
**ЧЕРКАСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
ІМЕНІ ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

**Анатолій АЛЕКСЄЄВ, Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ,
Сергій ЦВІРКУН, Сергій ЗАСУНЬКО, Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ**

**НЕБЕЗПЕКИ РАДІАЦІЙНОГО, ХІМІЧНОГО
ТА БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Черкаси – 2022

УДК 614.7
Н 39

Друкується за рішенням методичної ради
ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України
Протокол №__ від __.__.2022

А. Г. Алексєєв, Д. А. Журбинський, С. В. Цвіркун,
С. С. Засулько, О. М. Землянський. Небезпеки радіаційного,
хімічного та біологічного походження : навчальний посібник.
Черкаси : Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв
Чорнобиля НУЦЗУ, 2022. – 129 с.

У навчальному посібнику наведено теоретичні основи безпеки загроз радіаційного, хімічного та біологічного походження при надзвичайних ситуаціях. Приведено причини виникнення таких ситуацій та їх вплив на здоров'я населення, персоналу підприємств та працівників цивільного захисту. Навчальний посібник розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Небезпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження», яку розроблено кафедрою «Організації заходів цивільного захисту» Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України.

Посібник призначений для курсантів 1 курсу циклу загальної підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 «Цивільна безпека», спеціальність – 263 «Цивільна безпека» за освітньо-професійними програмами «Цивільна безпека» та «Охорона праці», а також може бути використаний науковцями, викладачами вищих навчальних закладів освіти, аспірантами, студентами та слухачами курсів підвищення кваліфікації, які працюють у напрямку протидії радіаційним небезпекам та небезпекам хімічного характеру.

© Алексєєв А. Г., Журбинський Д. А.,
Цвіркун С. В., Засулько С. С., Землянський О. М.,
ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2022.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 5 |
| ТЕМА 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ТЕРМІНОЛОГІЯ, ВЕЛИЧИНИ ТА ЯВИЩЕ РАДІОАКТИВНОСТІ | 9 |
| 1. Основні положення дисципліни НРХБП | 9 |
| 2. Будова атому та види іонізуючого випромінювання..... | 13 |
| ТЕМА 2. ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА БІОЛОГІЧНА ДІЯ | 18 |
| 1. Характеристики та одиниці вимірювання ІВ | 18 |
| 2. Особливості впливу ІВ на живі організми..... | 23 |
| 3. Радіобіологічні ефекти..... | 25 |
| ТЕМА 3. РАДІАЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА В УКРАЇНІ | 32 |
| 1. Радіаційна небезпека в Україні..... | 32 |
| 2. Критерії та об'єкти небезпеки у сфері використання ядерної енергії..... | 37 |
| 3. Безпека поводження з ДІВ..... | 43 |
| 4. Рівень радіаційної небезпеки у різних регіонах України..... | 49 |
| ТЕМА 4. КЛАСИФІКАЦІЯ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ ТА НЕБЕЗПЕК | 54 |
| 1. Класифікація радіаційних аварій | 54 |
| 2. Фази розвитку радіаційних аварій..... | 58 |
| 3. Уражаючі фактори ядерного вибуху..... | 61 |
| ТЕМА 5. ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЗАХОДИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ | 69 |
| 1. Загальні положення та основні принципи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій..... | 69 |
| 2. Радіаційний захист населення в умовах радіаційної аварії | 70 |
| 3. Методи виявлення іонізуючого випромінювання | 74 |
| 4. Класифікація дозиметричних та радіометричних приладів | 77 |
| ТЕМА 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ | 84 |
| 1. Основні поняття про небезпечні хімічні речовини..... | 84 |
| 2. Типові хімічно небезпечні об'єкти..... | 90 |
| ТЕМА 7. ХАРАКТЕРИСТИКА АВАРІЙ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА | |

