораторіях.

Збір, ідентифікація БПА та вживання заходів захисту завчасно, аби вони були ефективними, є досить складною справою. У докiллі (вода, повітря, ґрунт) постійно знаходяться в різних кількостях непатогенні мікроби та різні органічні сполуки, тому під час ідентифікації БПА виникають певні труднощі.

Для вирішення цих проблем в залежності від поставлених завдань можуть застосовуватись методи неспецифічного та специфічного розпізнавання біооб'єктів.

Неспецифічна індикація

Неспецифічна індикація передбачає тільки виявлення значного зростання кількості деякого біооб'єкта без його ідентифікації наприклад, різке зростання біологічного аерозолі в повітрі під час бойових дій чи після аварії або терористичному акті на біологічно небезпечному об'єкті. Наявні на цей час табельні сигнальні пристрої для визначення біологічного зараження, маючи високу чутливість, характеризуються низькою вибірковою здатністю та великою кількістю помилкових сигналів тривоги. У зв'язку з цим необхідно розробляти пристрої, які поєднували б у собі швидко реакцію з високою вибірковою здатністю під час виявлення біологічного зараження.

Прилади неспецифічної індикації використовують біофізичні і фізичні методи:

- наявність у біооб'єкта білкової флуоресценції в ультрафіолетовій області внаслідок світіння тирозину та триптофану;
- поглинання та світлорозсіювання в ультрафіолетовій та інфрачервоній областях;
- хемілюмінесценція, електрохемілюмінесценція, біолюмінесценція; радіометрія; електрооптичний метод;
- мас-спектрометрія з іонізацією за допомогою лазерної десорбції;
- гігантське комбінаційне розсіювання та ін.

Ці методи індикації є найбільш актуальними для військових, структур надзвичайних ситуації та системи контролю безпеки на біологічно небезпечних об'єктах.

Специфічні методи ідентифікації патологічного біологічного агента

Традиційні біологічні та мікробіологічні методи аналізу зараженості БПА полягають в тому, що з досліджуваних проб (води, повітря, ґрунту, продуктів харчування, змивів з техніки та ін.) виділяють БПА, висівають їх у живильні середовища і після термостатування підраховують число колоній, що вирости. У випробуваннях зразків на наявність мікрорганізмів віддають перевагу методу мембранної фільтрації, за яким повітря, воду або суспензію досліджуваного зразка пропускають через спеціальний мембранний бактеріальний фільтр. Потім фільтр вміщують у живильне середовище, інкубують з відповідною температурою і підраховують число колоній, які вирости. Цей метод дає змогу підтвердити присутність життєздатних БПА у пробі з максимально можливою ймовірністю. Основними чинниками, що впливають на ефективність визначення ступеня зараженості БПА, є об'єкт зразка для аналізу, техніка посіву, склад живильних середовищ, час і температура інкубації посівів.

Існуючі біологічні методи аналізу БПА, незважаючи на високу ефективність, зазвичай є достатньо трудомісткими, потребують багато часу для отримання результатів і дорогих середовищ для культивування мікроорганізмів, що не дозволяє застосувати їх для щоденного моніторингу й експрес-аналізу.

Саме недостатня ефективність неспецифічних методів та тривалість у часі класичного біологічного аналізу спричинили розвиток нових методів специфічної індикації і діагностики БПА в системі біобезпеки.

Вирішення проблем ідентифікації БПА у сучасному світі базується на інтеграції практики традиційної медицини та таких фундаментальних дисциплін, як генетика і молекулярна біотехнологія. Сьогодні для виконання завдань специфічної індикації використовуються такі методи і засоби мікробіологічного експрес-аналізу: метод флуоресціюючих антитіл (МФА), реакція непрямой гемаглютинації (РНГА), твердофазний імуноферментний метод (ТІФМ) та ін. Продуктами досліджень молекулярно-біологічного спрямування стали численні тести та засоби діагностики інфекційних і паразитарних хвороб тварин і людини, засновані на виявленні, типуванні та картуванні геному їх збудників з використанням полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), імунохімічного і ампліфікаційного (гібридизаційного) методів, гібридизації зі специфічними зондами, плазмідного та генного картування, а також методів секвенування (визначення нуклеотидної послідовності геномів мікро- та макроорганізмів) і філогенетичного аналізу (визначення походження та спорідненості збудників), які набувають дедалі більшої доступності у світі.

Найбільш ефективними для ідентифікації БПА є специфічні методи. Ідентифікація є надзвичайно важливим елементом системи біобезпеки та протидії біозагрозам. Вона відповідає на питання не тільки про факт наявності БПА, але і про характер та ступінь небезпеки, необхідні кроки по біозахисту та надання допомоги потерпілим.

Клінічні методи ідентифікації БПА. Для ідентифікації використовуються усі клінічні діагностичні прийоми та способи, які застосовують у внутрішній медицині, однак існують певні особливості. Так при обстеженні пацієнта додатково до інших видів анамнезу збирають епідеміологічний анамнез – відомості про можливість передавання інфекції від джерела інфекції до захворілого, про ймовірні фактори (шляхи) передавання збудника, про тривалість потенційного інкубаційного періоду. Наявність виявлених чинників епідеміологічного анамнезу дозволяє в підозрюваних випадках окремих інфекційних хвороб (ботулізм, правець, сказ, тощо) виносити діагностичне (часто остаточне) судження про наявність такої інфекційної хвороби відповідно до клініко-епідеміологічних факторів (клініко-епідеміологічної діагностики). Зокрема, у пацієнта з ймовірним випадком ботулізму за наявності типових клінічних ознак (порушення ковтання, зорові ушкодження, міоплегія, закріп, тощо) встановлення факту вживання пацієнтом продукту, в якому міг утворитися ботулотоксин (епідеміологічний чинник), цілком досить для переведення ймовірного випадку в градацію підтвердженого випадку без додаткових лабораторних досліджень.

Методи лабораторної та інструментальної діагностики загалом є спільними з тими, що використовують в інших розділах (галузях) медицини. Але інфекційну хворобу спричинює певний збудник, що дає можливість виявлення його, або його часток (антигенів, ендо- та екзотоксинів, тощо), або імунологічних реакцій у відповідь на його потрапляння до організму (вироблення антитіл, реакції гіперчутливості, тощо).

Для ідентифікації БПА застосовують наступні методи специфічної діагностики:

- виявлення самого збудника;
- виявлення антитіл;
- виявлення антигенів;
- виявлення геномів збудника, його побічних продуктів життєдіяльності.

Для виявлення антитіл, антигенів, геномів збудника, його побічних продуктів життєдіяльності:

- серологічний – виявлення антитіл у реакціях аглютинації (РА), зв'язування комплексу (РЗК), реакції гемаглютинації (РГА), непрямой гемаглютинації (РНГА), гальмування гемаглютинації (РГГА), у радіоімунному аналізі (РІА), імуноферментному аналізі (ІФА) тощо);

- виявлення антигенів, нуклеїнових кислот в реакції імунофлюоресценції (РІФ), ІФА, РІА, полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР), молекулярне клонування, тощо);

- газова хроматографія;

- імунохроматографічні тести (експрес-діагностика);

- реакції гіперчутливості уповільненого типу (внутрішньошкірні проби при туляремії, бруцельозі, тощо);

- реакція нейтралізації певних токсинів (зокрема, токсину при ботулізмі), яку проводять на лабораторних тваринах.

Безпосереднє виявлення БПА

Для виявлення самого збудника:

- мікроскопічний (пряма та непряма світлова мікроскопія, електронна мікроскопія; бактеріоскопія, паразитоскопія, в тому числі гелмінтоскопія, вірусоскопія);

- бактеріологічний (посіви крові, фекалій, сечі, мокротиння та інших рідин організму на штучні поживні середовища, зараження культури клітин або тканин);

- вірусологічний (зараження курячих та інших ембріонів, культури клітин або тканин);

- біологічний (введення в організм лабораторних тварин різних рідин від хворого з метою спричинити в них розвиток інфекційної хвороби, виділити збудника у великій кількості з метою його ідентифікації та вивчення його властивостей).

Мікроскопічний метод

Світлова мікроскопія рідин, ексудатів і тканин є одночасно найпростішим та одним з найбільш інформативних лабораторних методів, що застосовують в діагностиці інфекційних хвороб. У деяких випадках це дослідження дозволяє провести точну, високоспецифічну ідентифікацію етіологічного агента. Так при протозойних інфекціях паразитоскопія – взагалі нерідко основний метод підтвердження діагнозу. При малярії, наприклад, до призначення протималярійних препаратів на висоті нападу гарячки беруть на дослідження крові (тонкий мазок і товсту краплю), при амебіазі – досліджують під мікроскопом свіжі фекалії, при лямбліозі – дуоденальний вміст (можна виявити вегетативні форми лямблій) і фекалії (можна знайти цисти). При підозрі на гельмінтози об'єктом дослідження можуть бути фекалії (можна виявити яйця гельмінтів, проглотики та інші частки тіла гельмінта), дуоденальний вміст (яйця), кров (личинки при міграційній стадії гельмінтозів).

При прямій мікроскопії використовують безліч методик. Якщо мікроорганізм має великі розміри або характерну морфологію, з досліджуваного матеріалу можна приготувати незабарвлені нативні препарати та дослідити в світлому полі, в темному полі або за допомогою фазовоконтрастної мікроскопії. Набагато частіше для прямої мікроскопії готують висушені мазки – це дозволяє застосувати різноманітне фарбування, яке полегшує виявлення та ідентифікацію мікроорганізму. Нативні препарати часто використовують для діагностики грибкових і паразитарних інфекцій. Прикладами є криптококовий менінгіт, який діагностують при виявленні інкапсульованого мікроорганізму в препараті цереброспінальної рідини, пофарбованому індійським чорнилом, і кокцидіомікоз, який ідентифікують за наявністю в харкотинні хворого характерних сферул. Дослідження нативних препаратів фекалій або дуоденального вмісту також є початковим етапом у встановленні діагнозу кишкових паразитарних інфекцій, таких як амебіаз і криптоспоридіоз, кишкових гельмінтозів (ово-, мікроскопія тіл або фрагментів самих гельмінтів). На підставі виявлення характерних рухів мікрофілярій і трипаносом в крові та інших рідинах організму можуть бути розпізнані філяріїдоза та трипаносомоз.

Фарбування за Грамом залишається й після більше ніж століття його застосування найкращим і єдиним широкодоступним методом швидкої діагностики бактеріальних інфекцій з використанням світлового мікроскопа. Його використовують при дослідженні фактично всіх видів клінічних матеріалів, причому найбільшу цінність цей метод має при дослідженні ексудатів, аспіратів і тканинних рідин, включаючи цереброспінальну рідину і сечу. Бактерії виявляються або як темно-сині (грампозитивні), або як рожеві (грамнегативні) тіла. Їх забарвлення та морфологічні особливості часто дозволяють проводити попередню ідентифікацію роду, а іноді й виду мікроорганізму. Ряд специфічних мікроорганізмів може бути виявлений при фарбуванні за іншими методиками.

Електронно-мікроскопічне дослідження використовують переважно для ідентифікації тих вірусів, яким не притаманний цитопатичний ефект в культурі клітин. Це дослідження особливо цінне для виявлення ротавірусів у фекаліях

немовлят і дітей раннього віку, які страждають на гастроентерити. Велика кількість і характерні морфологічні риси цих вірусних частинок дозволяють провести їх специфічну ідентифікацію на підставі одних лише цих ознак. Електронна мікроскопія може бути використана також для діагностики хвороб, спричинених вірусами Норфолк (англ. Norwalk).

Бактеріологічний метод

Незважаючи на певну складність виконання і необхідність іноді досить тривалого часу для одержання результату, виділення етіологічного агента за допомогою культивування на штучних поживних середовищах, як і в культурах тканини або в експериментах на тваринах, є зазвичай найбільш достовірним методом. Однак діагностична цінність досліджуваного методом посіву матеріалу великою мірою залежить від того, чи не був він забруднений при зборі супутньою мікробною флорою, чи був доставлений в лабораторію з дотриманням умов, що гарантують виживання відповідних, іноді дуже вибагливих мікроорганізмів. Чутливість бактеріологічного методу залежить й від обсягу досліджуваного матеріалу. Так для визрівання черевнотифозної сальмонели потрібно брати кров від хворого та рідке поживне середовище (10 % жовчний бульйон) у співвідношенні 1:10. Для виділення того чи іншого збудника можуть бути використані диференційно-діагностичні поживні середовища (телуртове – для виявлення коринебактерій, 1 % лужна пептонна вода – для культивування вібріонів холери, тощо). Іноді для виділення певних збудників потрібні особливі умови культивування. Так для виділення ерсиній необхідним є застосування так званого холодого пророщення – витримування поживного середовища, зараженого цими збудниками при температурі термостата 4°C протягом 2-3 діб. Низька температура пригнічує ріст інших мікроорганізмів, але спричинює бурхливий розвиток ерсиній з утворенням видимих великих колоній. Іноді потрібне тривале очікування через повільне зростання збудників – так бруцели виростають до помітних колоній на яєчному поживному середовищі лише через 1 місяць культивації.

Вірусологічний метод

Вибір матеріалу для діагностики вірусних захворювань залежить як від стадії самої хвороби, так і від її клінічних проявів. Якщо хворого обстежують на ранніх стадіях захворювання, то часто існує можливість виявити вірус, використовуючи вірусологічний метод. Характер матеріалу, що підлягає вірусологічному дослідженню і метод його транспортування до лабораторії певною мірою залежать від переважного місця ураження. Так при діагностиці більшості вірусних інфекцій дихальних шляхів досить інформативними є мазки з глотки. У зв'язку з надзвичайною лабільністю респіраторних вірусів мазки поміщають в буферні транспортні середовища з високим вмістом протеїнів і антибіотиками. Якщо матеріал підлягає транспортуванню до іншої установи, його слід зберігати при температурі 60 °C і перевозити в контейнері з сухим льодом. У хворих на вітряну віспу рідина, отримана з везикул, містить значну кількість вірусу і вірусного антигену. Вірусологічний метод рідко є ефективним для виділення вірусів з крові, за винятком арбовірусних інфекцій.

Біологічний метод

Іноді не є можливим виділення збудників за допомогою поживних середовищ або клітинних чи тканинних культур. Тоді досить часто проводять зараження різних лабораторних тварин. Зокрема для виділення збудника лепри (вкрай вибагливого при культивуванні збудника) заражають броненосців. Для виділення шигел проводять підкон'юнктивальне зараження ока кролика. При біологічному виділенні збудників можливе зростання їх у різних органах в залежності від способу зараження та подальшу його біохімічну, морфологічну та іншу ідентифікацію.

2. Виявлення антитіл, антигенів, геномів збудника, його побічних продуктів життєдіяльності

Серологічні дослідження

Для виявлення специфічного для інфекційної хвороби результату контактування людини з мікроорганізмом, що призводить до імунної відповіді та виробляння антитіл, застосовують серологічний метод.

Зазвичай антитіла з'являються на 2-му тижні хвороби, але при деяких захворюваннях можуть з'являтися пізно. Із запізненням з'являються антитіла у старих, ослаблених людей. Але виявлення в сироватці крові хворого антитіл, що реагують з певним антигеном, вказує лише на те, що даний пацієнт мав контакт з антигеном. Тому клінічна інтерпретація серологічних тестів за рідкісним винятком залежить від результатів декількох – серійних визначень. Якщо титр антитіл значно підвищується або, навпаки, знижується, відповідну реакцію можна розцінити як результат свіжого контакту з антигеном. Але оскільки серологічні реакції можуть бути хибно позитивними через наявність перехресних антитіл до збудників одного роду чи родини, або відобразити контакт з даним збудником в минулому (так звані анамнестичні антитіла), то результат вважають достовірним тільки якщо при повторному дослідженні відзначено наростання титру антитіл не менше, ніж в 4 рази.

У будь-якого хворого з неясним захворюванням взятую на початку дослідження стерильну пробу сироватки слід зберігати в замороженому стані з тим, щоб за необхідності мати можливість порівняти її з тією сироваткою, отриманою в більш пізньому періоді (так звані парні сироватки). Контакт з антигеном може виникати в результаті попередньої вакцинації або невиявленої імунізації через перенесену раніше хворобу у стергій формі, що нерідко ускладнює інтерпретацію титрів сироваткових антитіл. Так звана анамнестична реакція, неспецифічна стимуляція антитіл до інших збудників при тій чи іншій інфекції відбувається тільки у випадку антигенної подібності збудників, може спричиняти певні діагностичні помилки, тому й потрібно проводити дослідження в парних сироватках для виявлення наростання титру антитіл до антигену справжнього збудника. Анамнестична реакція буде характеризуватися або монотонним титром, або його зниженням.

Результати серологічних тестів слід інтерпретувати у світлі додаткової інформації про хворого, включаючи такі фактори, як попередня імунізація,

перенесені захворювання, можливість впливу хімічних, але етіологічно чужих антигенів, наявність мінливого титру при постановці серійних реакцій на противагу однократному результату.

Проти збудника організм виробляє різні групи антитіл (аглютиніни, опсоніни, комплементзв'язуючі, гемаглютиніни, тощо), та антигенів. На жаль, при проведенні цих реакцій можливі хибно позитивні результати. На сьогодні широко використовують імуноферментний аналіз (ІФА), який дає можливість розділити антитіла до антигенів збудника. Саме наявність різних антитіл дозволяє ефективно проводити діагностику.

Виявлення антигенів і антитіл

У діагностичному процесі виявлення інфекційних хвороб застосовують низку технічних прийомів, які спрямовані на виявлення мікроорганізмів антигенів, геномів, побічних продуктів збудників:

- реакція імуноної флюоресценції (РІФ). При використанні імунофлюоресцентної техніки мазки, які потенційно містять мікроорганізми, фарбують за допомогою препаратів, що включають готові специфічні моноклональні антитіла, мічені флюоресцентними барвниками, і досліджують в люмінесцентному мікроскопі. Пряме флюоресцентне забарвлення мазків-відбитків з епітелію носових ходів може бути використане для швидкої діагностики грипу, ГРВІ;

- зустрічний імуноелектрофорез. Найбільш широко застосовуваний метод виявлення антигенів. У цьому варіанті дифузії в агаровому гелі матеріал, досліджуваний на наявність антигену, поміщають в канавку (лунку), зроблену в агарі, а специфічної антисироватки – в іншу (прилеглу) канавку. Потім через агар пропускають електричний струм, в результаті чого відбувається швидке, протягом декількох хвилин зближення антигену та антитіл, їх злиття з утворенням преципітату. Реакцію аглютинації часток використовують в тих же цілях, що й зустрічний імуноелектрофорез, але її характеризує більша чутливість, хоча можуть мати місце хибно позитивні результати, обумовлені термолабільними компонентами сироватки та ревматоїдним фактором;

- імуноферментний аналіз (ІФА) можна застосовувати окрім виявлення антитіл, ще й для візуального або спектрофотометричного виявлення мікроорганізмів антигенів. ELISA, як варіант ІФА, заснований на тому, що специфічні моноклональні антитіла реагують з міченим ферментом антивидовим кон'югантом. Після обробки відповідним субстратом з'являється зміна забарвлення, яку можна вловити під звичайним світловим мікроскопом;

- радіоіммунний аналіз (РІА) є високочутливим і результати можуть бути отримані протягом декількох годин. При цьому методі тестовий антиген, мічений радіоізотопом, конкурує з антигеном в сироватці хворого за специфічні антитіла в тест-суміші. Вільні та пов'язані антитіла видаляють відмиванням. Потім за допомогою гамма-лічильника аналізують реактивність комплексу антиген-антитіло;

- полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) та молекулярне клонування. Застосування рекомбінантних ДНК-методів ампліфікації уможливило

виділення, репродукцію і маркування мікроорганізмів з суворо визначеним унікальним розташуванням нуклеотидів в геномі, що представляють штам, вид, рід або групу. У ПЛР мічені фрагменти ДНК додають до тканинних рідин, ексудату або тканин, які припустимо містять патогенний агент. З суміші, яку обробили нагріванням або хімікаліями, виділяють ДНК відповідного унікального складу. Після обробки фрагменти ДНК нагрівають повторно. Ця реасоціація або гібридизація, високоспецифічна і відбувається тільки між фрагментами, що несуть взаємодоповнювальні одне одного нуклеотиди. Якщо матеріал містить нуклеотид, що послідовно доповнює ті, які знаходяться в пробі, вони будуть гібридизовані та марковані. При молекулярному клонуванні відбувається ізоляція певної послідовності ДНК і отримання багатьох копій цієї послідовності *in vivo*. Клонування часто використовують для ампліфікації фрагмента ДНК, що містить гени, але може використовуватися і для ампліфікації будь-якої послідовності ДНК, наприклад промоторів, некодуючих послідовностей і випадкових фрагментів ДНК. Перевага рекомбінантних ДНК-методів ампліфікації складається в їхній унікальній специфічності, здатності виявляти єдиний патоген серед безлічі інших і, нарешті, ідентифікувати мікроорганізми, які або складно, або, навіть, неможливо виявити іншими методами;

- імунохроматографічні (ІХГ) експрес-тести засновані на швидкому визначенні в пробі певних антигенів. На тест-смужках нанесені розчинні моноклональні антитіла до досліджуваного антигену, що кон'юговані з барвником, який можна легко ідентифікувати навіть у найменших концентраціях. Ці антитіла нанесені поблизу ділянки занурення тест-смужки у фізіологічну рідину (кров, тощо). За наявності в субстраті дослідження відповідного антигену з'являється видиме забарвлення. Зазначені тести можуть бути виконані особами, які мають мінімальну технічну кваліфікацію, і вимагають для виконання всього кілька хвилин. На даному етапі розвитку медицини подібні дослідження мають певні недоліки, але їх широко використовують для скринінгового обстеження людей. Для підтвердження результату експрес-тестів в непевних випадках використовують ПЛР та інші тести. На сьогодні такі тести застосовують для діагностики тропічної малярії, ВІЛ-інфекції, вірусних гепатитів тощо;

- газово-хроматографічний метод полягає в прямому дослідженні клінічних матеріалів за допомогою газорідної хроматографії з метою виявлення характерних побічних продуктів метаболізму мікроорганізмів. Метод ефективний при диференціації аеробних і анаеробних мікроорганізмів в гною і крові.