| | |
|---|------------|
| ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ І ТРАНСПОРТІ..... | 96 |
| 1. Характеристика НС на хімічно небезпечних об'єктах..... | 96 |
| 2. Хімічна розвідка та хімічний контроль при виникненні НС на хімічно небезпечних об'єктах..... | 99 |
| | |
| ТЕМА 8. ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ РЕЧОВИНИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ХНО..... | 115 |
| 1. Властивості отруйних речовин..... | 115 |
| 2. Оцінка хімічної обстановки при аваріях з викидом СДОР..... | 119 |
| 3. План локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій – ПЛАС..... | 122 |
| | |
| ТЕМА 9. МІКРООРГАНІЗМИ ЯК ЕПІДЕМІОЛОГІЧНІ АГЕНТИ БІОЛОГІЧНИХ НЕБЕЗПЕК..... | 125 |
| 1. Мікроорганізми як чинники біологічних небезпек..... | 125 |
| 2. Механізм епідеміологічного впливу мікроорганізмів..... | 127 |
| 3. Біологічна зброя..... | 135 |
| | |
| ТЕМА 10. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ІЗ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ, ТЕХНІКИ, ОДЯГУ, ВІДКРИТИХ ЧАСТИН ТІЛА..... | 137 |
| 1. Організація та порядок проведення дезактивації..... | 137 |
| 2. Організація та порядок проведення дегазації..... | 141 |
| 3. Організація та порядок проведення дезінфекції..... | 143 |
| | |
| ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ КУРСУ..... | 147 |
| Лабораторна робота 1. Прилади радіаційної розвідки. Дозиметр-радіометр МКС-У..... | 147 |
| Лабораторна робота 2. Дозиметр-радіометра МКС-05 "ТЕРРА".... | 153 |
| Лабораторна робота 3. Прилади хімічної розвідки..... | 158 |
| Лабораторна робота 4 Сигналізатор-аналізатор газів і парів "ДОЗОР-С-М"..... | 169 |
| Розрахункова графічна робота Прогнозування масштабів зараження сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах..... | 172 |
| | |
| ДОДАТКИ..... | 179 |

ВСТУП

Особливе місце в житті нашого суспільства займає виявлення і ліквідація небезпечних факторів хімічного, радіаційного та біологічного забруднення навколишнього середовища і забезпечення оптимальних умов життєдіяльності людини.

Промисловість України характеризується значною кількістю підприємств з підвищеним ступенем небезпеки. На них у великих обсягах знаходяться отруйні та вибухонебезпечні речовини, з яких виробляються значні за об'ємами та різноманітні за найменуваннями хімікати, властивості яких недостатньо вивчені. Також працюють чотири АЕС, де функціонує 15 ядерних реакторів та конфайнмент на Чорнобильській АЕС.

Основна кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру виникає на території України внаслідок пожеж, вибухів, а також аварій на транспорті. Аварії пов'язані з хімічним забрудненням, хоча виникають порівняно рідко, але здатні призвести до надзвичайно великих людських жертв та матеріальних збитків. Забруднення атмосферного повітря токсичними летучими продуктами надзвичайно різноманітне по своєму складу й залежить від характеру забруднювачів. Особливу небезпеку для населення і навколишнього природного середовища становлять аміакопроводи, хімічне виробництво, відстійники, сховища небезпечних речовин тощо. Абсолютна більшість підприємств усіх галузей промисловості працює на морально застарілому обладнанні, споживаючи велику кількість природних ресурсів, у тому числі мінеральної сировини, виробництво супроводжується утворенням великої кількості відходів і побічних продуктів, які не утилізуються і складуються у відвалах, хвостосховищах. У середньому із 100 % хімічної сировини, яка переробляється, у готову продукцію перетворюється лише близько 30-40 %.

Найбільш поширеними шкідливими сильнодіючими отруйними речовинами на підприємствах хімічної промисловості є аміак, хлор, двоокис азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид,

концентрована азотна та сірчана кислоти, фосген, метанол, бензол, карбамідо-аміачні суміші, їдкий натрій, формалін тощо. Сучасна екологічна ситуація, особливо у промислових районах і центрах, для яких характерна надмірна концентрація підприємств важкої індустрії є складною. Зростання економічної активності цих галузей при експлуатації старого енергоємного обладнання, недостатньому поновлюванні обладнання природоохоронного призначення та недостатньому оснащенні очисними спорудами призводить до погіршення стану навколишнього природного середовища.

Так в світовій історії є ряд техногенних катастроф, що забрали тисячі людських життів і ще більше зробили постраждалими. Найбільша в світі хімічна катастрофа сталася 3 грудня 1984 року м. Бхопал штату Мадх'я-Прадеш в Індії. Внаслідок викиду в атмосферу 41 тони метилізоціанату за офіційними даними загинуло 3787 осіб, ще 14400 чоловік в післяаварійний період, всього отруєння отримали більше 200 тис. жителів міста. На території України за останні роки найбільш масштабною стала надзвичайна ситуація регіонального рівня, яка виникла у липні 2007 року в Бузькому районі Львівської області, де на залізничному перегоні Ожидів – Красне Львівської залізниці внаслідок аварії з рейок зійшло 15 цистерн (ємністю 50 т) з жовтим фосфором. У результаті аварії через розгерметизацію ємностей при контакті фосфору з повітрям зайнялося 6 цистерн. Під час гасіння пожежі утворилася хмара з продуктів горіння. У зону ураження потрапили 14 населених пунктів Бузького, Радехівського та Бродівського районів області.

Таким чином, біологічні загрози, хімічна індустрія та атомна енергетика – це потенційне джерело виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із захворюваннями, забрудненням навколишнього середовища, вибухами та пожежами. На кожній стадії розвитку техногенної аварії, надзвичайної природної ситуації необхідно швидко оцінити кількість шкідливих речовин, встановити вражаючі фактори та оцінити наслідки впливу їх і масштаби зони зараження місцевості. Для виконання цієї задачі використовується безліч методів, тривалих за часом, які вимагають складних приладів та кваліфікованих фахівців. Ці задачі можна вирішити тільки в стаціонарних лабораторних умовах або у пересувних лабораторіях.

Враховуючи перелічені особливості небезпек різного походження, **предметом** вивчення навчальної дисципліни «Небезпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження» є механізми дії небезпечних факторів радіаційної, хімічної, біологічної природи на організм людини і навколишнє середовище та способи і засоби захисту від них.

Метою вивчення навчальної дисципліни є підготовка фахівця, здатного проводити розрахунки для оцінювання можливостей виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за участю небезпечних речовин та матеріалів радіаційного, хімічного та біологічного походження та реалізовувати державну політику у сфері захисту населення і територій.

Засвоївши програму навчальної дисципліни, бакалавр у відповідних напрямках підготовки, повинен бути здатним вирішувати професійні завдання з урахуванням вимог основних керівних документів з цивільного захисту (ЦЗ) та володіти наступними головними професійними компетенціями для забезпечення реалізації вказаних завдань.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми після вивчення дисципліни курсанти (слухачі) повинні:

знати:

- правові, нормативно-технічні та організаційні основи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за участю небезпечних речовин та матеріалів радіаційного, хімічного та біологічного походження;

- знати механізми дії небезпечних факторів хімічної, біологічної і радіаційної природи на організм людини та навколишнє середовище;

- методи, засоби та прилади радіаційного, хімічного та біологічного захисту;

- основні заходи щодо забезпечення радіаційного, хімічного та біологічного захисту.

вміти:

- застосовувати знання для аналізу результатів вимірювань та лабораторних досліджень;

- визначати засоби захисту від впливу негативних факторів хімічного, біологічного і радіаційного походження;

- практично користуватися приладами радіаційної та хімічної розвідки, засобами індивідуального та колективного захисту;

- діяти в умовах зараження радіоактивними, отруйними та небезпечними хімічними речовинами;

- розраховувати глибину можливого забруднення, площу та ступінь забруднення у наслідок викиду небезпечних хімічних речовин;

- прогнозувати наслідки радіаційного та хімічного зараження.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин/4 кредити.

З яких 10 лекційних занять та 15 практичних занять та 5 лабораторних робіт. Вивчення дисципліни закінчується складанням іспиту.