Виявлення реакції гіперчутливості уповільненого типу

Вплив антигенів певних типів різними шляхами і за обставин, не завжди повністю прояснених, призводить до розвитку негайної (анафілактичної, atopічної) або сповільненої гіперчутливості. У певних (далеко не у всіх) осіб активна інфекція деякими (але не всіма) бактеріями і вірусами призводить до розвитку гіперчутливості сповільненого типу. Клінічно наявність цього

алергічного стану виявляють за допомогою внутрішньошкірного (в/ш) введення мікроорганізму, на який падає підозра у розвитку алергії, або одного з компонентів цього мікроорганізму. У чутливого індивідуума на місці введення протягом 24-48 годин з'являється набрякання певного розміру і еритема. Якщо індивідуум є високочутливим або введена доза антигену надлишкова, може розвинути виражене місцеве запалення з некрозом, формуванням везикули, надмірного набряку, регіонарною лімфаденопатією, нездужанням і гарячкою. Раніше в такій діагностиці використовували діагностичні алергени:

- бактеріальні – туберкулін, лепромін, бруцелін, антраксин, пестин, тулярин, малеїн, дизентерин, орнітин;
- протозойні – токсоплазмін, лейшманін, трихомонадний антиген;
- гельмінтозні – ехінококовий, трихінельозний, опісторхозний, аскарідозний антигени;
- вірусні – антиген кліщового енцефаліту.

Але слід пам'ятати, що достовірність цих реакцій не 100%, можливі параалергічні реакції, які створюють помилки в діагностиці. Крім того, ці реакції свідчать лише про інфікованість, але не дозволяють судити ані про активність процесу, ані про давність зараження. Іноді спостерігають після проведення такого дослідження зростання проявів хвороби чи загострення хронічного процесу. Тому на сьогодні у клінічній практиці залишили досить обмежену кількість діагностичних алергенів для здійснення діагностики інфекційних хвороб у людей. Антигени, виготовлені в концентраціях, нездатних спровокувати тяжкі реакції, зазвичай використовують для в/ш проб у діагностиці туберкульозу, венеричної лімфогранульоми, м'якого шанкру, бруцельозу, туляремії, сапа, бластомікозу, гістоплазмозу, кокцидіомікозу. Певну кількість діагностичних алергенів застосовують у ветеринарії, зокрема бруцелін (проба Бюрне), малеїн, антраксин, орнітин.

Методи нейтралізації токсинів

Іноді для виявлення токсинів, як побічних продуктів мікроорганізму, проводять на лабораторних тваринах, здійснюючи нейтралізацію токсинів специфічними сироватками. Зокрема при ботулізмі вводять білим мишам сироватку крові від підозрюваного хворого, фільтрат його блювотних мас, промивних вод шлунку. Паралельно мишам вводять специфічну антитоксичну сироватку. Там, де є відповідний сироватці токсин, відбувається його знешкодження і миша залишається живою.

Найбільший ажіотаж сьогодні створюється навколо методів молекулярної діагностики. З-поміж їх числа рутинними вже стали ПЛР у різних модифікаціях, методи гібридизації зі специфічними зондами та навіть метод секвенування набуває дедалі більшої доступності серед ветеринарної спільноти світу. Нові тести з виявлення та типування патогенів, що пропонуються для застосування у практиці, завжди потребують ретельної систематизації та визначення їх місця в існуючій системі біобезпеки.

На сьогодні молекулярно-генетичні тести застосовуються у медицині, ветеринарії, агробізнесі, біотехнологіях для:

- моніторингу та діагностики інфекційних і деяких інвазійних хвороб;
- типування та паспортизації патогенів, вивчення їх еко-географічних особливостей, дрейфу генетичної мінливості та еволюції;
- дослідження молекулярних механізмів імунної відповіді та взаємодії збудника з макроорганізмом;
- контролю якості та безпечності сільськогосподарської продукції, включаючи продукти харчування та корми;
- контролю якості та безпечності генетичних ресурсів;
- контролю циркуляції патогенів у об'єктах довкілля;
- аналізу походження та паспортизації біологічних об'єктів тощо.

Непрямим свідченням ефективності та доцільності застосування молекулярно-генетичних тестів є зростаючі обсяги їх впровадження у світі. Лише за останні 10 років вкладення у їх розвиток виросли з 300 млн. доларів США до 3,2 млрд.

Агентством зменшення загрози при Міністерстві оборони США підписано контракт DTRA 1-08-D-0007 від 01.06.2008 відповідно до проекту "Зменшення біологічної загрози в Україні" з компанією-підрядником Black&Veatch Special Corp з метою будівництва сучасних референс-лабораторій, покращення можливостей виявлення та реагування на спалахи особливо небезпечних інфекцій (ОНИ), досягнення стандартів біобезпеки, допомога щодо біобезпеки при роботі в лабораторіях, проведення спільних науково-дослідних робіт, навчання фахівців та інше.

У 2017 році за допомогою та підтримки Агентства зі зменшення військової загрози Міністерства оборони США (DTRA) були поставлені в Україну мобільні лабораторії на базі автомобілів Мерседес Спринтер (Київ, Харків, Львів). Лабораторія спроможна працювати в автономному режимі та в польових умовах тривалий час. Вона призначена:

- для відбору проб з навколишнього середовища (біологічний матеріал, вода, повітря, харчові продукти, тощо) при проведенні санітарноепідеміологічної розвідки;
- проведення мікробіологічних досліджень в польових умовах методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР);
- здійснення лабораторної діагностики матеріалу від хворих;
- обстеження контактних в осередках інфекційних захворювань;
- ідентифікації патогенних мікроорганізмів, які можуть бути використані в якості біологічних активних агентів у складі боєприпасів (бактерії, віруси, гриби, найпростіші, а також токсини).

Це автономний конструктивно завершений комплекс, укомплектований необхідними інженерними системами і обладнанням. Враховуючи значення своєчасної організації і проведення протиепідемічних заходів, вирішальну роль в виборі методів лабораторного дослідження на основі яких приймаються рішення про проведення таких заходів має не тільки діагностична цінність методів, але і тривалість аналізу. Методом вибору в такому випадку є ПЛР-аналіз, який дозволяє проводити детекцію збудників в пробі протягом 6-8 годин.

Основу політики біобезпеки у наукових та практичних діагностичних лабораторіях формує принцип: біобезпека є результатом зниження ризиків до прийняттого рівня. Вона має розвиватися у трьох напрямках: оцінка біоризиків, розробка і впровадження засобів і заходів з їх мінімізації та постійна якісна перевірка ефективності запропонованих рішень.

У лабораторії індикації та ідентифікації біоагроз передбачено систему демонстрації та управління біоризиками, контролю безпеки і захисту.

Якісно організовані процедури біобезпеки демонструють компетентність щодо навчання та наукових досліджень.

Біомедичні інженери в рамках проблеми індикації та ідентифікації займаються розробкою технологій, апаратури, програмного забезпечення та супутнього обладнання для оснащення лабораторій та забезпечення необхідного рівня біобезпеки їх експлуатації. Вони також забезпечують експлуатацію, обслуговування та ремонт цієї апаратури.

Тому навчально-наукова лабораторія індикації та ідентифікації біоагроз повинна забезпечувати підготовку біомедичних інженерів та дозволяти проводити наукові дослідження за усіма зазначеними напрямками в рамках інженерних проблем індикації та ідентифікації БПА.

3. Специфічна та неспецифічна профілактика

До індивідуальних засобів захисту населення від біологічної зброї, крім протигаза і захисного одягу, належать методи специфічної профілактики і терапії (застосування вакцин, сироваток, антибіотиків).

Імунопрофілактика інфекційних хвороб – важлива складова, а іноді єдиний ефективний спосіб для їх запобігання, зменшення кількості або ліквідації.

За даними спеціалістів, на сьогодні засоби специфічної профілактики розроблені не до всіх збудників (мікроорганізмів), які можуть бути використані як біологічна зброя. Тому науково-дослідні заклади проводять інтенсивну роботу з підвищення якості існуючих і створення нових високо-ефективних препаратів проти всіх інфекцій, збудники яких є потенційними агентами біологічної зброї.

Біологічні медичні препарати, що застосовуються з метою специфічної профілактики (активної імунізації) і захисту населення від інфекційних захворювань, можуть бути поділені на три групи:

- А – ті, що створюють штучний активний імунітет;
- Б – забезпечують пасивний захист;
- В – затримують розвиток і розмноження збудника.

До групи А препаратів, що індукують активний імунітет, входять:

- вакцини;
- анатоксини;
- протективні антигени.

Вакцини оцінюються як потужний спосіб захисту від біологічної зброї, який за умов своєчасного призначення, а також за епідеміологічними

показаннями може значною мірою запобігти або обмежити розповсюдження та полегшити перебіг інфекційних захворювань, які виникають унаслідок біологічного нападу. Тому проблема вакцинопрофілактики перебуває в центрі уваги фахівців.

Вакцини містять антигени і створюють активний штучний імунітет. Антигени отримують з мікроорганізмів різними шляхами, відповідно виділяють декілька видів вакцин.

Живі вакцини: мікроорганізми зі зниженою вірулентністю або без неї (проти віспи, бруцельозу, туляремії, сибірки, чуми, висипного тифу, жовтої гарячки, грипу та ін.).

Інактивовані вакцини: мікроорганізми, інактивовані хімічним (фенол, формалін, мертіолат, спирт та ін.) або фізичним (висока температура, ультрафіолетове або гамма-проміння) засобом – проти черевного тифу, грипу, кліщового енцефаліту.

Хімічні вакцини: антигени мікроорганізмів, максимально очищені від супутніх речовин за допомогою ультразвуку, центрифугування, хроматографії, градієнтного суперцентрифугування (проти черевного тифу, менінгококової хвороби);

Асоційовані (комбіновані) полівакцини (АКДП – асоційована проти кашлюку, дифтерії та правця);

Перспективи – нові види вакцин: синтетичні, генно-інженерні та антиідіотипні. Вони мають серйозні переваги, а тому в майбутньому, ймовірно, витіснять нинішні вакцини.

Анатоксини за технологічними ознаками є аналогами інактивованої вакцини, де в ролі імунізуючого антигену виступають екзотоксини токсинотворювальних бактерій. Вони застосовуються багаторазово, вводяться парентерально, створюють стійкий антитоксичний імунітет.

До числа біопрепаратів, що забезпечують швидкий, але короточасний захист (група Б), слід віднести сироватки гіперімунних тварин або людей та глобуліни, які містять захисні антитіла.

До групи В входять біологічні препарати, що мають знешкоджувальну дію на збудників інфекційних хвороб. До них належать бактеріофаги та інтерферон. З лікувально-профілактичною метою застосовують сальмонельозний, холерний, стафілококовий і дифтерійний бактеріофаги. Інтерферон є групою білків низької молекулярної маси з протівірусною дією. Вони гальмують репродукцію багатьох вірусів, створюють перешкоди для проникнення їх у клітину хазяїна.

Головним засобом специфічного захисту від біологічної зброї особового складу військ населення вважають імунопрофілактику. Щеплення від інфекційних хвороб поділяють на планові що здійснюються систематично, і щеплення за епідемічними показаннями. Останні можуть бути регулярними або епізодичними.

Регулярне щеплення за епідемічними показаннями проводиться проти чуми, туляремії та кліщового енцефаліту в природних осередках цих інфекцій. Епізодичне щеплення за епідемічними показаннями проводиться в період

виникнення загрози занесення інфекції у військову частину або у випадку захворювання. Так, відомо, що в ірано- іракському конфлікті (січень 1991 р.) американські військовики були щеплені проти сибірки з метою запобігання її розповсюдженню серед особового складу військ у випадку застосування збудника сибірки як біологічної зброї. Те ж здійснюють США у зв'язку з біотероризмом (осінь 2001 р.).

У програмі медичного захисту та стратегії модернізації, розробленій у США, передбачається проведення щеплення вакцинами – продуктами генної інженерії та мультиагентними вакцинами, терапія полі- та моноклональними антитілами, амінокислотна терапія.

Щодо збудників хламідіозу (орнітоз), мікозів (бластомікоз, гістоплазмоз, кокцидіодоз) як потенціальних агентів біологічної зброї ефективні засоби специфічної профілактики ще не розроблені. Проводяться роботи зі створення хімічної вакцини проти плямистої гарячки Скелястих гір, протитуляремійної вакцини та деяких інших.

Серед збудників особливо небезпечних інфекцій кількість вірусних агентів досить значна і постійно зростає завдяки виявленню нових, не відомих раніше науці патогенних для людини вірусів. Проти герпесвірусів (енцефаліт мавп), аренавірусів (болівійська гарячка, гарячка Ласса), тогавірусів (гарячка карельська, річки Рос), флавовірусів (гарячка Східного Нілу), буньявірусів (енцефаліт каліфорнійський), пікновірусів (ящур) і багатьох інших представників 1 та 2-ї груп патогенності ефективні вакцини не розроблені. На стадії розробки перебувають вакцини проти гарячки Ласса та Ебола. Для профілактики натуральної віспи (збудник належить до поксвірусів) ефективною є дермальна, тканинна та ововакцини. Відомо, що в 1980 р. ВООЗ оголосила про повну ліквідацію цього захворювання в усьому світі, у зв'язку з щеплення проти віспи були припинені. Проте у разі виникнення небезпеки розповсюдження натуральної віспи заклади ВООЗ готові будь-який час ужити всіх необхідних заходів для її ліквідації. Є постійні запаси противіспячої вакцини для вакцинації 200 млн осіб.

Поряд з вакцинацією, важливим заходом проти епідемічного захисту небезпечних інфекційних хвороб є екстрена профілактика (превентивне лікування) за допомогою антибіотиків та інших хіміопрепаратів. Із таких засобів захисту від біологічної зброї широко використовують антибіотики широкого спектра дії.

Пероральне приймання антибіотиків широкого спектра дії ефективно при більшості хвороб, спричинених бактеріями та рикетсіями, а також при деяких вірусних захворюваннях. Однієї тони антибіотиків достатньо для того, щоб забезпечити курс лікування 45 000 людей одночасно.

Широко застосовуються похідні тетрацикліну, левоміцетин, рифампіцин, доксициклін, сизоміцин, гентаміцин, пеніцилін та ін. За даними іноземних спеціалістів, своєчасне призначення антибіотиків широкого спектра дії зупиняє розвиток захворювань, які без лікування більш ніж у 95 % випадків призводять до летального наслідку.

Включаючи екстрену профілактику антибіотиками в систему захисту від біологічної зброї, спеціалісти зазначають і недоліки цього методу. По-перше, він не може застосовуватися у випадках інфекцій, проти яких не розроблені ефективні засоби, а також при захворюваннях, спричинених стійкими до антибіотиків штамми мікроорганізмів. По-друге, проведення тривалих профілактичних курсів призведе до сенсibiliзації організму. По-третє, на думку спеціалістів, екстрена профілактика антибіотиками може розпочинатися після встановлення виду застосованої бактерійної зброї, тобто в пізні терміни, коли ефективність її значно знижується.

Таким чином, специфічна профілактика та лікування інфекційних захворювань, збудники яких можуть застосовуватися як потенційні агенти біологічної зброї потребують подальшого вдосконалення.

Лекція № 14

Тема лекції: „Протиепідемічні заходи для запобігання поширенню інфекційних хвороб”

План лекції

1. Захист продовольства та води від біологічної зброї.
2. Дезінфекція, дезінсекція та дератизація.
3. Ліквідація наслідків біологічного нападу.

Література

1. Кодекс цивільного захисту України. – Введ. 2013–07–01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Бактеріологічна (біологічна) зброя / редкол.: І. Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін. ; Держ. НДІ мит. справи. – 2-ге вид. – Хм. : ПП Мельник А. А, 2014. – Т. 1 : – 592 с.
3. Сердюк А.М., Хоменко І.П., Лурін І.А. та ін. Досвід організації санітарно-гігієнічного та протиепідемічного забезпечення військ (сил) під час проведення антитерористичної операції (операції об'єднаних сил) / за ред. акад. НАМНУ, чл.-кор. НАНУ В.І. Цимбалюка. Київ. 2019. 280с.
4. Надання домедичної допомоги при надзвичайних ситуаціях в умовах міста: навч.-метод. посіб. – К., 2016. – 56 с.
5. Актуальні питання епідеміології та профілактики деяких інфекцій в збройних силах, серед населення України та у світі. – К., 2015 – 372 с.

Вступ

Протиепідемічні заходи є невід'ємною складовою системи біобезпеки і вводяться в дію в осередках дії біологічних патогенних агентів. Протиепідемічні заходи це комплекс організаційних, медико-санітарних, ветеринарних, інженерно-технічних, адміністративних та інших заходів, що здійснюються з метою запобігання поширенню інфекційних хвороб, локалізації та ліквідації їх осередків, спалахів та епідемій а також формування безпечного соціального середовища. До них відносяться карантин, обсервація, обмежувальні протиепідемічні заходи.

1. Захист продовольства та води від біологічної зброї

Біологічна зброя може бути використана противником для ураження людей, тварин, сільськогосподарських рослин, запасів продовольства й води.

Зараження через їжу та воду (у природних умовах) досить розповсюджений спосіб передачі інфекційних захворювань. Всі кишкові

інфекції (черевний тиф, паратифи, дизентерія, холера та харчові токсикоінфекції) і ботулізм передаються головним чином з їжею та водою. Аналогічним шляхом можуть передаватися бруцельоз і туляремія.

Заражені харчові продукти та питна вода небезпечні для здоров'я і життя людини. Навіть у мирних умовах (коли немає загрози штучного зараження продуктів і води) вживають заходів, щоб попередити їхнє забруднення або псування.

Багато харчових продуктів – гарне поживне середовище для ряду мікроорганізмів. За наявності сприятливих умов мікроби в таких продуктах швидко розмножуються.

Харчові продукти можуть бути засіяні хвороботворними мікробами руками працівників харчоблоків і продовольчих складів, комахами та гризунами. Тому працюючим у кухнях, їдальнях і на складах необхідно особливо ретельно дотримуватися правил особистої гігієни, знищувати комах і гризунів для попереджень поширення інфекційних захворювань.

В умовах біологічного нападу значно зростає небезпека зараження харчових продуктів і питної води різними видами збудників інфекційних захворювань.