ТЕМА 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ТЕРМІНОЛОГІЯ, ВЕЛИЧИНИ ТА ЯВИЩЕ РАДІОАКТИВНОСТІ

1. Основні положення дисципліни НХБРП

Основним поняттям дисципліни «Небезпеки хімічного, біологічного та радіаційного походження» є поняття – **небезпека**. Небезпеками прийнято називати різноманітні види негативних впливів в системі «людина – навколишнє середовище». Небезпека реалізується шляхом **небезпечних та шкідливих факторів**. У процесі розвитку цивілізації система «людина – навколишнє середовище» не залишається незмінною та визначається розвитком науково-технічного прогресу. Тому не залишаються незмінними як набір небезпечних та шкідливих факторів, так і рівень, сила і масштаб їх впливу на людину.

Небезпека є складним параметром, який має багато ознак. Щоб краще зрозуміти природу небезпек та протистояти їм, необхідні систематизація та класифікація, чим і займається таксономія – наука про систематизацію та класифікацію складних явищ, понять, що відіграють важливу роль в організації наукового знання у галузі безпеки життєдіяльності.

Залежно від конкретних потреб існують різні системи класифікації небезпек – за джерелом походження, локалізацією, наслідками, збитками, сферою прояву, структурою, характером впливу на людину, тощо.

Небезпека наявна в усіх системах, в яких можливі зміни енергії, присутні хімічні та біологічно активні компоненти. Один і той самий небезпечний та шкідливий фактор за природою свого впливу може одночасно належати до різних груп. Тому дуже важливо ідентифікувати фактор навколишнього середовища, тобто визначити його тип та розмір.

Усі види небезпек, які формуються у процесі взаємодії людини з навколишнім середовищем, змінюють його стан. Але ж наявність небезпеки ще не означає того, що людині чи групі людей обов'язково може завдатись якась шкода чи ушкодження. Існування джерела небезпеки свідчить передусім про існування або ж можливість утворення конкретної небезпечної ситуації, при якій буде завдатись шкода. До матеріальних збитків, пошкоджень, шкоди здоров'ю, смерті або інших наслідків призводить конкретний **вражаючий фактор**.

Залежно від наслідків впливу конкретних вражаючих факторів на організм людини вони в деяких випадках поділяються на шкідливі та небезпечні.

Небезпечний фактор – природний чи техногенний чинник, вплив якого на людину за певних умов призводить до травм, гострого отруєння, або іншого раптового погіршення стану здоров'я, або смерті.

Шкідливий фактор – природний чи техногенний чинник, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативного впливу на здоров'я людини чи її нащадків. Техносфера має багато негативних факторів. Основними носіями небезпечних і шкідливих факторів в оточуючому середовищі є машини та інші технічні пристрої, хімічні і біологічні активні предмети праці, джерела енергії, нерегламентовані дії працюючих, порушення режимів і організації діяльності, а також відхилення від допустимих параметрів мікроклімату у робочій зоні.

Небезпечні та шкідливі фактори за своїм походженням поділяються на:

- **фізичні** – рухомі машини та механізми, пересувні частини виробничого та побутового устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря, підвищена чи знижена температура повітря, підвищений рівень шуму, вібрації, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації; підвищення чи зниження барометричного тиску, вологість, іонізація та рухомість повітря, небезпечне значення напруги в електричному ланцюгу, підвищена напруга електричного чи магнітного полів, відсутність чи недостатність природного світла, підвищена яскравість світла:

- **хімічні** – хімічні речовини, які за характером впливу на організм людини поділяються на загально токсичні, подразнювальні, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію;

- **біологічні** – патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, грибки) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини та тварини);

- **психофізіологічні** – фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження,

монотонність праці, перенапруження органів чуття, емоційні перевантаження).

В багатьох випадках використовується поняття «небезпечна речовина». **Небезпечна речовина** – радіоактивна, токсична, вибухова, горюча речовина, речовина-окисник, біологічні агенти, які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та навколишнього природного середовища.

Для визначення серйозності небезпеки існують різні критерії. **Категорії серйозності небезпеки** встановлюють кількісне значення відносної серйозності ймовірних наслідків небезпечних умов. Виділяють такі категорії:

I категорія – катастрофічна небезпека;

II категорія – критичні небезпеки;

III категорія – граничні небезпеки;

IV категорія – незначні небезпеки.

Рівні ймовірності небезпеки є якісним відображенням відносної ймовірності того, що відбудеться небажана подія, яка є наслідком неусуненої або непідконтрольної небезпеки. Розрізняють:

Рівень А – часта небезпека;

Рівень В – можлива небезпека;

Рівень С – випадкова небезпека;

Рівень D – віддалена небезпека;

Рівень Е – неймовірна небезпека.

До сфери безпеки життєдіяльності відносяться такі **види ризиків**:

- за масштабами розповсюдження – ризики стосовно людини, групи людей, населення регіону, нації, всього людства;

- за позицій доцільності – обґрунтований та необґрунтований (безглуздий) ризик;

- за волевиявленням – добровільний та вимушений ризик;

- стосовно сфери людської діяльності – економічний, побутовий, виробничий, політичний, соціальний ризик та ризик у природокористуванні;

- за ступенем припустимості – знехтуваний, прийнятий, гранично допустимий, надмірний ризик.

На практиці досягти нульового рівня ризику, тобто абсолютної безпеки, неможливо. Прямим наслідком неможливості забезпечення нульового рівня ризику є необхідність зниження ризику до деякого **допустимого рівня**.

Сучасна концепція безпеки життєдіяльності базується на досягненні саме допустимого (прийнятого) ризику. Допустимий рівень ризику формується індивідуальною та суспільною свідомістю і є функцією соціального, економічного та культурного рівня розвитку суспільства. Концепція допустимого ризику – досягнення такого малого ризику, який, з одного боку, є технічно неможливим, а з іншого – допустимим суспільством на певний час.

Основними питаннями теорії і практики безпеки життєдіяльності є питання підвищення рівня безпеки. Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, необхідно **знижити ймовірність ризику до припустимого рівня** шляхом вибору відповідного рішення. Досягти цієї мети в будь-якій ситуації можна такими шляхами:

- повна або часткова відмова від робіт, операцій та систем, які мають високий ступінь небезпеки;
- заміна небезпечних операцій іншими – менш небезпечними;
- удосконалення технічних систем та об'єктів;
- розробка та використання спеціальних засобів захисту;
- засоби організаційно-управлінського характеру, в тому числі контроль за рівнем безпеки, навчання людей з питань безпеки, стимулювання безпечної роботи та поведінки.

Висновок із 1 питання: Основним поняттям дисципліни «Небезпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження» є поняття – **небезпека**. Небезпеками прийнято називати різноманітні види негативних впливів в системі «людина – навколишнє середовище». Небезпека реалізується шляхом **небезпечних та шкідливих факторів**. У процесі розвитку цивілізації система «людина – навколишнє середовище» не залишається незмінною та визначається розвитком науково-технічного прогресу. Тому не залишаються незмінними як набір небезпечних та шкідливих факторів, так і рівень, сила, масштаб їх впливу на людину. Знання механізмів дії небезпечних факторів хімічної, біологічної і радіаційної природи на організм людини і навколишнє середовище та засобів захисту від них дозволить в подальшому зберегти життя та здоров'я людства.

2. Будова атому та види іонізуючого випромінювання

Будова атому

Атоми складаються з позитивно зарядженого ядра, що знаходиться в центрі атому, та негативно заряджених електронів, які обертаються навколо ядра. В свою чергу, ядро атома складається з позитивно заряджених протонів та нейтронів, що не мають заряду (рис. 1.1). Сумарна кількість всіх протонів в ядрі визначає заряд ядра. Діаметр ядра складає стотисячну частину від діаметру атома. Тому більша частина важких частинок (протонів, нейтронів, ядер атому гелію) з великою енергією проходить крізь атом, як крізь порожній простір. Сили, які утримують протони та нейтрони в ядрі, дуже міцні, тому при створенні нових зв'язків, або при розриві нестабільних існуючих зв'язків виділяється неймовірна кількість енергії.