Штучне застосування збудників інфекційних захворювань для зараження харчових продуктів і питної води, на думку іноземних фахівців, не є важким та може здійснюватися різними способами.

Найбільш імовірне зараження противником харчових продуктів у разі створення біологічного аерозолю. Не виключено також можливості скидання противником заражених продуктів з літаків; можливе і навмисне зараження їх на залишеній території для того, щоб викликати захворювання серед людей і тварин. Хворі тварини можуть стати джерелом зараження людини. Тварини хворіють на інфекційні захворювання, які є небезпечними для людини (туберкульоз, бруцельоз, сибірська виразка тощо). Люди можуть захворіти під час вживання в їжу без достатньої термічної обробки м'яса або молока таких тварин.

Не можна виключати також імовірності диверсійного зараження продовольства та питної води. Цей спосіб не вимагає великих витрат і складних пристроїв застосування. Факт диверсійного зараження харчових продуктів і води може бути встановлений не відразу, а після закінчення певного часу, коли з'являться хворі з ознаками гострого отруєння або захворювання. Безсумнівно, що противник буде намагатися заражати диверсійним шляхом насамперед продукти, що не піддаються у звичайних умовах термічній обробці (хліб, печиво, сухарі тощо).

Зараження харчових продуктів можливе під час їхнього зберігання й перевезення, а також приготування їжі в кухнях, їдальнях. Шляхів і способів штучного зараження харчових продуктів і питної води багато. Під час розробки заходів щодо захисту продовольства й питної води від біологічної зброї необхідно передбачити та усунути всі уразливі місця в системі заготівлі (отримання), зберігання й транспортування продовольства та води, а також приготування їжі.

Для захисту від біологічної зброї продовольства насамперед необхідно надійно охороняти місця зосередження продовольства, води та фуражу; ретельно контролювати санітарно-гігієнічні заходи в кухнях, їдальнях і на продовольчих складах, а також під час укриття продовольства, води й фуражу від зараження.

Найкращий спосіб захисту продовольства – облаштування герметизованих приміщень для його зберігання. Важливим є упакування харчових продуктів у захисну тару. Для захисту продуктів від біологічної зброї можна використовувати поліетиленові та поліхлорвінілові плівки, целофан, прогумовану тканину й багатошарові паперові обгортки із проклеєними згинами, кутами тощо.

У польових складах бунти із продовольством укладають під навісом і покривають у два шари брезентовими полотнищами. Під час перевезення продовольства використовують транспортні засоби із критими кузовами, а за відсутності їх – спеціальні ящики із кришками, які щільно закриваються, зовні оббиті оцинкованим залізом. Швидкопсувні продукти (м'ясо, риба) перевозяться у ящиках, зсередини оббитих оцинкованим залізом.

Продукти харчування, що знаходяться у герметичній металевій або скляній упаковці, а також продукти, які вживають у їжу тільки після тривалої термічної обробки (борошно, крупа тощо), перевозяться у звичайних бортових автомобілях, ретельно вкриваючи з усіх боків брезентом.

Недоторканий запас продовольства в речових мішках (ранцях) обгортають у целофан або щільний папір. Користуються індивідуальним пайком тільки з дозволу командира та під наглядом медичної служби.

Всі захоплені в противника трофейні продукти харчування охороняються та піддаються лабораторному дослідженню. Тільки після встановлення факту нешкідливості продуктів і дозволу медичної служби їх можна вживати в їжу.

Для профілактики епідемічних захворювань охороняють вододжерела та встановлюють санітарний нагляд за водопостачанням.

У разі загрози біологічного нападу воду постачають зі спеціально обладнаних та охоронних вододжерел. Не можна користуватися водою з неперевіраних і підозрілих вододжерел. У разі використання вододжерел, розташованих на території, раніше зайнятій противником, проводять попереднє біологічне дослідження води. У всіх випадках воду кип'ятять або знезаражують іншими способами.

Для зберігання та перевезення води використовують спеціальні закриті резервуари, цистерни та інші ємності. Особисту флягу наповнюють доброякісною водою або чаєм і тримають в належній чистоті.

2. Дезінфекція, дезінсекція та дератизація

Деконтамінація (процес проведення медико-санітарних заходів з метою усунення хімічних, радіаційних чинників та біологічних агентів з поверхні тіла людини, в продукті або на продукті, призначених для споживання, на інших предметах, включаючи транспортні

засоби, які можуть становити ризик для здоров'я населення) в осередку дії біологічного патогенного агента

Деконтамінація передбачає зменшення (видалення) з поверхні тіла і запобігання розповсюдженню хімічних, радіаційних та біологічних агентів від контамінованих осіб і предметів. Комплекс цих заходів спрямований на механічну очистку шкіри, слизових оболонок, відкритої рани у контамінованих постраждалих. Деконтамінація проводиться не залежно від наявності у постраждалого симптомів, які характерні для клінічної картини дії ураження хімічними, радіаційними та біологічними агентами.

В залежності від виду, способу застосування біологічного патогенного агента (БПА) та особливостей його поширення в осередку його дії можуть проводитись дезінфекційні, дезінсекційні та дератизаційні заходи.

Обов'язкова складова частина комплексу заходів біологічного захисту – *дезінфекція* (знезаражування). За допомогою засобів і методів дезінфекції знищують (або видаляють) хвороботворні мікроби та токсини на різних об'єктах довкілля, з якими може стикатися людина, а також на шкірі та одязі людини.

Дезінфекція поряд із дезактивацією і дегазацією входить у поняття спеціальної обробки різних об'єктів з метою ліквідації наслідків застосування противником зброї масового ураження. Для знищення шкідливих для людини комах і кліщів – переносників збудників інфекційних захворювань, проводять *дезінсекцію*. А для боротьби із гризунами, які можуть бути джерелами або механічними переносниками збудників цих хвороб, проводять *дератизацію*.

Всі ці заходи необхідні для профілактики виникнення інфекційних захворювань і ліквідації вже виниклих осередків хвороб.

Дезінфекційні заходи поділяються на такі види:

- *Профілактичні дезінфекційні заходи* – заходи, що проводяться у житлових, виробничих, навчальних, санітарно-побутових та інших приміщеннях, будівлях і спорудах, на територіях населених пунктів, у місцях масового відпочинку населення та рекреаційних зонах, в інших можливих місцях розмноження переносників збудників інфекційних хвороб. Профілактичні дезінфекційні заходи проводяться не рідше двох разів на рік – навесні та восени. Профілактичні дезінфекційні заходи проводяться органами державної санітарно-епідеміологічної служби, а також суб'єктами підприємницької діяльності на підставі відповідних договорів з підприємствами, установами, організаціями незалежно від форм власності та громадянами.

- *Поточні дезінфекційні заходи* – заходи, що систематично проводяться у закладах охорони здоров'я, на об'єктах громадського харчування та на підприємствах харчової промисловості, у приміщеннях масового перебування людей (підприємства побутового обслуговування населення, навчальні та культурно-освітні заклади тощо), а також у жилих приміщеннях під час перебування в них інфекційних хворих чи бактеріоносіїв. Поточні дезінфекційні заходи проводяться по декілька разів на день залежно від

епідемічної ситуації. Поточні дезінфекційні заходи проводяться працівниками відповідних підприємств, установ, організацій, а в жилих приміщеннях – хворими на інфекційні хвороби, бактеріоносіями, членами їх сімей тощо;

- *Заклучні* дезінфекційні заходи – заходи, що проводяться в осередку інфекційної хвороби після видалення з нього джерела інфекції. Заклучні дезінфекційні заходи проводяться органами державної санітарно-епідеміологічної служби.

Порядок проведення профілактичних, поточних і заклучних дезінфекційних заходів встановлюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я з урахуванням особливостей збудників інфекційних хвороб, факторів передачі інфекції тощо.

Дезінфекційні засоби – хімічні речовини, біологічні чинники та засоби медичного призначення, що застосовуються для проведення дезінфекційних заходів, підлягають гігієнічній регламентації та державній реєстрації в порядку, встановленому законодавством.

Виробництво, зберігання, транспортування, застосування та реалізація дезінфекційних засобів здійснюються з дотриманням вимог відповідних нормативно-правових актів.

Застосування дезінфекційних засобів, не зареєстрованих у встановленому порядку в Україні, а також тих, у процесі виготовлення, транспортування чи зберігання яких було порушено вимоги технологічних регламентів та інших нормативно-правових актів, забороняється.

Методи дезінфекції

Дезінфекцію проводять за допомогою механічного, фізичного, хімічного, біологічного та комбінованого методів.

Механічний метод дезінфекції забезпечує видалення, знищення або фільтрацію патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів з об'єктів зовнішнього середовища шляхом струшування, вологого протирання, провітрювання, вентиляції, прання, вологого прибирання, чищення предметів, шляхом гомогенізації, ультразвуку, мікро- та ультрафільтрації. Перевагами механічного методу є простота і доступність виконання, недоліком – відсутність можливості досягти повного знезараження об'єкту. Механічний метод не призводить до повного звільнення від БПА, тому його зазвичай поєднують із фізичним та хімічним методами.

Фізичний метод дезінфекції забезпечує видалення БПА з об'єктів шляхом дії ряду фізичних чинників.

Термічна дезінфекція (пастеризація, термічна стерилізація та надвисокотемпературне нагрівання). Найбільш ефективним способом є дія на мікроорганізми високої температури (обпалення, прожарювання, кип'ятіння, прасування, спалювання), що є доступним і легко може бути виконано в будь-яких умовах. Гаряча вода з додаванням миючих засобів використовується для механічного видалення мікроорганізмів при пранні, митті, прибиранні. Додавання 2 % розчину натрію гідрокарбонату підсилює антимікробну дію

кип'ятіння. Це широко застосовується для знезараження посуду, іграшок, предметів догляду за хворим, медичних інструментів тощо. Сухе гаряче повітря при температурі понад 100 °С використовується в повітряних стерилізаторах, камерах і інших апаратах, призначених для дезінфекції посуду, інструментів, виробів з металу, скла, силіконової гуми. Воно має бактерицидну, віруліцидну, фунгіцидну, спороцидну дію. При температурі 160-180°С сухе повітря в камерах використовується для дезінфекції одягу, матраців, подушок, ковдр. Гарячу пару використовують у спеціальних камерах – парових, пароповітряних і пароформалінових. Сильну антимікробну дію надає водяна пара, оскільки вона проникає в глибину оброблювальних об'єктів. Насичена водяна пара під тиском або без нього є агентом дезінфекційних камер і парових стерилізаторів (автоклавів), які широко використовуються для дезінфекції і стерилізації. Пароповітряну суміш використовують у пароформаліновій дезінфекційній камері для обробки речей хворого та постільної білизни. Для знезараження хутряних і шкіряних виробів та інших нестійких матеріалів призначені пароформалінові камери, в яких використовують пари формаліну при температурі 50-60 °С. Експозиція залежить від виду збудника. Камерний спосіб дезінфекції застосовують при чумі, холері, туберкульозі, сибірці, черевному тифі, дифтерії, платтяному педикульозі.

Дезінфекція опроміненням (ультрафіолетові промені, іонізуюче випромінювання). Антимікробний ефект забезпечують ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 200-450 нм. Вони застосовуються для знезараження повітря приміщень лікувально-профілактичних закладів з метою запобігання виникненню внутрішньолікарняного зараження, в бактеріологічних і вірусологічних лабораторіях. Це досягається за допомогою бактерицидних ламп і установок. Ультрафіолетове опромінення знижує ступінь забрудненості повітря мікроорганізмами на 80-90 %.

Проте фізичний метод дезінфекції не є універсальним, для його використання потрібна спеціальна апаратура, інколи його взагалі не можна використовувати, оскільки він псує об'єкт, що оброблюється.

Хімічний метод дезінфекції заснований на вживанні різноманітних хімічних речовин, що викликають загибель мікроорганізмів. Його використовують з метою знезараження різних об'єктів зовнішнього середовища, повітря, біологічних субстратів. Цей метод є найбільш поширеним та загальноприйнятий у лікувально-профілактичних закладах.

Ультрафіолетове опромінення (УФ) – невидиме оком людини електромагнітне випромінювання, що займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюванням. Важливими для розуміння дії ультрафіолету є два параметри – довжина хвилі (в нм) та інтенсивність випромінювання (у Вт/м² або мкВт/см²), які пов'язані з дозою випромінювання (Вт*с/м² = Дж/м²).

Ультрафіолетове світло існує в діапазоні від 200 до 400 нм. Залежно від довжини хвилі спектр ультрафіолету поділяється на три ділянки (діапазони) – UVA, UVB и UVC. Найбільша бактерицидна дія властива діапазону UVC, з піком приблизно на 260-265 нм. Принцип бактерицидної дії УФ в основному

пов'язаний з тим, що фотони УФ руйнують зв'язки в нуклеїнових молекулах, ДНК або РНК, мікроорганізмів. Крім того, певною мірою УФ спричиняє фотохімічні реакції в білках мікробів. Найбільш чутливою мішенню для бактерицидного УФ є ДНК бактерій, далі йде ДНК ДНК-вмісних вірусів, потім РНК РНК-вмісних вірусів та ДНК грибів.

Існує багато типів джерел бактерицидного ультрафіолету: ртутні лампи низького та високого тиску, імпульсні ксенонові лампи, ексимерні (KrCl) лампи, LED-лампи.

Найбільш доступним, дешевим, вивченим та широко застосованим в Україні джерелом ультрафіолету є ртутні лампи низького тиску. 85% випромінювання даних ламп припадає саме на довжину хвилі 254 нм, що пояснює їх бактерицидну дію. Сучасні бактерицидні ультрафіолетові лампи не утворюють озон, тобто без озонові. І це дуже добре, так як озон – це шкідлива реакційноздатна речовина, яка шкідливо впливає на здоров'я людей.

Озон під час роботи бактерицидних УФ-ламп утворюється за рахунок наявності «побічного» випромінювання на довжині хвилі 185 нм. Саме під дією цього випромінювання з кисню, який міститься в повітрі приміщення, утворюється озон. Для виключення цього «побічного» випромінювання в сучасних лампах використовують спеціальне покриття на внутрішній поверхні скляної колби лампи або використовують спеціальне скло для виробництва колб, наприклад, увіолеве, яке не пропускає випромінювання менше 200 нм (більш ефективний спосіб).

Присутність озону в повітрі приміщення є абсолютним показанням для його провітрювання. Саме тому спірним залишається питання використання озонаторів для дезінфекції приміщень. На даний час для технології озонування повітря відсутня достатня доказова база щодо зниження ризиків передачі інфекційних захворювань в закритих приміщеннях, безпечності впливу на людей, які перебувають у приміщенні, та моніторингу концентрації озону, величина гранично допустимої концентрації озону в повітрі закритих приміщень під час роботи озонаторів, величина концентрації озону, необхідної для належного рівня дезінфекції.

Також для розуміння дії бактерицидних УФ-ламп, необхідно знати, що температурний оптимум їх роботи – 20-24 °С, оптимум відносної вологості – 30-70%. Висока відносна вологість в приміщенні може «екранувати» (захищати) мікроорганізми (у бактерій висока відносна вологість активує процеси фотореактивації, що збільшує їх стійкість до дії УФ).

Бактерицидні УФ-лампи використовують у складі спеціальних приладів – УФ-опромінювачів. Наразі виділяють три типи УФ-опромінювачів – відкриті, екрановані та закриті (або рециркулятори). Тип опромінювача визначає характер та особливості його використання. Важлива деталь в опромінювачах є баласт (частина опромінювача, що забезпечує включення лампи). Якісний баласт може збільшувати термін експлуатації бактерицидних ламп в два рази та більше.

Для оцінки роботи бактерицидних УФ-ламп та налагодження ефективної роботи УФ-опромінювачів використовуються спеціальні прилади – УФ-радіометри, які відкалібровані для вимірювань на довжині хвилі 254 нм.

Відкриті УФ-опромінювачі

Принцип їх роботи полягає в прямому опроміненні ультрафіолетом приміщення для дезінфекції повітря та поверхонь за умов відсутності людей. Дезінфекція проходить в тих місцях, куди потрапляють прямі промені ультрафіолету. Місця та зони, куди не потрапляють прямі УФ-промені, не дезінфікуються, тому їх часто називають «мертвими».

Слід розуміти, що УФ дезінфікує лише поверхні і не має проникаючої сили, і його корисність буде обмежена, коли мікроби розташовані в середині пилу, бруду, жиру або на «мертвих» ділянках робочих поверхонь. Тому відкриті УФ опромінювачі ніколи не рекомендують як єдиний засіб дезінфекції приміщень, але за умови використання разом із очищенням мийно-дезінфекційними засобами вони дають гарний результат.

Відкриті УФ-опромінювачі бувають стаціонарні та пересувні. Якщо ви зупинили вибір на стаціонарному відкритому УФ-опромінювачі, треба ретельно підходити до обрання місця його розташування, враховуючи форму приміщення, розміщення меблів, основне місце проведення робочого процесу. За використання пересувного УФ-опромінювача для досягнення гарного рівня дезінфекції приміщення, як правило, застосовують знезараження приміщення з кількох точок – для цього опромінювач поступово переміщують. Використання пересувних опромінювачів з великою кількістю бактерицидних УФ-ламп (4-6 та більше) дає змогу відчутно зменшити час дезінфекції приміщення.

До речі, саме через неможливість дезінфекції в «мертвих зонах» заборонено використовувати УФ-стерилізатори для стерилізації та дезінфекції медичних виробів.

Наразі в Україні немає жодного нормативно-правового документу, який би регламентував розрахунок часу роботи відкритого УФ-опромінювача (або знезараження приміщення за допомогою УФ). І навряд чи хтось зможе пояснити їх час роботи, який використовується – чому саме 30 чи 45 хвилин для цього приміщення, а не інше значення. Обґрунтованим методом розрахунку часу роботи відкритих опромінювачів є той, який враховує летальні дози УФ мікроорганізмів, які можуть бути присутні в приміщенні, та інтенсивність УФ-випромінення в дальній від опромінювача точці приміщення.

Також важливо зазначити, що відкриті УФ-опромінювачі для дезінфекції повітря не доцільні для профілактики інфекцій, які передаються через повітря, під час процедур із тривалим утворенням інфекційного аерозолію.

Для приблизного розрахунку кількості відкритих УФ-опромінювачів використовують правило: 1-2,5 Вт потужності бактерицидної УФ лампи на 1 м³ об'єму приміщення.

Таким чином, відкриті УФ-опромінювачі підходять для дезінфекції повітря і поверхонь як додатковий метод в сукупності з іншими, після генерального або рутинного прибирання приміщень, під час підготовки приміщення до маніпуляцій та процедур, що вимагають стерильних умов (у

маніпуляційній, операційній та ін.), у перервах в роботі (наприклад, кабіна/кімната для збирання мокротиння, кабінет для прийому пацієнтів у поліклініці тощо).

Екрановані опромінювачі

Принцип їхньої роботи полягає в тому, що верхня частина приміщення постійно знезаражується бактерицидним УФ-випроміненням за умов присутності людей в приміщенні. Використовуються для дезінфекції повітря в закритих приміщеннях, особливо за умов неадекватної вентиляції (як механічної, так і природної).

Двома незалежними фундаментальними дослідженнями в Перу та Південно-Африканській Республіці було доказано ефективність екранованих УФ-опромінювачів в попередженні передавання туберкульозу, також є дослідження щодо запобігання поширенню інших патогенів через повітря (кір, вітряна віспа тощо, зокрема стійких до антимікробних препаратів). Використання екранованих УФ-опромінювачів рекомендовано ВООЗ для профілактики передачі туберкульозу.

Ефективність роботи екранованих УФ-опромінювачів залежить від перемішування повітря в приміщенні між верхньою та нижньою зонами, що може забезпечуватися роботою вентиляції або будь-яких типів вентиляторів тощо.

УФ-випромінення з верхньої зони приміщення може відбиватися від стелі, стін та будь-яких предметів у нижню частину приміщення. Тому обов'язковою умовою використання екранованих УФ-опромінювачів є перевірка безпечних рівнів УФ-випромінення в нижній частині приміщення. Дані вимірювання зазвичай проводяться на рівні очей людини середньостатистичного зросту (1,7 м), біля ліжок пацієнтів та на робочих місцях співробітників. Для зменшення ризиків перевищення рівнів УФ у нижній частині приміщення під час роботи екранованих опромінювачів слід уникати використання матеріалів з високим коефіцієнтом відбиття УФ (наприклад, побілка) та віддавати перевагу матеріалам з низьким коефіцієнтом відбиття УФ (наприклад, фарби зі вмістом діоксиду титану або оксидом цинку). З тієї ж причини не рекомендовано використовувати екрановані УФ-опромінювачі у приміщеннях з висотою стелі менше 2,3 м.