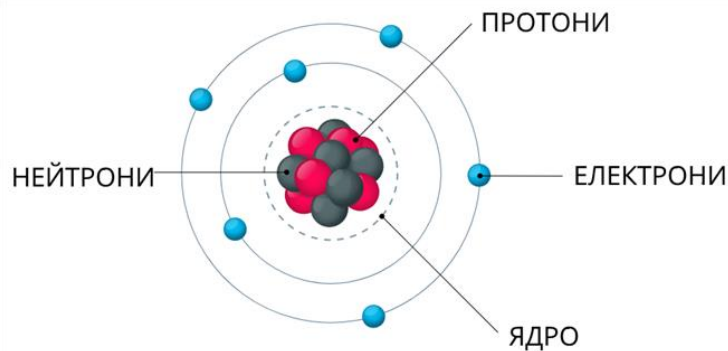


Рисунок 1.1. Будова атома

Радіоактивність – це властивість ядер певних хімічних елементів самовільно перетворюватися на ядра інших елементів з випусканням особливого випромінювання, яке називається радіоактивним випромінюванням. Саме явище **називається радіоактивним розпадом**. Промені, що утворюються, несуть небезпеки для всього живого. Місця, речовини, обладнання, де існує небезпека радіаційного походження, позначають попереджувальним символом:

Певні хімічні елементи періодичної системи Д. І. Менделєєва мають різновиди – *ізотопи*, які мають різну атомну масу. Різниця у масі



ізотопів пояснюється тим, що їх ядра мають різну кількість нейтронів. Отже, атоми, однакові за кількістю протонів та різні за кількістю нейтронів, називаються **ізотопами** (isos- однаковий, topos – місце).

Атоми, які мають нестабільні ядра і переходять в стійке положення шляхом радіоактивного розпаду (яке супроводжується випромінюванням), називаються радіоактивними ізотопами. У елементів із порядковим номером більше 82 всі ізотопи є радіоактивними. Це так звані природні радіоактивні ізотопи. Атоми, які утворюються при їх розпаді, теж можуть бути радіоактивними. Утворюється ланцюг хімічних елементів, так звана радіоактивна родина. Відомі три природних радіоактивних родини: урану, торію та актиноурану. До родини урану, наприклад, належать радій та радон. Останній елемент, який закінчує ланцюг цих родин – стійкий ізотоп свинцю з порядковим номером 82. Окремим природним радіоізотопом є калій-40. Він міститься у будь-якому живому організмі.

Штучно отримані ізотопи таких елементів, як стронцій, йод, бром та інші є продуктами розпаду урану.

Види випромінювання та одиниці вимірювання

Поняття «іонізуюче випромінювання» об'єднує різноманітні види випромінювання, різні за своєю природою. Основні види радіації – це α -, β - та γ -випромінювання, рентгенівські промені, нейтрони. **Подібність їх полягає в тому, що усі вони відрізняються високою енергією, мають властивість іонізувати середовище і руйнувати біологічні об'єкти.**

Особливості різних видів випромінювання радіоактивними речовинами вивчалися за відхиленням цих променів у електричному та магнітному полях (рис. 1.2). Ще до того, як була з'ясована природа цих випромінювань, промені, які відхилялися від негативно зарядженої частинки, умовно назвали **альфа-променями**; ті, що відхилялися від позитивно зарядженої пластинки, – **бета**-, а промені, які зовсім не відхилялися,

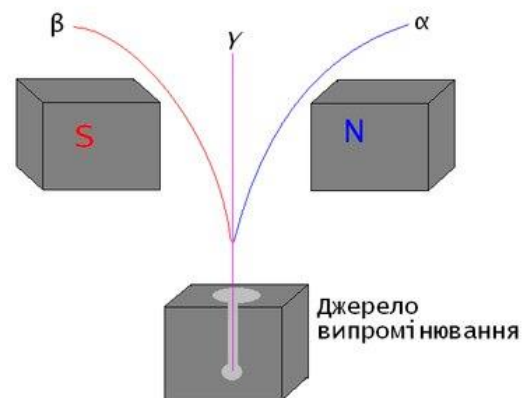


Рисунок 1.2. Види іонізуючого випромінювання

– **гама-променями**. Власне, стало зрозумілим, що тільки гама-промені, які не відхиляються в сильних електричному та магнітному полях, є істинними променями; альфа- та бета-промені є частинками. Таким чином, **розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання**.

Корпускулярне – потік елементарних частинок, що утворюються при радіоактивному розпаді.

Випромінювання ядром частинки, що складається із двох протонів і двох нейтронів (атом гелію) це – **α (альфа)-випромінювання**. Потік частинок (електронів та позитронів) при такому розпаді – це **β (бета)-випромінювання**.

Часто нестабільний нуклід (ядро) виявляється настільки збудженим, що випромінювання частинок не призводить до повного зняття збудження. Тоді він викидає порцію (квант, фотон) чистої енергії.

Фотонне випромінювання – потік електромагнітних коливань, що поширюється у вакуумі з постійною швидкістю 300000 км/с (швидкість світла). Це γ – гама-випромінювання і рентгенівське випромінювання. До фотонного випромінювання належить й ультрафіолетове випромінювання – найбільш короткохвильова частина спектра сонячного світла (довжина хвилі $400 \cdot 10^{-9}$ м).

Рентгенівські промені – кванти електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі від 0,01 до 100 нм (1 нм – одна мільярдна частина метра). Вони володіють меншою за гама-випромінювання енергією.

Нейтрони – нейтральні частинки, які викликають побічну іонізацію.

Таблиця 1.1. Властивості радіоактивного природного випромінювання

| Тип | Склад випромінювання | Іонізуюча здатність | Проникна здатність |
|--------|-----------------------|---------------------|---|
| альфа- | Іони He ⁺⁺ | Дуже висока | Низька. Захист: 0,1 мм води, лист паперу |
| бета- | Електрони | Значно висока | Висока. Захист: шар алюмінію до 0,5 мм |
| гама- | ЕМВ | Значно низька | Дуже висока. Захист: шар свинцю до декількох см |

Випромінювання характеризуються своєю *іонізуючою і проникною* спроможностями. *Іонізуюча здатність випромінювання визначається питомою іонізацією, тобто числом пар іонів, що утворюються частинкою в одиниці об'єму; а проникна здатність – розміром пробігу, тобто шляхом, пройденим частинкою в речовині до повного зникнення її енергії.*

Заряджені частинки, різні за природою, але з однаковою енергією, утворюють практично однакову кількість пар іонів (повна іонізація). Але щільність іонізації, або питома іонізація, тобто кількість пар іонів на одиницю шляху частинки в речовині, буде різною. Частинки з більшим зарядом та меншою швидкістю, зрозуміло, сильніше взаємодіють з електронами. Так, питома іонізація α -частинок найбільша і на 1 см шляху вони утворюють декілька десятків тисяч пар іонів; β -частинки – лише 50-100 пар іонів.

Різні види випромінювання супроводжуються вивільненням різної кількості енергії, що має різну пропускну (проникаючу) здатність, тому вони здійснюють неоднаковий вплив на тканини живого організму. -- випромінювання, яке представляє собою потік важких частинок, затримується листком паперу. Тому воно є безпечним, але доки не потрапить в організм крізь відкриту рану. β - випромінювання володіє більшою проникаючою здатністю: воно проходить в тканини організму на глибину 1–2 сантиметри. Проникаюча здатність гама – випромінювання, яке поширюється зі швидкістю світла, дуже велика: його може затримати лише товста свинцева пластинка.