Екрановані опромінювачі за типом конструкції бувають звичайні (з відкритим верхом) та із жалюзі. Для приміщень заввишки до 2,8-3м рекомендовано використовувати екрановані опромінювачі з жалюзі для зниження ризиків перевищення рівнів УФ в нижній частині приміщення, там де перебувають люди.

Для приблизного розрахунку кількості екранованих УФ-опромінювачів використовують правило: одна 30-ватна УФ-лампа на 18-20 м² приміщення. Для ефективною дезінфекції повітря в закритих приміщеннях рекомендовано обирати такі екрановані опромінювачі та розміщувати їх таким чином, щоб у верхній частині приміщення рівень УФ-випромінювання в середньому складав 30-50 мкВт/см².

Тобто, екрановані опромінювачі рекомендовано використовувати в приміщеннях, де є ризики передачі інфекцій повітряним шляхом або в приміщеннях, де проводяться аерозоль-генеруючі процедури, причому як в цілодобовому режимі, так і під час робочого процесу, особливо за незадовільної роботи вентиляції (наприклад, у приміщеннях для очікування, реанімаційних відділеннях та відділеннях інтенсивної допомоги, кімнатах бронхоскопії, палатах для ізоляції хворих з аерогенною інфекцією, палатах для хворих на туберкульоз, операційні і секційні зали, рентгенологічні та стоматологічні кабінети).

Рециркулятори (закриті опромінювачі)

Принцип роботи полягає в тому, що повітря з приміщення проходить через корпус приладу, в якому працює бактерицидна УФ-лампа.

Використовувати рециркулятори для дезінфекції не рекомендовано. Основним причиною є занадто низька ефективність роботи.

Щоб зрозуміти це необхідно розібратися, що таке ефективна дезінфекція повітря в закритих приміщеннях. На практиці забруднення (в тому числі й інфекційним аерозолем) повітря – це не стала одномоментна величина. Так, наприклад, у палаті хворого на туберкульоз чи в кабінеті бронхоскопії повітря забруднюється постійно, і дуже важливо якомога швидше та ефективніше це «забруднення» видаляти або знезаражувати, для того щоб знизити ризики інфікування медичних співробітників та/або інших пацієнтів та розповсюдження інфекційного аерозолу в інші приміщення.

Для оцінки ефективного очищення (дезінфекції) повітря в практиці інфекційного контролю прийнято використовувати термін еквівалентна кратність повітрообміну. Однократний повітрообмін – це видалення 63% забруднення з повітря приміщення за годину, двократний – видалення додатково 63% від залишку (37%-й залишок (100-63); $37 \cdot 63\% \approx 23\%$; тобто взагалі за двократного повітрообміну видаляється $63+23 = 86\%$ «забруднень» за годину). Рекомендована швидкість очищення (дезінфекції) повітря – як мінімум 6-кратний повітрообмін (тобто 99% очищення повітря досягається за 46 хвилин), в ідеалі – 12-кратний повітрообмін (тобто 99% очищення повітря досягається за 23 хвилини).

З огляду на інші конструктивні недоліки рециркуляторів, як-от малий радіус дії, утворення «короткого» контуру, неможливість адекватного обслуговування тощо, більшість таких пристроїв на ринку України за ефективністю відповідають однократному повітрообміну й нижче, що є дуже малим показником. Наприклад, екрановані УФ-опромінювачі, порівняно з рециркуляторами, за ефективністю роботи еквівалентні приблизно 20-кратному повітрообміну.

Таким чином, використання рециркуляторів для дезінфекції повітря в закритих приміщеннях є заходом із сумнівною ефективністю в більшості випадків.

Дезінфекція холодною плазмою

Використання низькотемпературної плазми (ТТР) – це технологія дезінфекції холодною плазмою, яка також може вбивати стійкі до антибіотиків

патогени навіть через одяг при температурі нижче 100 °С, заощаджуючи час. Він підходить, наприклад, для дезінфекції повітря, поверхонь, предметів, для дезінфекції рук і для лікування погано загоюються хронічних ран. У експериментах *in vitro* (це техніка виконання експерименту чи інших маніпуляцій у пробірці, або, більш загально, у контрольованому середовищі поза живим організмом) можна було спостерігати не тільки вбивчу дію проти бактерій, але також проти вірусів і грибів.

Олігодинамічна дезінфекція це застосування іонів та наночасток деяких металів (ртуть, срібло, мідь та її сплави латунь і бронза, олово, залізо, свинець, вісмут та деякі інші) для знищення різних патогенів, включаючи бактерії, віруси та гриби.

Зневоднення та висушування, як засіб дезінфекції.

Хімічні засоби дезінфекції діють, в основному, поверхнево, можуть бути використані для предметів, що не витримують високої температури. Проте хімічний метод дезінфекції знаходить широке застосування в дезінфекційній практиці, головним чином тому, що він значно зручніший і простіший у використанні, оскільки не потребує обов'язкового застосування складного, зокрема стаціонарного, обладнання. Хімічні засоби, які використовуються для знезараження, повинні мати спороцидну і мікобактерицидну активність, не фіксувати білок, просто і легко змиватися з поверхонь, що оброблюються. Вони мають бути повністю сумісні з матеріалами поверхонь, що оброблюються, і відрізнятися простотою використання без попередньої активації, бути розчинними у воді, мати тривалий термін зберігання. Крім того, вони не повинні мати запаху і подразнюючої дії на організм людини. Усі хімічні засоби, що використовуються в дезінфекційній практиці, можна розподілити за активно діючою речовиною на декілька основних груп:

1. галоїдовмісні сполуки;
2. окислювачі, або кисневмісні;
3. поверхнево-активні речовини (ПАР);
4. гуанідиновмісні сполуки;
5. альдегідовмісні засоби;
6. спирти;
7. луги;
8. кислоти;
9. композиційні (включають у себе декілька діючих речовин із наведених вище груп дезінфектантів).

Галоїдовмісні сполуки –це засоби, активно діючими речовинами яких є хлор, бром, йод. Частіше з цієї групи засобів використовують хлорвмісні препарати: хлорамін, хлорантоїн, хлорне вапно, гіпохлорити натрію і калію, дезактин, неохлаор. Ці препарати мають широкий спектр антимікробної активності, відносно швидку дію, вони відносно дешеві. Бактерицидна активність зазначених препаратів оцінюється за вмістом в них активного хлору. Деякі властивості хлорвмісних препаратів обмежують їх застосування, зокрема, вони подразнюють слизові оболонки очей та органів дихання, швидко спричиняють корозію металевих предметів, знебарвлюють тканини.

Кисневмісні сполуки (окислювачі) – група препаратів, діючим агентом яких є атомарний кисень у складі пероксиду водню, перекисних сполук, надкислот. Окислювачі мають широкий спектр антимікробної дії, екологічно безпечні, застосовуються для дезінфекції поверхонь, санітарно-технічного обладнання, виробів медичного призначення при інфекціях бактеріальної (включаючи туберкульоз), вірусної та грибової етіології.

Поверхнево-активні речовини – це група хімічних сполук і речовин, серед яких за спроможністю іонізувати у водних розчинах розрізняють катіонні, аніонні, амфолітні та неіоногенні речовини. Вони мають добрі потенціуючі властивості і їх застосовують як добавки до складу композиційних дезінфекційних засобів. Перевагою цих препаратів поряд з миючими властивостями є висока економічність, відсутність різких запахів і низький рівень токсичності, вони не викликають корозії металів. Недоліком препаратів цієї групи є досить вузький антивірусний спектр дії.

Гуанідини – група препаратів, діючими речовинами яких є складні органічні сполуки типу хлорфенілдигуанідогексану. Гуанідини активні щодо грампозитивних і грамнегативних мікроорганізмів. Виявляють слабку активність до мікобактерій туберкульозу, вірусів, грибів, спор.

Альдегідовмісні засоби – група препаратів, діючою речовиною яких є формальдегід, глутаровий чи бурштиновий альдегід. Препарати цієї групи мають широкий спектр антимікробної дії: бактерицидні, туберкулоцидні, віруліцидні, фунгіцидні властивості. Позитивними якостями альдегідовмісних препаратів є відсутність або низька корозійна активність, відсутність різких подразнюючих запахів, широкий спектр антимікробної дії і можливість використовувати їх для так званої «холодної» стерилізації виробів медичного призначення.

Спирти – група препаратів на основі етанолу, пропанолу, ізопропанолу тощо, які використовуються для дезінфекції поверхонь, а також як шкірні антисептики.

Біологічний метод дезінфекції

Знищення збудників інфекційних хвороб у зовнішньому середовищі біологічними засобами має суто специфічне призначення. Цей метод використовується при знезараженні стічних вод на полях зрошування і фільтрації, при компостуванні сміття і відходів, при дезінвазії побутового сміття у біотермічних камерах. Комбінований метод дезінфекції ґрунтується на поєднанні декількох вказаних вище методів.

Частіше для знезаражування використовують механічні, фізичні та хімічні засоби та методи дезінфекції, комбінуючи їх. Так досягається найбільший ефект у попередженні виникнення інфекційних захворювань.

Основні технічні засоби санітарної обробки та дезінфекції у військах

Індивідуальний протихімічний пакет ІПП-8 (-9,-10) призначений для обробки шкірних покривів людини.

Аерозольні балони – зручні індивідуальні засоби для швидкої обробки людей (одежі, спорядження), приміщень та інших невеликих об'єктів. Вони наповнені репелентними або інсектицидними рецептурами.

Дезінфекційно-душові установки на автомобілі (ДДА) і на причепі (ДДП) застосовують для повної санітарної обробки людей з дезінфекцією (дезінсекцією) одягу, спорядження, взуття, індивідуальних засобів захисту.

Для дезінфекції озброєння, бойової техніки, транспорту, інженерних споруд і місцевості використовують дегазаційні комплекти, машини та прилади. Це – індивідуальний дегазаційний пакет (ІДП) для дегазації й дезінфекції особистої зброї; індивідуальний комплект для спеціальної обробки автотракторної техніки ІДК-1; автомобільний комплект для спеціальної обробки військової техніки ДК-4 (та його модифікації); автомобільна розливна станція АРС-14 (АРС-15). Для дезінфекції обмундирування, взуття та спорядження використовують автодегазаційну станцію АГВ-3У (АГВ-3А); бучильну установку БУ-4М-66. Димову машину ТДА-2М (ТДА-2К) та переносний аерозольний генератор АГП – для дезінсекції місцевості.

Для дезінфекції озброєння, бойової техніки та транспорту за допомогою дегазаційних комплектів, приладів і машин застосовують дегазуючі розчини, які входять до складу комплектів, а також інші розчини дегазуючих та дезінфікуючих речовин. Для дезінфекції, зазвичай, використовують дегазуючий розчин № 1, що представляє собою 2 % розчин дихлораміну в дихлоретані.

Крім спеціальної дегазаційної техніки, з метою дезінфекції можуть бути використані різні дезінфекційні установки та прилади, які перебувають на постачанні військ і цивільних органів. До них належать найпростіші засоби, виготовлені безпосередньо у військах (камери-бочки), різна апаратура та техніка для обприскування та опилання: гідропульти, прилади для обприскування та опилання, поливально-мийні машини, протипожежна техніка, аерозольні генератори, пересувні та стаціонарні дезінфекційні камери тощо.

3. Ліквідація наслідків біологічного нападу

Для запобігання захворювань після біологічного нападу здійснюють комплекс протиепідемічних заходів:

- екстрену профілактику;
- обсервацію і карантин;
- санітарну обробку особового складу;
- дезінфекцію різних об'єктів, заражених біологічними засобами;
- у разі необхідності знищують комах, кліщів і гризунів.

Медицина служба в цей період проводить евакуацію інфекційних хворих із частин і з'єднань, які піддалися біологічному нападу, у лікувальну установу та організує їхнє лікування. Всю сукупність зазначених робіт необхідно проводити ретельно та одночасно. Все це буде сприяти зведенню до мінімуму небезпеки виникнення та поширення масових захворювань.

Обсервація і карантин

Карантин – адміністративні та медико-санітарні заходи, що застосовуються для запобігання поширенню особливо небезпечних інфекційних хвороб.

Обсервація – перебування особи, стосовно якої є ризик поширення інфекційної хвороби, в обсерваторії з метою її обстеження та здійснення медичного нагляду за нею.

Обмежувальні протиепідемічні заходи – медико-санітарні та адміністративні заходи, що здійснюються в межах осередку інфекційної хвороби з метою запобігання її поширенню.

Карантин встановлюється та відміняється Кабінетом Міністрів України. Питання про встановлення карантину порушує перед Кабінетом Міністрів України центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я, за поданням головного державного санітарного лікаря України. Рішення про встановлення карантину, а також про його відміну негайно доводиться до відома населення відповідної території через засоби масової інформації.

У рішенні про встановлення карантину зазначаються обставини, що призвели до цього, визначаються межі території карантину, затверджуються необхідні профілактичні, протиепідемічні та інші заходи, їх виконавці та терміни проведення, встановлюються тимчасові обмеження прав фізичних і юридичних осіб та додаткові обов'язки, що покладаються на них, підстави та порядок обов'язкової самоізоляції, перебування особи в обсерваторії (обсервації), госпіталізації до тимчасових закладів охорони здоров'я (спеціалізованих шпиталів). Карантин встановлюється на період, необхідний для ліквідації епідемії чи спалаху особливо небезпечної інфекційної хвороби. На цей період можуть змінюватися режими роботи підприємств, установ, організацій, вноситися інші необхідні зміни щодо умов їх виробничої та іншої діяльності.

До відміни карантину його територію можуть залишити особи, які пред'явили довідку, що дає право на виїзд за межі території карантину.

Організація та контроль за дотриманням встановленого на території карантину правового режиму, своєчасним і повним проведенням профілактичних і протиепідемічних заходів покладаються на місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування.

На територіях, де встановлено карантин, місцевим органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування надається право:

- залучати підприємства, установи, організації незалежно від форм власності до виконання заходів з локалізації та ліквідації епідемії чи спалаху інфекційної хвороби;

- залучати для тимчасового використання транспортні засоби, будівлі, споруди, обладнання, інше майно підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, необхідне для здійснення профілактичних і протиепідемічних заходів, із наступним повним відшкодуванням у встановленому законом порядку його вартості або витрат, пов'язаних з його використанням;

- установлювати особливий режим в'їзду, виїзду на території карантину та окремих адміністративно-територіальних одиниць громадян і транспортних засобів, а у разі необхідності – проводити санітарний огляд речей, багажу, транспортних засобів та вантажів;

- запроваджувати більш жорсткі, ніж встановлені нормативно-правовими актами, вимоги щодо якості, умов виробництва, виготовлення та реалізації продуктів харчування, режиму обробки та якості питної води;

- установлювати особливий порядок проведення профілактичних і протиепідемічних, у тому числі дезінфекційних, та інших заходів;

- створювати на в'їздах, виїздах на території карантину та окремих адміністративно-територіальних одиниць, що знаходяться на території карантину, контрольно-пропускні пункти, залучати в установленому порядку для роботи в цих пунктах військовослужбовців, працівників, матеріально-технічні та транспортні засоби підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, частин та підрозділів центральних органів виконавчої влади, що реалізують державну політику у сферах оборони і військового будівництва, охорони громадського порядку.

У разі встановлення карантину на час його дії та відповідно до потреби органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування утворюють на території карантину тимчасові заклади охорони здоров'я (спеціалізовані шпиталі), обсерватори. Тимчасові заклади охорони здоров'я (спеціалізовані шпиталі) утворюються за рішенням органів державної влади та органів місцевого самоврядування з метою додаткового забезпечення надання медичної допомоги населенню з можливістю використання приміщень і майна інших закладів і установ.

Обов'язковій госпіталізації у спеціалізовані лікарні підлягають хворі на особливо небезпечні та небезпечні інфекційні хвороби, а також особи з симптомами таких хвороб.

Порядок облаштування та функціонування обсерваторів, тимчасових закладів охорони здоров'я (спеціалізованих шпиталів) встановлюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

Обсервації та самоізоляції підлягають особи, які підпадають під критерії, визначені в рішенні про встановлення карантину.

Особи, які виявили бажання залишити територію карантину до його відміни, повинні отримати довідку про можливість виїзду із зони карантину протягом інкубаційного періоду хвороби, яка видається за результатами медичного обстеження в порядку, визначеному центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

На період перебування в самоізоляції, обсервації, в тимчасових закладах охорони здоров'я (спеціалізованих шпиталях) особі видається листок непрацездатності, який оплачується в розмірах і в порядку, встановлених законодавством для осіб, визнаних тимчасово непрацездатними внаслідок захворювання.

Обмежувальні протиепідемічні заходи встановлюються місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування за поданням відповідного головного державного санітарного лікаря у разі, коли в окремому населеному пункті, у дитячому виховному, навчальному чи оздоровчому закладі виник спалах інфекційної хвороби або склалася неблагополучна епідемічна ситуація, що загрожує поширенням інфекційних хвороб. Обмеженням підлягають ті види господарської та іншої діяльності, що можуть сприяти поширенню інфекційних хвороб.

Види і тривалість обмежувальних протиепідемічних заходів встановлюються залежно від особливостей перебігу інфекційної хвороби, стану епідемічної ситуації та обставин, що на неї впливають.

Встановлення карантину передбачає:

- повну ізоляцію осередку інфекційної хвороби;
- встановлення охорони на зовнішніх кордонах;
- заборону виходу людей, тварин та вивезення майна;
- дозвіл в'їзду лише спеціальним формуванням призначеним для проведення профілактичних та протиепідемічних заходів;
- заборону транзитного проїзду;
- розподіл населення на дрібні групи і доставку продуктів харчування, води по окремим квартирам та будинкам;
- припинення роботи всіх підприємств та установ, крім тих, які мають значення для життєзабезпечення населення;
- проведення профілактичних заходів серед населення та лікування хворих; проведення санітарної обробки населення, дезінфекції, дезінсекції, дератизації;
- використання засобів індивідуального захисту.

Об'єкти які продовжують роботу у зонах карантину переходять на особливий режим праці:

- робітники та службовці переводяться на казармене положення з виконанням протиепідемічних заходів;
- зміни розподіляються на окремі групи (наскільки можливо меншої чисельності), контактування між ними та вихід з приміщень забороняється;
- харчування та відпочинок організується по групах у спеціально відведених приміщеннях.

Проведення часткової та повної санітарної обробки

Санітарна обробка – комплекс заходів, спрямованих на звільнення шкірних покривів людини, її одягу та речей постійного користування від збудників інфекційних захворювань та їх переносників.

Мета санітарної обробки – оберегти людину від впливу різних шкідливих збудників, які перебувають на його тілі, одязі та у речах постійного користування. Важливо також запобігти їх занесенню на тілі, одязі та речах у різні незаражені приміщення та споруди, не допустити передачу їх іншим особам.

Для досягнення найбільшої ефективності санітарної обробки одночасно з

миттям тіла з милом, зміною та знезаражуванням білизни та обмундирування проводять дезінфекцію приміщень (постійних або тимчасових осель) і предметів, з якими стикаються люди. Така санітарна обробка відрізняється від звичайної гігієнічної помивки зі зміною білизни, що проводиться регулярно, не рідше одного разу на тиждень.

Прийнято поділяти санітарну обробку на часткову і повну, маючи на увазі якість обробки людей, їхнього одягу та предметів постійного користування..

Мета *часткової санітарної обробки* особового складу – знищити або видалити основну масу мікробів з тіла, обмундирування й предметів постійного користування. Часткова санітарна обробка не гарантує повного захисту від можливого зараження людей. Однак вона значно знижує цю небезпеку і є досить важливим протиепідемічним заходом.

Часткова санітарна обробка полягає в механічному очищенні (або у поєднанні її з обробкою дезінфікуючими розчинами) одяжі, взуття, спорядження та знезаражуванні обличчя, шиї, рук. Її проводять самі військовослужбовці, допомагаючи один одному, відразу, як тільки виникає в цьому нагальна потреба. Такі дії зменшують екстреність проведення повної санітарної обробки.

Дезінфекція різних об'єктів, заражених біологічними засобами

Сукняне та бавовняне обмундирування, заражене спороутворюючими мікробами, зазвичай обробляють 45 хв у камерах дезінфекційних і дезінфекційно-душових установок (ДДА, АГВ-3У (АГВ-3А) пароповітряною сумішшю за температури 98 °С. У випадку зараження неспорівими формами мікробів обробляють 15 хв за температури 85 °С.

Шкіряно-хутрове обмундирування, шкіряне взуття, ремені обробляють у камерах дезінфекційно-душових установок ДДА пароформаліновим методом. Він не псує ці види одяжі та спорядження. У чому полягає його сутність? У камерах розпорошують формалін і проводять знезаражування за температури 58-59 °С. У разі зараження споровими формами мікробів час знезаражування 2 год 45 хв, а неспорівими – 45 хв.

Бавовняну одягу та білизну можна знезаразити кип'ятінням або бученням в 1-2 % розчині соди або в розчинах різних поверхнево-активних миючих речовин. При цьому кип'ятять 30 хв – у разі зараження неспорівими формами мікробів і до 1,5 год – у разі зараження спорами сибірської виразки.

Дезінфекцію паром і кип'ятінням можна проводити в бучильниках та у різних підручних засобах (бочках, баках тощо).

В окремих випадках обробку літньої одяжі, білизни та інших виробів із бавовняної тканини, заражених неспорівими формами мікробів, можна проводити замочуванням впродовж 1 год у 5 % водному розчині лізолу, нафталізолу, у 3 % водному розчині монохлораміну або 2,5 % водному розчині формальдегіду. У разі зараження спороутворюючими формами мікробів ці предмети замочують на 2 год у 10 % водному розчині формальдегіду.

Дезінфекція озброєння, бойової техніки та транспорту здійснюється протиранням серветками, дрантям, щітками, змоченими в дезінфікуючих

(дегазуючих) розчинах, або зрошенням цими розчинами за допомогою різних приладів і машин. У всіх випадках перед обробкою за можливості очищують знезаражувані поверхні від крапель та інших видимих слідів забруднення.

Дезінфікують в основному дегазуючими розчинами у тому числі з дегазаційних пакетів і комплектів.

Можна застосовувати й спеціальні дезінфікуючі рецептури: свіжоприготовлений 10 % розчин монохлораміну у 17-20 % водному розчині формальдегіду, лужно-формалінову суміш “ЩФ” (48 % формаліну, 50 % рушничного луку та 2 % емульгатора ОП-10). Їх доцільно застосовувати за температур не нижче 8 °С. І, нарешті, застосовують 10 % водний розчин монохлораміну та 10 % водний розчин “активатора” – сірчанокислого амонію. Обидва ці розчини одночасно наносяться із двох окремих розпилювачів на знезаражувану поверхню. Всі ці дезінфікуючі рецептури володіють більш високими спороцидними властивостями, ніж інші.

Під час часткової дезінфекції озброєння, бойової техніки й транспорту знезаражують частини, з якими особовий склад стикається під час виконання бойового завдання.

Наприклад, під час часткової дезінфекції бронетранспортера особливу увагу звертають на обробку дверей, підніжок, капота, кришки надмоторного люка, місць розміщення особового складу й озброєння. Зазвичай це роблять за допомогою індивідуального дегазаційного пакета або дегазаційних комплектів, якими оснащено підрозділи з використанням дегазуючого розчину № 1. Така обробка не повністю гарантує захищеність від зараження. Тому, як тільки дозволить обстановка, проводять повну дезінфекцію.

Повну дезінфекцію озброєння, бойової техніки й транспорту проводять безпосередньо в підрозділах, а також на пунктах спеціальної обробки (ПуСО). Там створюють площадку для обробки озброєння та техніки.

Повна дезінфекція озброєння, бойової техніки та транспорту

Для цього поверхні озброєння, бойової техніки та транспорту так само, як і під час дегазації, протирають щітками з дегазаційних комплектів з використанням дегазуючого розчину № 1 або іншого дегазуючого (дезінфікуючого) розчину.

Щоб підвищити ефективність знезаражування під час повної дезінфекції, рекомендують послідовно дворазово протирати всі поверхні.

Після дезінфекції можна застосовувати й дегазуючий розчин № 2. Він виступає у цьому випадку ще й як засіб проти корозії.

Для дегазації озброєння, бойової техніки та транспорту використовують різні дегазаційні комплекти й прилади, а також автомобільний комплект спеціальної обробки військової техніки ДК-4.

Дезінфекцію за допомогою ДК-4 здійснюють дегазуючим (дезінфікуючим) розчином у вигляді гарячого газорідного струменя. Для його одержання використовуються вихлопні гази двигуна автомобіля.

Дезінфекція великої бойової техніки може здійснюватися також за допомогою авторозливних станцій АРС-14 (АРС-15).

Дезінфікувати озброєння, бойову техніку та транспорт можна не тільки дегазуючими розчинами, але й водними розчинами миючих речовин (поверхнево активних речовин), особливо в гарячому вигляді.

Щоб уникнути іржавіння, через 1-1,5 год після дезінфекції роблять чищення та змащення металевих частин озброєння, бойової техніки та транспорту.

Дезінфекція зараженої місцевості

Її проводять, поливаючи місцевість дезінфікуючими розчинами або знімаючи заражений шар ґрунту (снігу). У теплу пору року можна розсипати сухі дезінфікуючі речовини на заражені ділянки, а потім поливати їх водою.

З огляду на більші витрати дезінфікуючих речовин, необхідно знезаражувати лише ті ділянки місцевості, де особовий склад безпосередньо перебуває тривалий час (окопи, траншеї, місця розміщення командних пунктів, польових кухонь тощо).

Дезінфікують місцевість, використовуючи 10-20 % водні розчини та суспензії ДТС-ГК та 20 % водні суспензії хлорного вапна. При цьому витрачають літр суспензії на 1 м² поверхні, якщо місцевість заражена неспоровими формами мікробів, і два літри на 1 м² у разі зараження місцевості споровими формами мікробів.

Для дезінфекції проходів на зараженій місцевості та окремих її ділянок і доріг застосовують дегазаційні машини: авторозливну станцію АРС-14 (АРС-15).

Дезінфекція може проводитися також шляхом видалення зараженого шару землі (снігу) лопатами та різними інженерними машинами: бульдозерами, грейдерами тощо. Глибина шару ґрунту, що знімається, – 3-4 см, снігу – 20-25 см.

Дезінфекція приміщень

Дезінфекцію приміщень починають із попереднього механічного очищення, а потім знезаражують дезінфікуючими розчинами. Для дезінфекції підлоги та стін використовують розчини хлорвмісних препаратів (хлорного вапна, монохлораміну) з витратою 1 л розчину на 1 м² у разі зараження споровими формами мікробів та 0,5 л розчину на 1 м² – неспоровими формами мікробів.

Зрошення дезінфікуючими розчинами поверхонь роблять автомаксами, гідропультами, а також приладами і машинами для обприскування. Після дезінфекції та просихання поверхонь прибирають приміщення. Дезінфекцію приміщень парами формальдегіду можна здійснити за допомогою різних апаратів і пристосувань. Формалін можна випаровувати кип'ятінням у будь-якій посудині. Перед випаром його розводять водою. Сублімацію парів формальдегіду можна робити також за допомогою негашеного вапна, марганцевокалієвої солі, хлорактивних речовин та інших препаратів.

Під час дезінфекції приміщень, заражених неспоровими формами мікробів, на 1 м³ витрачається 12,5 мл 40 % формаліну. Після випарювання препарату приміщення закривають на 12 год. Якщо в приміщенні наявні м'які

предмети, доза формаліну подвоюється, а у випадку щільного завантаження – доводиться до 40-80 мл.

Для обробки приміщень і речей, заражених споровими формами мікробів, на 1 м³ приміщення вводять від 100 до 300 мл формаліну, час знезаражування подовжують до 24 год.

Запах формальдегіду нейтралізують випарюванням аміаку. Аміак витрачають із розрахунку 0,5 л на 1 л формаліну, який був випарений раніше. Після обробки приміщення провітрюють. За відсутності аміаку приміщення також ретельно провітрюють.

Один з найбільш ефективних методів дезінфекції приміщень – хімічна сублімація в них формальдегіду та хлору. У разі внесення хлорвмісних препаратів у формалін у відкритій посудині відбувається бурхлива реакція. Інтенсивно виділяються хлор і пари формальдегіду. На 1,2 л формаліну беруть 1 кг ДТС-ГК (необхідно використовувати саме цей препарат) і поступово висипають у формалін (а не навпаки).

Надійно дезінфікують приміщення, заражені неспоровими формами мікробів, витрачаючи 30 г ДТС-ГК та 40 мл формаліну на 1 м³. Час знезаражування 15 хв. Під час дезінфекції приміщень, заражених споровими формами мікробів, необхідно подвоїти витрату хімічних речовин і час обробки.

Після обробки проводять розпилення або випаровування аміаку для нейтралізації формальдегіду й хлору, приміщення провітрюють.

Швидкий та ефективний метод знезаражування приміщень – це заповнення їх аерозолями різних дезінфікуючих речовин за допомогою аерозольних генераторів.

Знезаражування води та продовольства

Питну воду й деякі види харчових продуктів (наприклад молоко) знезаражують постійно з метою профілактики ряду інфекційних захворювань, головним чином кишкових.

Профілактична дезінфекція проводиться в харчоблоках і на продуктових складах. Необхідно попереджати обсіменіння патогенними мікробами харчових продуктів, устаткування, посуду й самих приміщень. Для цього суворо розмежовують чисті й брудні процеси обробки продуктів, постійно миють і чистять інвентар та устаткування, а в необхідних випадках їх знезаражують. Посуд для їжі й пиття обов'язково дезінфікують. За виконанням всіх цих заходів здійснюється постійний санітарний нагляд.

В умовах застосування противником біологічної зброї на особливу увагу заслуговують різні заходи щодо захисту води та харчових продуктів від зараження. Адже проведення знезаражування їх у ряді випадків складне й досить трудомістке.

Знезаражують воду кип'ятінням, хлоруванням, пропусканням через спеціальні фільтри або обробкою в автофільтрувальних станціях. Індивідуальні запаси води у флягах знезаражують кип'ятінням або за допомогою спеціальних таблеток.

Кип'ятіння – найбільш простий, надійний і легко здійснюваний спосіб знезараження. У разі зараження води споровими формами мікробів воду кип'ятять 45 хв, а у разі зараження неспоровими формами мікробів – 10-15 хв. Кип'ятять воду в спеціальних апаратах (кип'ятильниках) або в похідних кухнях, казанках, казанах, цебрах тощо. Якщо необхідно швидко одержати велику кількість знезараженої води, обладнують найпростіші установки для кип'ятіння води парою. Пару можна використовувати від парових казанів дезкамер, душових та інших установок.

Кип'ячену воду завжди зберігають у закритій посудині, а забір її роблять тільки через крани. Кип'ячену воду не зберігають більше доби.

Якщо немає можливості скип'ятити воду, її знезаражують у тарі підвищеними дозами хлору (гіперхлорування) з наступним дехлоруванням. Дозу активного хлору під час гіперхлорування встановлюють залежно від характеру вододжерела, якості води та ступеня її зараження.

Висновки

У останні роки на геополітичному і військовому фоні проглядається недооцінка нових, вкрай небезпечних тенденцій наукового прогресу в світі щодо активно розвитку та створення нової біологічної зброї. За американськими джерелами, приблизно 10 країн (зокрема Росія) володіють біологічною зброєю або проводять відповідні дослідні роботи.

З огляду на вивчений матеріал, можна зробити обґрунтований висновок, що бойовим біологічним агентом можна назвати не кожен патогенний мікроорганізм, а лише мікроб або вірус, який володіє цілим рядом властивостей і відібраний для цілей біологічної війни або терористичних акцій. Можна виділити 10 основних критеріїв, пов'язаних з відбором і застосуванням біологічної зброї: 1) патогенність; 2) бойова ефективність; 3) наявність збудника; 4) стійкість; 5) шляхи передачі; 6) епідемічність; 7) видова імунізація; 8) терапія; 9) виявлення; 10) зворотна дія.

Принципово нові генно-інженерні підходи в сучасній фундаментальній і прикладній біології дозволяють дати жорстку оцінку: відомі історичні аналогії у військовій думці вже не працюють, а тому потрібні наукові прориви в новому погляді на значення сучасної війни. Останні досягнення біологічної науки і розшифрування генома людини, що завершується, змінили ситуацію.

Суть швидких кардинальних нововведень у військовій справі полягає у наступному: вже зроблені відкриття в біології і генетиці, що спираються на нову технологічну базу (включаючи прилади і матеріали для наукових досліджень), дозволяють цілеспрямовано та ефективно знищувати живу силу противника залежно від кольору шкіри і ряду інших характерних ознак людських рас та великих етносів.

Лекція № 15

Тема лекції: „Засоби індивідуального та колективного захисту”

План лекції

1. Класифікація засобів індивідуального і колективного захисту.
2. Засоби індивідуального захисту органів дихання.
3. Засоби індивідуального захисту шкіри.
4. Засоби колективного захисту.

Література

1. Зброя масового ураження та захист від неї: навчальний посібник. Теплоухов Б.П. – Скіф, 2023. – 101 с.
2. Підготовка з радіаційного, хімічного, біологічного захисту. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 64 с
3. Барбашин В. В. Радіаційний, хімічний та біологічний захист : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, П. А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 85 с.
4. Цивільний захист: підручник / А.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 264 с.

Вступ

У теперішній час ніхто не може гарантувати, що одним із засобів збройної боротьби може виявитись зброя масового ураження, про що свідчать погрози її застосування російськими агресорами і, внаслідок цього, захист від неї є об'єктивною необхідністю як особового складу Збройних Сил України так цивільного населення. На території України є значна кількість підприємств ядерно-енергетичного циклу та підприємств які виготовляють (утримують) сильнодіючі отруйні речовини, у випадку аварій (руйнувань) на цих підприємствах може утворитись обстановка, яка може призвести до тяжких екологічних наслідків.

Засоби індивідуального та колективного захисту призначені для збереження боєздатності особового складу Збройних Сил та захисту цивільного населення в умовах застосування зброї масового ураження або у випадку аварій (руйнувань) на підприємствах ядерної та хімічної промисловості.

1. Класифікація засобів індивідуального і колективного захисту

Засоби захисту поділяються на дві основні групи:

1. Засоби індивідуального захисту;

2. Засоби колективного захисту.

До засобів індивідуального захисту належать:

- засоби індивідуального захисту органів дихання;
- засоби індивідуального захисту очей від світлового випромінювання ядерного вибуху;
- засоби індивідуального захисту шкіри.

За принципом захисної дії засоби індивідуального захисту органів дихання і шкіри поділяються на:

- фільтруючі;
- ізолюючі;

за призначенням на:

- загальновійськові;
- спеціальні.

До засобів індивідуального захисту органів дихання належать протигази, респіратори та ізолюючі дихальні апарати.

До засобів індивідуального захисту очей належать захисні окуляри від світлового випромінювання ядерного вибуху.

До засобів індивідуального захисту шкіри належить захисний одяг фільтруючого та ізолюючого типу, який виготовлений з фільтруючих та ізолюючих матеріалів відповідно.

У залежності від принципу бойового використання і кратності застосування засоби індивідуального захисту шкіри поділяють на:

- засоби постійного і періодичного носіння;
- засоби однократного (одноразового) і багатократного (багаторазового) застосування.

У свою чергу засоби колективного захисту поділяються:

- засоби колективного захисту довгострокових фортифікаційних споруд;
- засоби колективного захисту військових фортифікаційних споруд;
- засоби колективного захисту рухомих об'єктів.

До об'єктів колективного захисту належать різного роду герметизовані споруди та рухомі об'єкти, що мають спеціальне устаткування для групового захисту людей і апаратури від уражаючої дії зброї масового ураження.

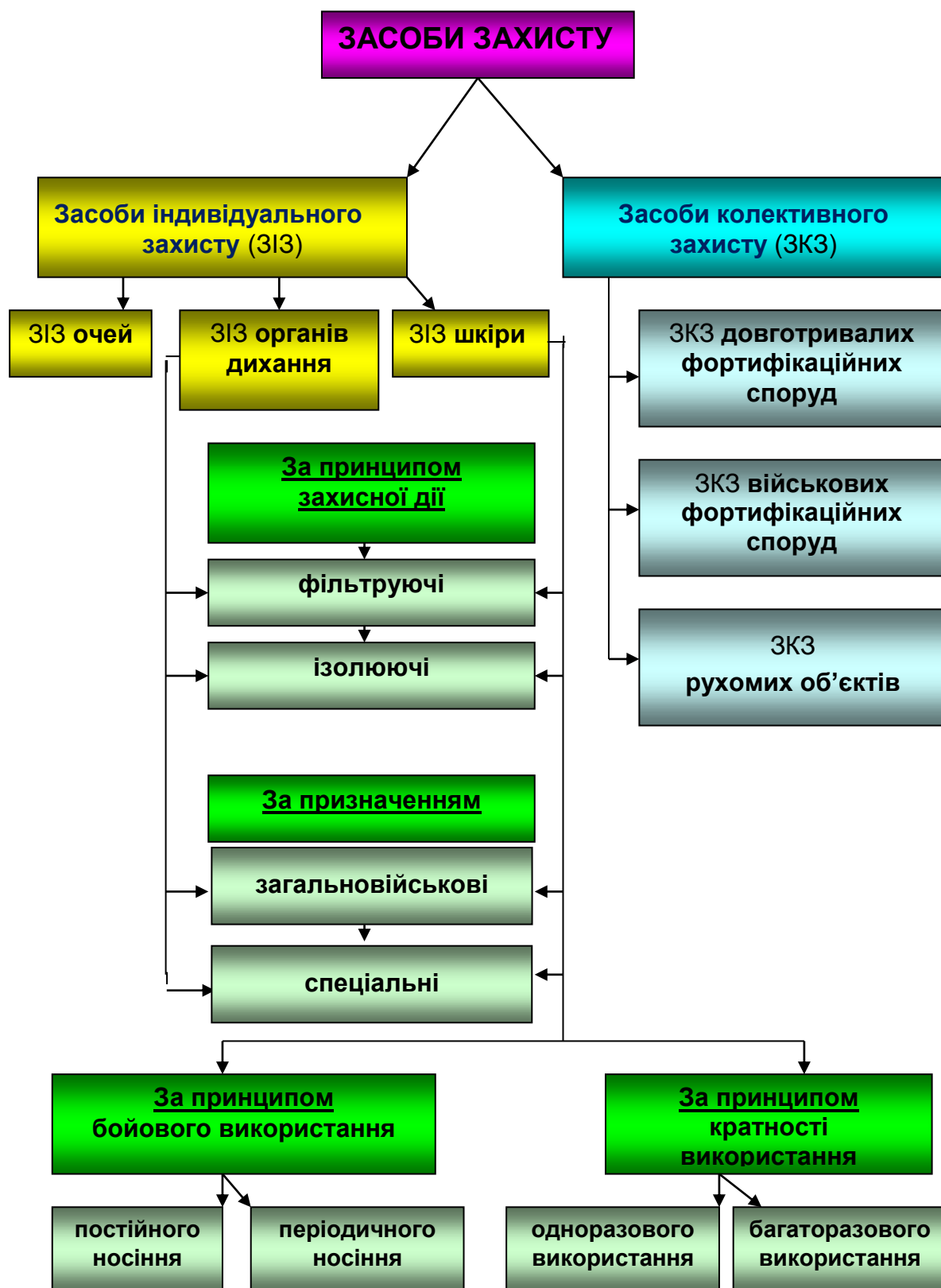


Рис. Класифікація засобів захисту

2. Засоби індивідуального захисту органів дихання

За принципом захисної дії засоби індивідуального захисту органів дихання поділяються на:

- фільтруючі;
- ізолюючі.

Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтруючого типу

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) фільтруючого типу призначені для захисту органів дихання, очей та обличчя людини від попадання отруйних, радіоактивних речовин і біологічних засобів. Захист органів дихання заснований на очищенні атмосферного повітря від шкідливих домішок, які є у ньому.

Шкідливі домішки характеризуються різними фізико-хімічними властивостями і можуть існувати у різному агрегатному стані, однак у повітрі вони завжди знаходяться тільки у виді парів (газів) або аерозолі (дим, туман, пил). Тому очищення повітря з усім різноманіттям шкідливих домішок зводиться до його очищення від парів і аерозолів. У першому випадку використовується широко відомий принцип сорбції парів, а у другому – фільтрації аерозолів.

Термін "*сорбція*" (латинське слово, у перекладі – поглинання), під яким, зокрема, розуміються процеси фізичної адсорбції, хемосорбції і каталітичної сорбції. Основне значення, завдяки своїй універсальності, має фізична адсорбція, яка зобов'язана прояву сил міжмолекулярної взаємодії. Для протікання фізичної адсорбції використовуються мікропористі адсорбенти. У засобах захисту найбільше застосування як адсорбенти знайшло активоване вугілля.

За рахунок фізичної адсорбції надійно поглинаються пари іприту та уся група фосфорорганічних ОР, а речовини легколеткі, до яких варто віднести групу нестійких ОР, поглинаються недостатньо. Тому захист від них не може бути забезпечений тільки у результаті адсорбційного принципу. Недостатню адсорбційну здатність доводиться заповнювати за рахунок інших принципів поглинання – хемосорбції і каталітичної сорбції. Для цього на активоване вугілля наносяться спеціальні хімічні сполуки, що одержали назву хемосорбційних і каталітичних добавок. Активоване вугілля з нанесеними добавками прийнято називати *вугіллям-каталізатором*, а вугілля-каталізатор у випадку розташування у протигазній коробці – *шихтою*.

Очищення повітря, яке вдихається, від аерозолів здійснюється на волокнистих фільтрувальних матеріалах, що одержали назву *протиаерозольних фільтрів*.

До засобів індивідуального захисту органів дихання фільтруючого типу належать фільтруючі протигази, респіратори і додаткові патрони.

У *респіраторах* очищення повітря, яке вдихається, фільтрується від шкідливих речовин здійснюється на принципі фільтрації;

- у *додаткових патронах* – на принципі сорбції;

- у *фільтруючих протигазах* використовуються усі 4 процеси: фільтрація, фізична адсорбція, хемосорбція і каталітична сорбція.

Фільтруючі протигази *класифікують за призначенням*:

- загальновійськові;
- спеціальні;
- цивільного захисту;
- промислові.

У Збройних Силах використовуються загальновійськові та спеціальні фільтруючі протигази, а протигази цивільного захисту і промислові протигази відрізняються від загальновійськових маркуванням і технічними даними.

Фільтруючі протигази призначені для захисту органів дихання, обличчя та очей від ОР, радіоактивних продуктів та БА.

Принцип дії фільтруючих протигазів базується на ізоляції обличчя від навколишнього середовища та очищення повітря, яким дихаємо, від токсичних аерозолів і парів у фільтрувально-поглинальній системі.

У цілому будь-який фільтруючий протигаз складається із двох основних частин: фільтрувально-поглинальної системи і лицьової частини, які з'єднані між собою безпосередньо або за допомогою з'єднувальної трубки.

Крім того, у комплект фільтруючого протигаза можуть входити допоміжні елементи (у залежності від типу протигаза):

- протигазна сумка;
- плівки, які не запотівають;
- трикотажний гідрофобний чохол;
- накладні утеплювальні манжети;
- запасні мембрани переговорного пристрою;
- пакет із полімерної плівки (водонепроникний мішок);
- кришка фляги із клапаном та ін.

Фільтрувально-поглинальна система призначена для очищення повітря, що вдихається, від аерозолів і парів ОР, радіоактивних продуктів та БА.

Очищення повітря від аерозолів відбувається на протиаерозольному фільтрі, а від парів – поглинальним шаром вугілля-каталізатора.

Фільтрувально-поглинальні системи протигазів конструктивно можуть бути виготовлені з роздільним розташуванням шихти і протиаерозольного фільтру, тобто у вигляді фільтрувально-поглинальної коробки (ФПК) та зі сполученими функціями шихти і протиаерозольного фільтру, тобто у вигляді фільтрувально-поглинального елемента (ФПЕ).

Лицьова частина (шолом-маска або маска) призначена для захисту обличчя та очей від ОР, радіоактивних продуктів та БА, підводу до органів дихання очищеного повітря та викиду в атмосферу повітря, яке видихається.

Шолом-маска (маска) складається з:

- корпусу;
- системи кріплення на голові.

Корпус у свою чергу складається з:

- окулярного вузла;
- клапанної коробки;
- обтікачів.

Лицьова частина може також обладнуватись (у залежності від типу протигаза):

- підмасочником;
- обтюратором;
- переговорним пристроєм;
- системою для прийому рідини.

Лицьова частина виготовляється з гуми сірого або чорного кольору.

Клапанна коробка лицьової частини призначена для розподілення потоків повітря, яке вдихається та видихається. У лицевих частинах ШМС, ШМ-62, ШМ-66Му в клапанних коробках розташовано один клапан вдиху і два клапани видиху – основний та додатковий. В інших лицьових частинах клапан вдиху розташовано у вузлу з'єднання ФПС. Клапани видиху є найбільш необхідними елементами протигаза, тому що у випадку їх несправності (засмічення, замерзання) отруєне повітря проникає під лицьову частину.

Обтічники призначені для обдування окулярного вузла повітрям, яке вдихається. Вони виконані у вигляді каналів-повітроводів, відформованих разом із корпусом лицьової частини.

Переговорний пристрій призначений для поліпшення якості передачі розмови під час використання протигаза. Цей пристрій може бути виконано у вигляді нерозбірної капсули, вмонтованої під час збирання у виробничих умовах або у вигляді розбірної конструкції, яка складається з корпусу, гумового кільця, мембрани, опорного кільця, фланця та кришки. В розбірній конструкції переговорний пристрій лицьової частини комплектується коробками з п'ятьма запасними мембранами. Коробки герметизовані по лінії роз'єднання ізоляційною стрічкою.

Система кріплення лицьової частини на голові призначена для герметизації протигаза по лінії обтюрації та для утримання лицьової частини на голові. Система кріплення у шолом-масках з'єднана разом із масковою частиною у вигляді шолома, у масок у вигляді наголовника з п'ятьма лямками, який фіксується до маски за допомогою відлапок і пряжок. Лямки мають нумеровані упори (уступи).

Система кріплення на голові може бути регульованою (у масках – наголовник) і нерегульованою (у шолом-масках).

Обтюратор призначений для поліпшення герметизуючих властивостей лицьової частини. Виконаний у вигляді тонкої гумової стрічки, яка підгорнена всередину.

Підмасочник призначений для надходження повітря, що видихається, до клапанів видиху, для зниження запотівання і обмерзання окулярного вузла, а також для зниження вмісту вуглекислого газу у повітрі, що вдихається. Він виконаний у вигляді гумової напівмаски з двома клапанами вдиху. Виключає попадання повітря, яке видихається на окулярний вузол.

Система для прийому рідини призначена для прийому води і рідкої їжі в забрудненій атмосфері. Вона складається з: загубника, штуцера, гумової трубки, ніпелю, кришки фляги з клапаном. Кришку фляги з клапаном установлюють на флягу замість звичайної кришки. Інші елементи розташовані на лицьовій частині.

З'єднувальна трубка призначена для з'єднання лицьової частини з ФПК. З'єднувальна трубка виготовлена з гуми в трикотажному обплетенні та має поперечні складки (гофри), що надає їй необхідну пружність та забезпечує проходження повітря у випадку скручування (згинання). До комплекту малогабаритних протигазів не входить.

Сумка призначена для носіння, захисту та зберігання протигаза. Вона має плечовий ремінь і поясну тасьму з пряжками для регулювання довжини, корпус, клапан, одне або декілька відділень, внутрішні або зовнішні кишені для розташування складових частин комплекту протигаза.

Плівки односторонні, які не запотівають (НП) або двосторонні (НПН) призначені для збереження окулярного вузла від запотівання. Комплект із шести плівок упакований у металеву коробку, яка герметизована по лінії відкриття ізоляційною стрічкою.

Накладні утеплювальні манжети (НМУ) призначені для збереження окулярного вузла від обмерзання при низьких температурах. Використовують при температурах нижче -10°C .

Трикотажний гідрофобний чохол призначений для збереження ФПК від попадання до неї грубодисперсного пилу, краплинно-рідинної вологи, снігу та інших забруднень. У протигазах зі з'єднувальною трубкою роль чохла виконує сумка.

Вологонепроникний мішок з герметизуючими гумовими кільцями призначений для зберігання зібраного протигаза від попадання у нього води у випадку форсування водних перешкод. Він виготовлений з подвійної поліетиленової плівки.

Промислові протигази комплектуються коробками одного з трьох типів: поглинаючими, фільтруюче-поглинаючими і фільтруючими.

Поглинаючі та фільтруюче-поглинаючі коробки випускаються різноманітних марок, кожна із яких призначена для захисту від конкретних шкідливих речовин.



Цивільний протигаз ГП-7, -7В, -7ВМ.

Призначений для захисту органів дихання, обличчя, очей від впливу отруйних речовин, радіоактивних парів, аерозолів і біологічних речовин.

Забезпечує високоефективний захист:

-від парів отруйних речовин нервово-паралітичної дії (типу зарин, зоман та ін.) до 6 год.

-від парів отруйних речовин загальноотруйної дії (типу хлорціан, синильна кислота та ін.) до 6 год.

-від капель отруйних речовин шкірно-наривної дії (типу іприт та ін.) до 2 год.

-від радіоактивних парів і аерозолів.

Забезпечує ефективну фільтрацію рідких та твердих аерозолів різних розмірів, включаючи мінімально можливі, найбільш проникаюча фракція 0,3 мкм.



Комплектується:

-лицева частина МГП, МГП-В (для ГП-7В і ГП-7ВМ - з пристроєм для пиття)

-фільтруюче-поглинаюча коробка ГП-7К;

-незапотіваюча плівка; утеплений манжет; сумка.

Технічні характеристики

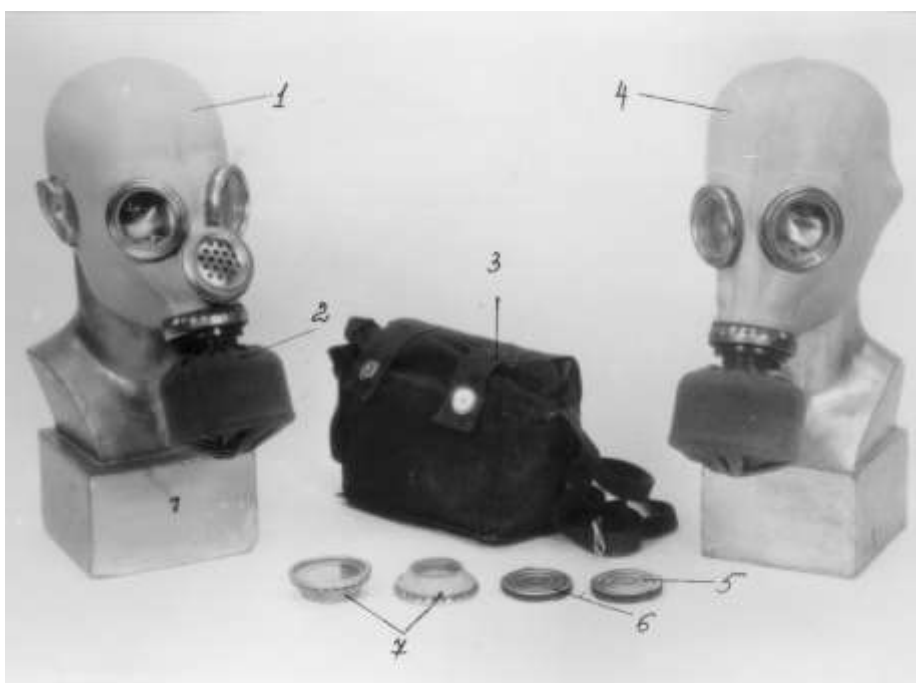
Опір диханню при витраті повітря 30 л/хв, Па (мм вод. ст.), не більше	
ГП-7, ГП-7В.....	180 (18)
ГП-7ВМ.....	150 (15)
Маса, кг, не більше	
ГП-7,.....	0,9
ГП-7ВМ.....	0,95
Температурний режим.....	от -40 до +60
Кількість ростів.....	3

Фільтруючий протигаз ПМГ



1 - шолом-маска ШМГ; 2 - фільтруюче-поглинаюча коробка ЕО-18К в чохлі; 3 - сумка; 4 - незапотіваючі плівки; 5 - мембрани переговорного пристрою.

Фільтруючий протигаз ПМГ-2



1 - шолом-маска ШМ-66 Му; 2 - фільтруюче-поглинаюча коробка ЕО-62К в чохлі; 3 - сумка; 4 - шолом-маска ШМ-62; 5 - незапотіваючі плівки; 6 - мембрани переговорного пристрою для ШМ-66 Му; 7- накладні утеплюючі манжети.

Фільтруючий протигаз ПМК



1 - маска М-80; 2 - фільтруюче-поглинаюча коробка ЕО-1.08.01 в чохлі; 3 - сумка; 4 - бірка; 5 - водонепроникний мішок; 6 - незапотіваючі плівки; 7 - накладні утеплюючі манжети; 8 - кришка фляги з клапаном в поліетиленовому пакеті; 9-вкладиш.

Респіратор протиаерозольний У-2К

Призначений для захисту органів дихання від різних видів пилю: рослинного, тваринного, металічного, мінерального і аерозольного.

Застосовується при концентрації аерозолів не більше 200 мг/м^3 .



Комплектується:

- фільтруюча напівмаска з клапанним виходом;
- фільтруючий шар;
- зовнішній шар з пінополіуретану;
- внутрішній шар із поліетиленової плівки;
- носовий зажим із алюмінію.

Технічні характеристики

Коефіцієнт проникності, %, не більше.....0,8

Опір диханню, Па (мм вод. ст.), не більше.....58 (6)

Маса, г, не більше60

Гарантійний строк зберігання, років, не менше.....3

Час експлуатації складає до 30 змін в залежності від концентрації пилю, вологості, температури повітря і фізичного навантаження.

Респіратор газозахисний РПГ-67

Призначений для захисту органів дихання від шкідливих речовин, присутніх в повітрі у вигляді газів та парів.

Застосовується з патронами марок:

А- для захисту від парів органічних з'єднань (бензину, керосину, ацетону, бензолу та його гомологів, спиртів, ефірів, хлор- та фосфорорганічних отрутохімікатів);

В- для захисту від кислих газів (сирнистого газу, хлористого водню, хлор- і фосфорорганічних отрутохімікатів);

КД- для захисту від аміаку та сірководню;

Г- для захисту парів ртуті.



Комплектується:

- резинова напівмаска ПР-7;
- 2 замінних поглинаючих патрона;
- пластмасові манжети;
- обтюратор трикотажний;
- сумка.

Технічні характеристики

Рекомендується використовувати при концентраціях шкідливих речовин в повітрі, ГДК.....10-15

Коефіцієнт підсосу по аерозолі з дисперсністю 0,3 мкм, %, не більше2

Опір постійному потоку повітря при 30 л/хв, Па (мм вод. ст.), не більше.58,8 (6)

Маса, кг, не більше0,3

Гарантійний строк зберігання, років

- марки А, В, КД.....3

- марки Г.....1

Респіратор універсальний РУ-60М

Призначений для захисту органів дихання від шкідливих речовин, присутніх в повітрі у вигляді газів, парів та аерозолів.

Застосовується з патронами марок:

А- для захисту від аерозолів, парів органічних сполук (бензин, керосин, ацетон, бензол та його гомологів, спиртів, ефірів крім низькокиплячих погано сорбуючих речовин, хлор- і фосфорорганічних отрутохімікатів);

В- для захисту від аерозолів, кислих газів (сирнистий ангідрид, хлористого водню та ін.), хлор- та фосфорорганічних отрутохімікатів;

КД- для захисту від аерозолів, аміаку і сірководень;

Г- для захисту від аерозолів, парів ртуті.

Не рекомендується застосовувати для захисту органів дихання від високотоксичних речовин (типу синильної кислоти, миш'яковистого та фтористого водню).



Комплектується:

- напівмаса з трикотажем обтюратором;
- клапани вдиху та видиху;
- фільтруюче-поглинаючі патрони;
- замінні патрони.

Технічні характеристики

Рекомендується використовувати при концентраціях шкідливих речовин в повітрі, ГДК.....10-15

Коефіцієнт проникності по аерозолю з дисперсністю 0,3 мкм, %, не більше.....1

Коефіцієнт підсосу по аерозолю з дисперсністю 0,3 мкм, %, не більше.....2

Опір постійному потоку повітря при 30 л/хв, Па (мм вод. ст.), не більше.78,4 (8)

Маса, кг, не більше.....0,34

Респіратор протигазопиловий ЛУР-ГП

Призначений для захисту органів дихання від різного пилю, присутнього в повітрі, а також від парів.

Використовується в промисловості (металургійна, силікатна, наждаковий пил, порошки хімічної переробки, пігменти, миючі засоби), сільське господарство (мучна, бавовняна, тютюнова, деревинний пил) в побуті (пари лаків, фарб та отрутохімікатів).



Комплектується:

- фільтруюча напівмаска з матеріалу на основі синтетичних ультратонких ворсинок;
- носовий зажим з алюмінію.

Технічні характеристики

Рекомендується використовувати при концентраціях шкідливих речовин в повітрі, ГДК	2-20
Коефіцієнт проникнення по аерозолю з дисперсністю 1-5 мкм, %, не більше.....	1
Коефіцієнт підсосу по аерозолю с дисперсністю 1-15 мкм, %, не більше.....	1
Опір подиху на в досі, Па (мм вод. ст.), не більше	60 (6)
Маса, г, не більше.....	50

Респиратор протипиловий «Лепесток»

Призначений для захисту органів дихання від різноманітного пилю, присутнього у повітрі: рослинного, тваринного походження, мінерального.



Комплектується:

- фільтруюча напівмаска з матеріалу на основі синтетичних ультратонких волокон.

Саморятівники фільтруючого типу



Газодимозахисний комплект



Захисний капюшон «Фенікс»



Саморятівник промисловий фільтруючий

Дитячий протигаз ПДФ-2Д (2Ш)

Призначений для захисту органів дихання, обличчя, очей дітей у віці старших 1,5 років від впливу отруйних речовин, біологічних аерозолів та радіоактивного пилу.



Комплектується:

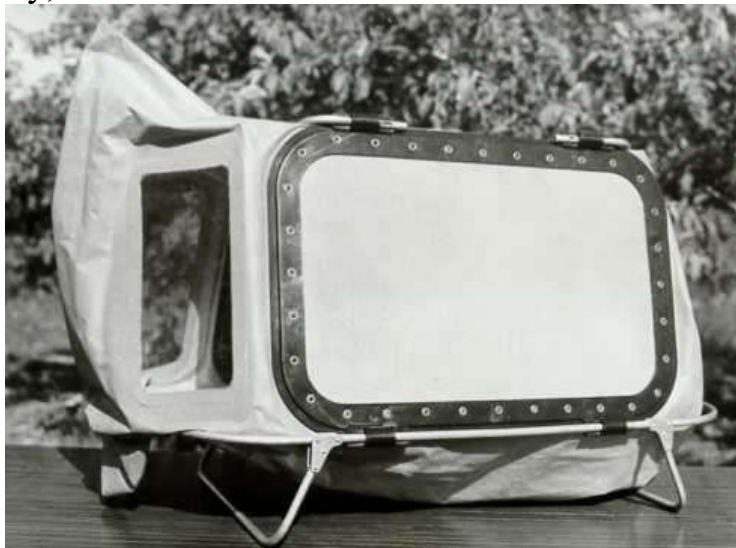
- лицева частина МД-4 (трьох ростів);
- фільтруюче-поглинаюча коробка ГП-7К;
- коробка з незапотіваючими плівками;
- гофрований шланг;
- сумка.

Технічні характеристики

Маса комплекту протигазу, г, не більше.....	850
Маса фільтруюче-поглинаючої коробки ГП-7К, г.....	250
Маса лицевої частини, г, не більше.....	450
Габаритні розміри в сумці, мм	210x200x110

Камера захисна дитяча КЗД-6

Призначена для захисту дітей у віці до 1,5 років від отруйних речовин, радіоактивного пилу, біологічних засобів та хімічно небезпечних речовин.



Технічні характеристики

Час безперервного перебування дитини в камері, год.....	від 0,5 до 6
Температурний режим експлуатації, °С.....	від -30 до +35
Габаритні розміри, мм.....	1120×430×490
Маса, кг.....	4,5

Засоби індивідуального захисту органів дихання ізолюючого типу

Ізолюючим дихальним апаратом (ІДА) називається пристрій, призначений для захисту органів дихання, очей і обличчя від будь-яких шкідливих домішок у повітрі незалежно від їх властивостей і концентрації, під час виконання робіт в умовах недостатності або відсутності кисню, а також у наявності шкідливих домішок, які не затримуються фільтруючими протигазами.

Принцип дії ІДА заснований на ізоляції органів дихання, очищення повітря, яке видихається, від двоокису вуглецю (CO_2) і води (у вигляді парів) та збагачення його киснем без обміну з навколишнім середовищем.

Для забезпечення дихання у такому апараті є запас повітряної суміші, склад якої в процесі дихання регенерується (відновлюється): поповнюється киснем та одночасно очищується від вуглекислого газу і парів води.

Умови застосування ізолюючих апаратів:

- при дуже високих концентраціях парів шкідливих домішок у повітрі;
- при нестачі або у відсутності кисню в повітрі (під час пожеж, роботи в технологічних колодязях, у резервуарах з-під технічних легко летючих рідин та ін.);
- при наявності домішок у повітрі, які не поглинаються фільтруючими протигазами;
- як аварійно-рятувальний засіб під час виходу із затопленого об'єкта;
- під час легких робіт під водою.

Ізолюючі апарати є індивідуальними засобами захисту органів дихання людини.

Ізолюючі дихальні апарати поділяються на *класи*:

- за принципом дії;
- за призначенням.

В основу класифікації за принципом дії покладений стан кисню, який використовується для дихання. У відповідності до цього за принципом дії апарати поділяються на:

- апарати на основі хімічно зв'язаного кисню з регенерацією повітря;
- апарати на основі стиснутого кисню або повітря з регенерацією повітря чи без регенерації;
- апарати змішаного типу.

За призначенням ізолюючі дихальні апарати поділяються на:

- сухопутні, які використовуються тільки для роботи на суші;
- підводні, які призначені для роботи під водою (їх можна використовувати і на суші).

У Збройних Силах найбільше розповсюдження одержали апарати на основі хімічно зв'язаного кисню з маятниковою схемою дихання. Принцип дії апаратів цього типу заснований на очищенні повітря, яке видихується людиною, від вуглекислого газу і водяних парів у регенеративному патроні, який містить спеціальні хімічні речовини. Внаслідок хімічної реакції виділяється кисень, який використовується для дихання.

Під час роботи такого апарата повітря, яке видихається, з органів дихання направляється в регенеративний патрон, а з нього у дихальний мішок. Під час вдику повітря рухається у зворотному напрямку.

Ізолюючий протигаз ІП-4 призначений для захисту органів дихання, очей і шкіри обличчя від будь-якої шкідливої домішки в повітрі незалежно від її концентрації, а також для роботи в умовах нестатку кисню в повітрі, призначений тільки для роботи на суші.



1 - шолом-маска ШП-2б(к); 2 - регенеративний патрон РП-4; 3 - сумка; 4 - каркас; 5 - дихальний мішок; крім того в комплект входять: пробка, незапотіваюча плівка, накладні утеплюючі манжети НМУ-1М.

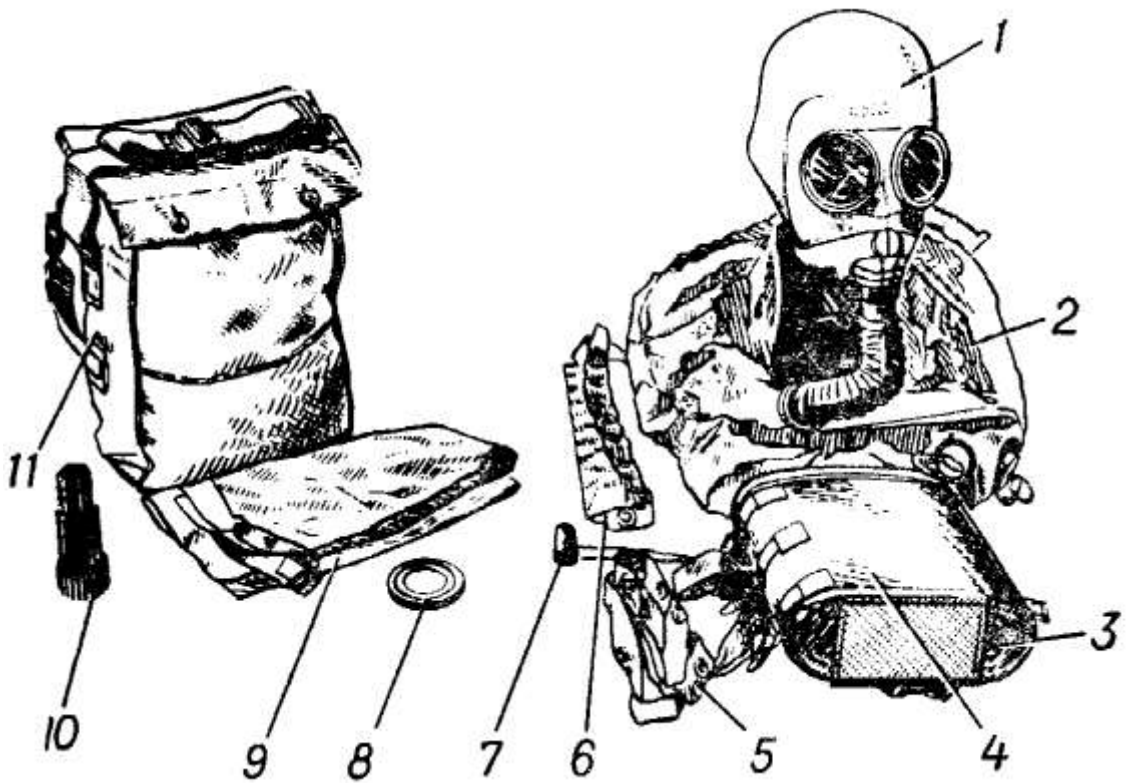
Ізолюючий дихальний апарат ІП-5 є індивідуальним аварійно-рятувальним засобом і призначений для виходу із затопленої техніки (танка) методом вільного спливання зі швидкістю до 1 м/с або методом поступового підйому на поверхню води.

Протигаз може бути використаний також для захисту органів дихання, очей і шкіри обличчя від будь-якої шкідливої домішки у повітрі незалежно від концентрації та для роботи в умовах недостатчі кисню.

Ізолюючий дихальний апарат ІП-5 дозволяє виконувати під водою легкі роботи.

Ізолюючий дихальний апарат ІП-5 складається з:

- регенеративного патрона РП-5;
- лицьової частини ШП-М;
- дихального мішка з клапаном надлишкового тиску та пристосувань додаткового подавання кисню.



Ізолюючий протигаз ПП-5:

1 - шолом-маска ШШ-М; 2 - дихальний мішок; 3 - регенеративний патрон РП-5; 4 - кишеня нагрудника; 5 - поясний ремінь; 6 - брасовий ремінь; 7 - пробка; 8 - плівки, які не запотівають; 9 - мішок для зберігання; 10 - брикет для додаткового подавання кисню ДП-Т; 11 - сумка.

3. Засоби індивідуального захисту шкіри

Засобами індивідуального захисту шкіри називають вироби, що доповнюють або замінюють звичайний одяг і взуття людини, виготовлені зі спеціальних матеріалів та призначені для захисту шкіряних покривів людини від отруйних речовин (ОР), світлового випромінювання ядерного вибуху (СВЯВ), радіоактивного пилу (РП) і бактеріальних засобів (БЗ). На зовнішній вигляд вони можуть бути схожими на звичайний військовий або спеціальний одяг, або відрізнятися від них за конструкцією.

Засоби індивідуального захисту шкіри (ЗІШ) поділяються на *класи*:

- за принципом захисної дії;
- призначенням;
- за принципом використання.

В основу класифікації ЗІШ *за принципом дії* покладений тип матеріалу, з якого виготовляється той чи інший зразок ЗІШ. Відповідно до цього всі ЗІШ поділяються на фільтруючі та ізолюючі. Фільтруючі ЗІШ виготовляються з повітро- і паропроникних тканин, нетканих матеріалів. Ізолюючі засоби захисту шкіри виготовляються з повітро- і паронепроникних матеріалів: тканин з полімерним покриттям, армованих і неармованих плівок.

За призначенням - ЗІШ поділяються, виходячи з характеру і масовості їх

використання на загальновійськові та спеціальні. Загальновійськові засоби призначені для всього особового складу Збройних Сил або значної його частини. Вони використовуються особовим складом основних видів і родів військ для захисту від ОР, СВЯВ, РП, БЗ в умовах підготовки і ведення бойових дій. Спеціальними засобами забезпечується особовий склад спеціальних частин і підрозділів. Їх застосовують для захисту особового складу спеціальних команд і підрозділів від ОР, СВЯВ, РП і БЗ під час проведення робіт з ліквідації наслідків застосування ЗМУ.

За принципом використання ЗІЗШ класифікуються з урахуванням термінів носіння і кратності використання засобів: постійного носіння, періодичного носіння багаторазового використання, періодичного носіння однократного використання.

Для забезпечення захисту шкіри від парів, аерозолів і дрібних крапель ОР в засобах захисту використовуються наступні принципи:

- очищення повітря, що надходить до шкіри людини від шкідливих домішок у ЗІЗШ фільтруючого типу;
- ізоляція шкіри людини від зараженого повітря в ізолюючих ЗІЗШ;
- герметизація ЗІЗШ у місцях сполучення окремих елементів і складових частин комплекту.

Очищення повітря досягається внаслідок поглинання ОР сорбентами, нанесеними на тканині.

Для захисту шкіри людини від світлового випромінювання ядерного вибуху (СВЯВ) необхідне забезпечення постійної захищеності всіх шкірних покривів людини.

Головною перешкодою для проникнення ОР до шкіри людини під час застосуванні ізолюючих ЗІЗШ є еластична повітронепроникна плівка полімеру. Незважаючи на те, що плівка не має наскрізних отворів, дефектів і може бути досить товстою, під час впливу ОР на одну сторону матеріалу (плівки) через деякий час на іншій її стороні з'являються пари ОР. Спочатку їх концентрація незначна, але з часом вона збільшується та у якийсь момент кількість проникаючої ОР може досягти порогової токсодози. Цей момент часу відповідає використанню захисних властивостей матеріалу (часу захисної дії).

Проникання парів ОР крізь фільтруючий матеріал до шкіри людини, як через пористу перегородку, може відбуватися за двома причинами:

- у результаті дифузії по міжниткових і ниткових порах, що усередині під дією різниці концентрацій;
- внаслідок просмоктування зараженого повітря крізь тканину по великих міжниткових порах під дією різниці тиску, обумовленого вітровим натиском.

Для додавання захисних властивостей фільтруючим матеріалам використовуються загальновідомі принципи поглинання: адсорбція, абсорбція, хемосорбція. У сучасних ЗІЗШ широко застосовують хемосорбційний принцип поглинання ОР.

Захисні властивості ЗІЗШ від СВЯВ характеризуються трьома показниками: термозахисними властивостями, негорючістю і термостійкістю.

Термозахисні властивості – це здатність ЗІЗШ запобігати виникненню під ними опіків за умови впливу СВЯВ і відкритого полум'я. Кількісною характеристикою цих властивостей від СВЯВ є світловий імпульс, за умови впливу якого під засобами захисту виключаються опіки шкіри другого, третього і четвертого ступенів з імовірністю 0,95%.

Негорючість – це здатність матеріалів і виробів із них не горіти і не жевріти після припинення дії СВЯВ. Кількісною характеристикою негорючості також є світловий імпульс, після впливу якого немає залишкового горіння і тління.

Термостійкість – це здатність матеріалів і виробів із них зберігати на заданому рівні регламентні властивості після впливу СВЯВ.

Захист шкірних покривів від впливу СВЯВ досягається використанням ЗІЗШ, що завдяки спеціальній конструкції і наявності додаткових елементів, закривають всю поверхню тіла. За умови загрози впливу СВЯВ ЗІЗШ повинні бути постійно в бойовому положенні. У цьому випадку захист шкіри від первинних опіків забезпечується визначеним рівнем термозахисних властивостей, від вторинних – негорючістю ЗІЗШ. Можливість повторного застосування ЗІЗШ залежить від їх термостійкості.

Виконання вимог щодо захисту від ОР практично вирішує питання захисту від радіоактивного пилу (РП) і бактеріальних засобів (БЗ). Наприклад, навіть звичайне обмундирування затримує 99,5-99,9% пилу. Ізолюючі матеріали взагалі не пропускають часток РП і аерозолі БЗ. Тому в даний час до ЗІЗШ ставляться вимоги лише конструктивного порядку, що забезпечують герметичність і виключення влучення РП і БЗ на шкірні покриви.

Засоби індивідуального захисту шкіри ізолюючого типу

До засобів індивідуального захисту шкіри ізолюючого типу відносяться:
- загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК);



- легкий захисний костюм (Л-1);



- костюм підвищеної герметичності (К-1);

- костюм захисний плівковий (КЗП).



Загальновійськовий захисний комплект ЗЗК призначений для багаторазового захисту шкірних покривів, обмундирування, спорядження та індивідуальної зброї від ОР, РП і БЗ.

Він складається із захисного плаща, захисних панчо і захисних гумових рукавичок.



1 - захисний плащ ОП-1М; 2 - чохол для захисного плаща; 3 - чохол для захисних панчох та рукавичок; 4 - захисні панчохи; 5 - захисні рукавички БЗ-1М.

Костюм захисний плівковий призначений для захисту шкіряних покривів, обмундирування, спорядження й індивідуальної зброї особового складу від крапель ОР, а також для зниження зараженості обмундирування і спорядження бактеріальними аерозолями і радіоактивним пилом.

До складу комплекту входять: плащ захисний плівковий, панчохи захисні плівкові та ремонтний засіб – липка стрічка (4 м). Костюм використовується разом із табельними рукавичками БЛ-1м.

Захисний плащ виготовляється з поліетиленової плівки. Він має форму сорочки без застібки, з каптуром і рукавами. Лицьовий виріз каптура стягнутий стяжкою, а на задній частині є петля і клевант для фіксації положення капюшона, що надягається на головний убір без каски.

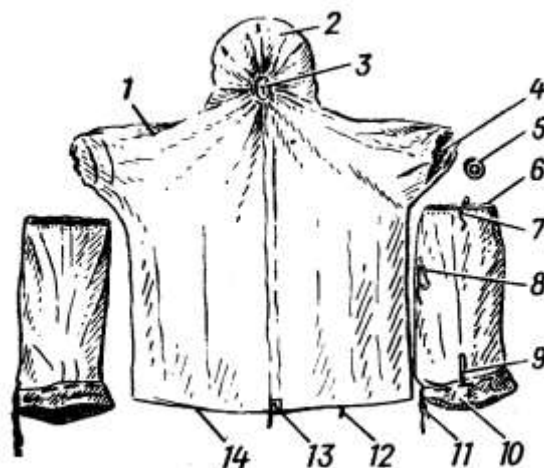
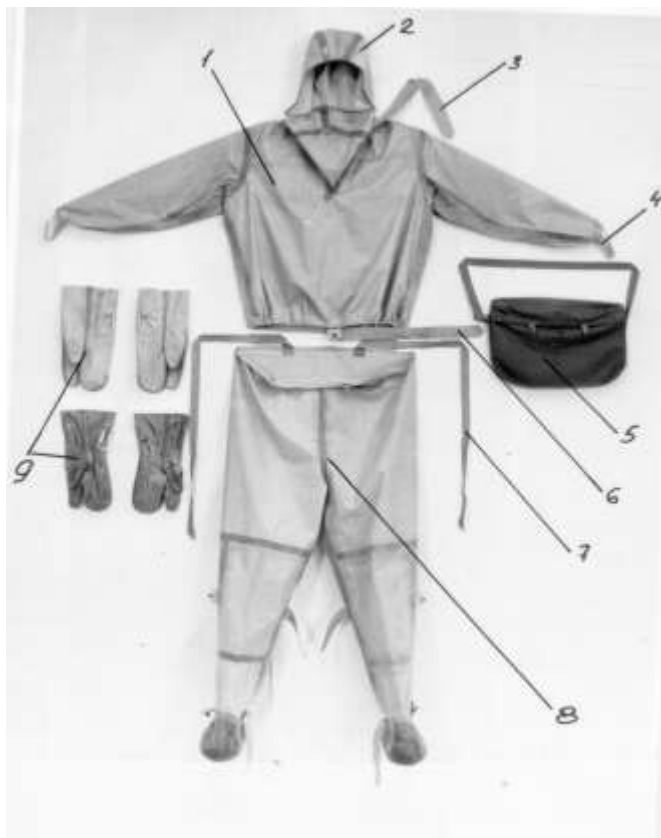


Рис. Костюм захисний плівковий

Легкий захисний костюм Л-1 призначений для багаторазового захисту шкіри людини й обмундирування від отруйних речовин, бактеріальних аерозолів і радіоактивного пилю.

Він є спеціальним засобом захисту і використовується під час тривалих дій на зараженій місцевості, а також під час виконання дегазаційних, дезактиваційних

і дезинфекційних робіт. До складу комплекту входять: куртка з капюшоном, штани з панчохами, дві пари рукавичок, імпрегнований підшоломник, сумка для перенесення.



1 - куртка; 2 - капюшон; 3 - горловий хлястик; 4 - петля; 5 – сумка; 6 - проміжний хлястик; 7 - бретелі; 8 – брюки; 9 – захисні рукавички.

Спеціальні ЗІЗШ





Засоби індивідуального захисту шкіри фільтруючого типу

Загальновійськовий комплексний захисний костюм (ЗКЗК) призначений для захисту шкірних покривів від парів і аерозолів отруйних речовин, світлового випромінювання ядерного вибуху, радіоактивного пилу і бактеріальних аерозолів.

До складу костюма входять: куртка, штани, головний убір з бавовняної тканини з вогнезахисним просоченням; захисна білизна (сорочка і кальсони) і підшоломник з легкої бавовняної тканини з хімзахисним просоченням Ц-1у.



Куртка і штани за своєю формою аналогічні звичайному літньому обмундируванню і мають той же зріст і розміри. Він має герметизуючу стяжку.

Сорочка захисної білизни без коміра і має на рукавах козирки з тканини з вогнезахисним просоченням для захисту кистей рук. Підшоломник, призначений для захисту голови і шиї від ОР, надівається поверх лицьової частини протигаза. Маса ЗКЗК не більше 3,5 кг.

Необхідний захист від СВЯВ забезпечується наявністю трьох шарів одягу, повітряними зазорами між ними та вогнезахисним просоченням верхнього шару.

4. Засоби колективного захисту

Під засобами колективного захисту розуміється сукупність спеціальних засобів і технічних пристроїв, що встановлюються на об'єктах колективного захисту для герметизації огорожень і службових отворів, очищення повітря від шкідливих домішок, вентиляції населених приміщень і створення в них надлишкового тиску, забезпечення безпечності входу в об'єкти в умовах зараженої атмосфери, контролю за роботою спеціального устаткування та умов населеності. Засоби колективного захисту є одним з основних елементів колективного захисту.

Колективний захист припускає наявність об'єкта і засобів колективного захисту. Під об'єктом колективного захисту розуміють спеціальні фортифікаційні споруди і рухомі об'єкти техніки, які обладнані системою захисту від зброї масового ураження.

До об'єктів колективного захисту належать фортифікаційні споруди і нерухомі об'єкти техніки.

Фортифікаційні споруди поділяються на військові фортифікаційні споруди (ВФС) і фортифікаційні споруди спеціальних об'єктів (СФС).

Фортифікаційні споруди забезпечують високий ступінь захисту від усіх уражаючих факторів зброї масового ураження.

Захист людей у військових фортифікаційних спорудах досягається:

- міцністю і стійкістю конструкцій споруд від ударної хвилі та сейсмічної дії ядерного вибуху;
- наявністю ґрунтового обсіпання для ослаблення іонізуючих випромінювань ядерного вибуху, а також для ослаблення дії ударної хвилі;
- герметизацією споруд від проникання ударної хвилі та зовнішнього зараженого повітря;
- вентиляцією споруд з очищенням повітря від ОР, РП і БА;
- наявністю тамбурів, що забезпечують можливість входу і виходу людей в умовах зараженої атмосфери.

Рухомі об'єкти обладнані засобами очищення повітря для забезпечення в них колективного захисту, підрозділяються на групи:

- основні танки і машини на їх базі;
- бойові машини піхоти, бронетранспортери і машини на їх базі;
- бойові машини десанту, броньовані колісні машини, гусеничні тягачі;
- автомобілі та кузови-фургони багатопільового призначення.

У рухомих об'єктах забезпечення колективного захисту досягається

герметизацією об'єктів і вентиляцією їх повітрям, очищеним від ОР, РП і БА. У деяких типах рухомих об'єктів (танках, БМП, БТР) забезпечується підвищений захист екіпажу від впливу ударної хвилі, потоку нейтронів і гамма-випромінювання ядерного вибуху.

Засоби очищення повітря для об'єктів колективного захисту (фільтровентиляційні установки, агрегати і комплекти) розділяються на групи:

- засоби очищення повітря для герметизованих рухомих об'єктів озброєння і військової техніки;
- засоби очищення повітря для негерметизованих об'єктів озброєння і військової техніки;
- засоби очищення повітря для фортифікаційних споруд.

У даний час із метою подавання повітря в закриті приміщення застосовуються способи забезпечення чистим повітрям, тобто наступні системи вентиляції:

- припливна (фільтровентиляція);
- припливно-витяжна;
- рециркуляційна.

Захисні споруди і вимоги, які ставляться до них

Одним з основних способів захисту населення від уражаючих факторів надзвичайних ситуацій і стихійних лих є укриття населення в інженерних спорудах, зокрема, в засобах колективного захисту.

Захисні споруди цивільного захисту – інженерні споруди, призначені для захисту населення від впливу небезпечних факторів, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів.

Укриття населення в захисних спорудах – це комплекс заходів із завчасним будівництвом захисних споруд, а також пристосуванням наявних приміщень для захисту населення та підтримання їх у готовності до використання.



Створення фонду захисних споруд здійснюється за наступними принципами:

- захисні споруди для персоналу потенційно небезпечних об'єктів, населення в зонах можливого небезпечного радіоактивного, хімічного і біологічного зараження (забруднення) навколо цих об'єктів, а також в зонах

можливого катастрофічного затоплення (за умов добігання хвилі прориву до 4-х годин) зводиться завчасно;

- накопичення сховищ і укрить планується і здійснюється диференційовано, залежно від рівня можливої небезпеки на даній території, з урахуванням економічних можливостей, виходячи з принципу розумної достатності, який передбачає вибір оптимальних варіантів захисту, підвищення рівня універсальності споруд.

Порядок створення фонду захисних споруд визначається рішеннями Уряду України. Цей порядок визначає категорії населення, які підлягають укриттю у сховищах – це працівники найбільших працюючих змін об'єктів, розташованих в зонах можливих сильних руйнувань і продовжуючи свою діяльність в особливий період, а також робітники працюючих змін чергового персоналу, які забезпечують діяльність міста.

Передбачається завчасне накопичення сховищ для працівників атомних електростанцій і організацій, які забезпечують функціонування цих станцій, нетранспортабельних хворих, які перебувають в установах охорони здоров'я, де можливе виникнення сильних руйнувань, а також обслуговуючого цих хворих медичного персоналу.

Для захисту працівників і населення територій, які не віднесені до груп з цивільного захисту (цивільної оборони), з урахуванням евакуйованого в них населення, створюється фонд протирадіаційних укрить.

Нарощування фонду захисних споруд здійснюється шляхом:

- освоєння підземного простору міст для розміщення об'єктів соціально-побутового, виробничого і господарчого призначення з урахуванням можливості пристосування їх для укриття населення;

- взяття на облік та дообладнання наявних заглиблених споруд і приміщень наземних будівель, споруд, метрополітенів, пристосування гірничих виробіток і природних порожнин для захисту населення і матеріальних засобів;

- будівництво, за наявності необхідного обґрунтування, заглиблених споруд виробничого, господарчо-побутового та іншого призначення;

- зведення у період загрози захисних споруд із спрощеним внутрішнім обладнанням та укрить найпростішого типу.



Потреба в захисних спорудах визначається органами виконавчої влади для робочих, службовців і населення, яке проживає на підвідомчій їм території. Виходячи з цих потреб, відповідно до завдань органів місцевого самоврядування, проектними організаціями розробляються схеми розміщення захисних споруд у

складі проектів (схем) планування мікрорайонів, кварталів в містах, населених пунктах, в сільській місцевості.



Рис. – Класифікація захисних споруд

Сховище – герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів.



Сховища класифікуються: за захисними властивостями, місткістю, місцем розміщення, забезпеченням фільтровентиляційним обладнанням і часом побудови.

За захисними властивостями (надмірний тиск хвилі удару на поверхні землі в районі споруди) сховища поділяються на чотири класи.

За місткістю сховища поділяються на: малі, середні та великі.

За місцем розташування сховища поділяються на: вбудовані, які розміщені у підвальних приміщеннях будівель; окремо побудовані поза будівлями.



Рис. – Вбудоване сховище під житловим багатоповерховим будинком.

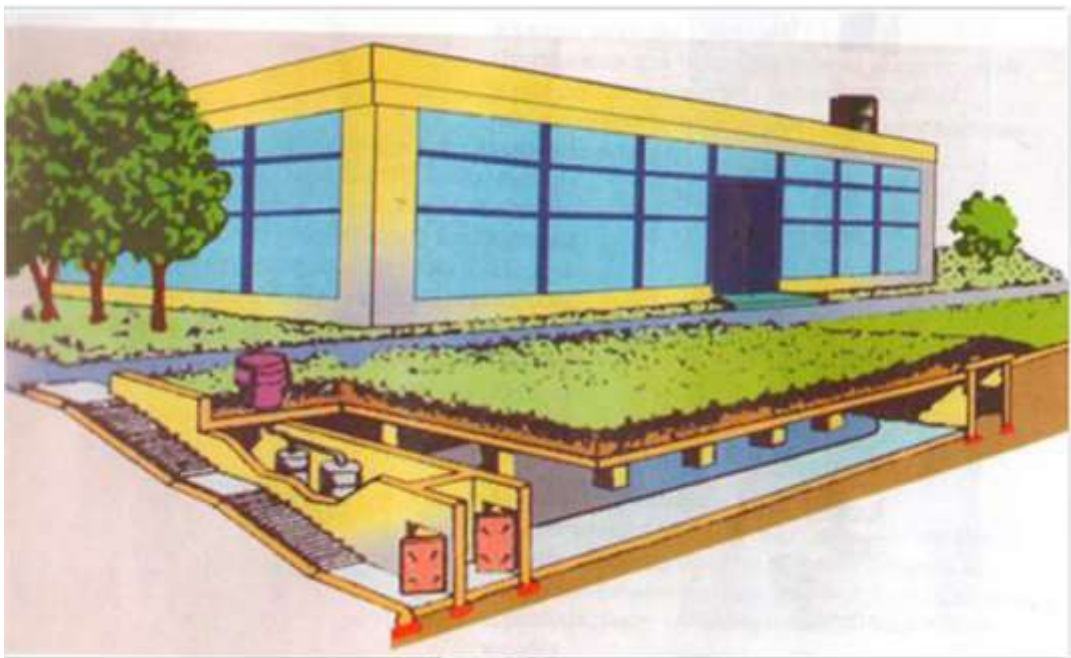


Рис. – Окремо розташоване сховище.

За забезпеченням фільтровентиляційним обладнанням: промислового виготовлення і спрощене; виготовлене з підручних матеріалів.

За часом побудови на: побудовані завчасно, швидкоспоруджувані.

Сховища повинні будуватися з урахуванням наступних основних вимог:

- забезпечувати безперервне перебування в них людей не менше 2 діб;

- будуватися на ділянках, які не можуть бути затоплені;
- бути на відстані від мереж водостоку і каналізації;
- не дозволяється прокладання транзитних інженерних комунікацій через сховище (стислого повітря, гарячого водопостачання, газопроводів);
- прокладання трубопроводів каналізації та водопостачання допускається при наявності вимикаючих пристроїв;
- мати входи і виходи з тим ступенем захисту, що й основні приміщення, а на випадок завалу – мати аварійний вихід.

Сховище має основні та допоміжні приміщення.

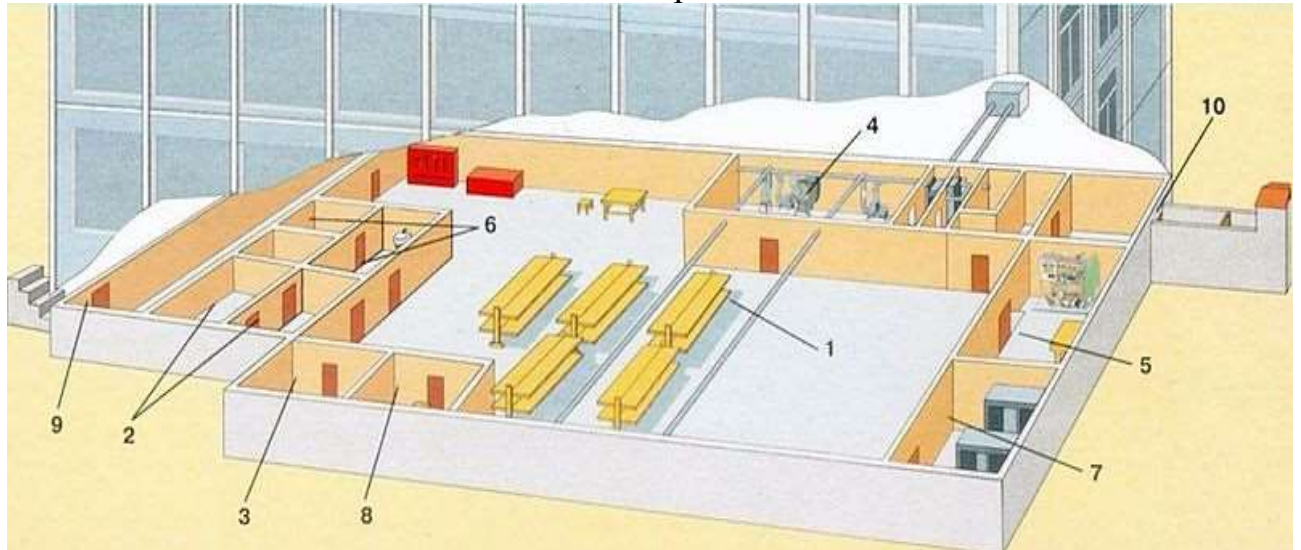


Рис. – План сховища:

1 - приміщення для укриття людей; 2 - пункт управління; 3 - медичний пункт (може не влаштовуватися); 4 - фільтровентиляційна камера; 5 - приміщення дизельної електростанції; 6 - санітарний вузол; 7 - приміщення для ПММ і електрощитова; 8 - приміщення для продовольства (може не облаштовуватися); 9 - вхід з тамбуром; 10 - аварійний вихід з тамбуром.

В сховищах передбачаються захисні входи і виходи. Норма площі основних приміщень для одної людини складає не менше 0,4-0,5 м². Об'єм приміщень на одну людину повинний бути не менш як 1,5 м³. Приміщення для укриття людей обладнуються нарами для сидіння розміром 0,45x0,45 м, для лежання 0,55x1,8 м – на одну людину), ширина проходу між нарами – 0,7-0,85 м. Захист входів та інших отворів в сховищах виконується шляхом встановлення типових захисних герметичних дверей і воріт.

Для забезпечення пропуску людей після сигналу цивільного захисту на закриття дверей при входах в сховище створюються одно- або двокамерні тамбури-шлюзи.

Герметизація сховищ виконується для виключення проникнення всередину сховищ отруйних речовин, радіоактивного пилу, біологічних аерозолів, газоподібних продуктів горіння при пожежах і затікання повітряної ударної хвилі, а гідроізоляція – для виключення проникнення ґрунтових і поверхневих вод.

В приміщеннях, які пристосовуються під сховища при режимі фільтровентиляції, повинен забезпечуватися експлуатаційний підпір повітря не менше 5 кгс/см². Розміри приміщення для фільтровентиляційного обладнання визначається його габаритами і площею, необхідною для його обслуговування.

Сховища обладнуються механічними системами припливної і припливно-витяжної вентиляції для підтримання допустимих теплових і вологих та газових параметрів повітря на протязі всього часу перебування в них людей. Система вентиляції сховищ повинна забезпечувати нормальну її роботу в режимі чистої вентиляції на протязі 48 годин і в режимі фільтровентиляції 12 годин.



В сховищах, що розташовані в зонах можливих масових пожеж або сильної загазованості території шкідливими речовинами від вторинних факторів, передбачається режим повної ізоляції з регенерацією внутрішнього повітря з розрахунковою тривалістю режиму на протязі 6 годин.

В систему вентиляції входять окремі забірні канали повітря для різних режимів, противибухові пристрої з розширювальними камерами, що встановлюються на забірних і витяжних каналах, фільтри проти пилу, фільтри-поглиначі, вентилятори, розвідна система, герметичні клапани, витяжний канал (в сховищах, які обладнані для роботи в режимі повної ізоляції, окрім того засоби регенерації) і теплоємний фільтр.



Протирадіаційне укриття (ПРУ) – негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості.

Захисні властивості протирадіаційних укриттів оцінюються коефіцієнтом захисту, який показує, у скільки разів доза радіації на відкритій місцевості на висоті 1 м більша від дози радіації в укритті, тобто коефіцієнт захисту показує, у скільки разів ПРУ послаблює дію радіації, а відповідно і дозу опромінення людей.



ПРОТИРАДІАЦІЙНЕ УКРИТТЯ

Противрадіаційним укриттям (ПРУ) називається спеціальна захисна споруда, що забезпечує захист людей в умовах надзвичайних ситуацій.

До ПРУ можна віднести не тільки спеціально побудовані споруди, а й будівлі господарського призначення (огорєби, підвали, овочеві сховища, пристосовані для укриття, і звичайні житлові будинки).

Захисні властивості укриттів визначаються коефіцієнтом послаблення радіації, що залежить від товщини огорожувальних конструкцій, властивостей матеріалу, з якого виготовлені конструкції, а також від еверні самозащити.



Противрадіаційні укриття можуть обладнуватись насамперед у підвальних поверхах будинків і споруд. Підвали в дерев'яних одноповерхових будинках ослаблюють дозу радіації в 7 разів, а в житлових одноповерхових кам'яних (цегляних) будинках – у 40, у двоповерхових – у 100, середня частина підвалу кількоповерхового кам'яного будинку – у 800-1000 разів. При невисоких рівнях радіації, а також для захисту від біологічних засобів, парів отруйних і сильнодіючих ядовитих речовин можна використовувати кам'яні (цегляні) або дерев'яні будівлі.

При виборі та підготовці укриття для захисту від радіоактивних речовин слід враховувати захисні властивості будівельних матеріалів та окремих конструкцій.

Погріб або підвал, які складені з цегли (каменю), є майже готові ПРУ. При необхідності встановлюються в них рамки посилення перекриття, зверху проводять пласти додаткового шару шлаку, ґрунту, щоб загальна товщина перекриття складала 60-70 см.

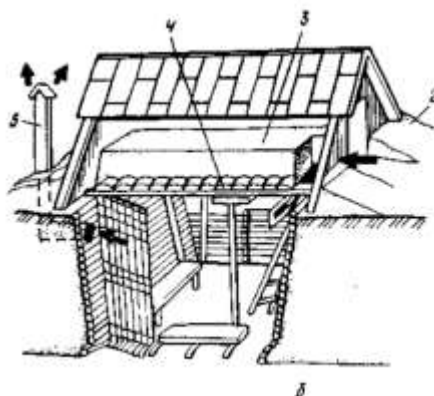
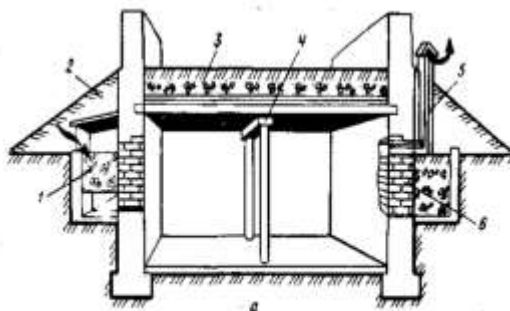


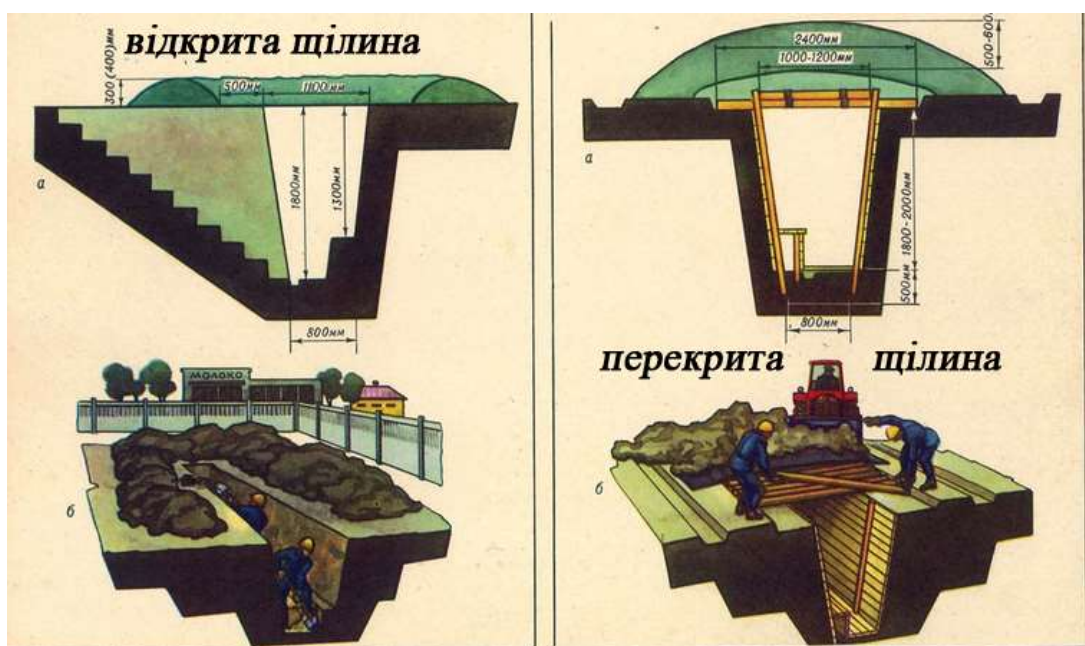
Рис. – Підвал жилого будинку (а), погріб (б) які обладнанні під ПРУ

Швидкосторуджувана захисна споруда цивільного захисту – захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються *найпростіші укриття та споруди подвійного призначення.*

Найпростіше укриття – це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

До укрить найпростішого типу відносяться спеціально збудовані щілини – відкриті та перекриті. Відкрита щілина в 1,5-2 рази зменшує ймовірність ураження ударною хвилею і світловим випромінюванням порівняно з розміщенням на відкритій місцевості, в 2-3 рази послаблює дію іонізуючого випромінювання, а після дезактивації в 20 разів і більше. Перекрита щілина повністю захищає від світлового випромінювання, в 2-3 рази послаблює дію ударної хвилі, в 200-300 разів – радіоактивне випромінювання при товщині перекриття 60-70 см. Крім того, перекрита щілина запобігає від попадання на одяг і шкіру людей радіоактивних речовин, отруйних речовин і біологічних засобів в крапельному або рідкому виді.



Споруда подвійного призначення – це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення (наприклад – метрополітен, паркінг).



Висновки.

Для вирішення питань щодо укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту центральні органи виконавчої влади, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування та суб'єкти господарювання завчасно створюють фонд таких споруд. Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням є важливим обов'язком суб'єктів господарювання, на балансі яких вони перебувають.