Висновок із 2 питання та лекції: Метою вивчення питань радіаційної небезпеки є набуття знань про ризик виникнення техногенних аварій й природних небезпек радіаційного характеру, які можуть спричинити надзвичайні ситуації та привести до несприятливих наслідків для населення; вміння обґрунтувати нормативно-організаційні заходи забезпечення радіаційної безпеки; здатність аналізувати механізми впливу радіаційної небезпеки на людину з урахуванням специфіки механізму токсичної дії радіації.

Завдання для самоперевірки.

1. Що включає поняття небезпека?
2. Класифікація небезпек.
3. Вражаючий фактор.
4. Основні носії небезпечних і шкідливих факторів в оточуючому середовищі.
5. Поділ небезпечних та шкідливих факторів за своїм походженням.
6. Поняття «небезпечна речовина».
7. Категорії серйозності небезпеки.
8. Рівні ймовірності небезпеки.
9. Класифікація видів ризиків.
10. Концепція допустимого (прийнятого) ризику.
11. Шляхи зниження ризику.
12. Розказати про будову атому.
13. Розказати, що таке ізотопи.
14. Джерела іонізуючого випромінювання.
15. Що таке радіоактивність?
16. Що таке іонізуюче випромінювання?
17. Що входить до поняття корпускулярне випромінювання?
18. Що входить до поняття фотонне випромінювання?
19. Що таке іонізуюча здатність?
20. Що таке проникаюча здатність?
21. Порівняти іонізаційну та проникаюча здатність різних видів іонізаційного випромінювання.

Література:

1. Стеблук М. І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
2. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. / За загальною редакцією В. В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007. – 636 с.

ТЕМА 2. ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА БІОЛОГІЧНА ДІЯ

1. Характеристики та одиниці вимірювання ІВ

Поняття «іонізуюче випромінювання» об'єднує різноманітні види випромінювання, різні за своєю природою. Основні види радіації – це α -, β -, γ -випромінювання, рентгенівські промені, нейтрони. Подібність їх полягає в тому, що **усі вони відрізняються високою енергією, мають властивість іонізувати середовище і руйнувати біологічні об'єкти.**

Особливості різних видів випромінювання радіоактивними речовинами вивчалися за відхиленням цих променів у електричному та магнітному полях. Ще до того, як була з'ясована природа цих випромінювань, промені, які відхилялися від негативно зарядженої частинки, умовно назвали альфа-променями; ті, що відхилялися від позитивно зарядженої пластинки, – бета-, а промені, які зовсім не відхилялися, – гама- променями. Власне, стало зрозумілим, що тільки гама-промені, які не відхиляються в сильних електричному та магнітному полях, є істинними променями; альфа- та бета- промені є частинками. Таким чином, розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання.

Корпускулярне – потік елементарних частинок, що утворюються при радіоактивному розпаді.

Випромінювання ядром частинки, що складається із двох протонів і двох нейтронів (атом гелію), це – α (альфа)-випромінювання. Потік частинок (електронів та позитронів) при такому розпаді – це β (бета)- випромінювання.

Часто нестабільний нуклід (ядро) виявляється настільки збудженим, що випромінювання частинок не призводить до повного зняття збудження. Тоді він викидає порцію (квант, фотон) чистої енергії.

Заряджені частинки, різні за природою, але з однаковою енергією, утворюють практично однакову кількість пар іонів (повна іонізація). Але щільність іонізації, або питома іонізація, тобто кількість пар іонів на одиницю шляху частинки в речовині, буде різною. Частинки з більшим зарядом та меншою швидкістю, зрозуміло, сильніше взаємодіють з електронами. Так, питома іонізація α -частинок найбільша і на 1 см шляху вони утворюють декілька десятків тисяч пар іонів; β -частинки – лише 50-100 пар іонів.

Різні види випромінювання супроводжуються вивільненням різної кількості енергії, що має різну проникаючу здатність, тому вони здійснюють неоднаковий вплив на тканини живого організму – випромінювання, яке представляє собою потік важких частинок, затримується листком паперу. Тому **воно є безпечним, але доки не потрапить в організм** крізь відкриту рану. **β -випромінювання володіє більшою проникаючою здатністю: воно проходить в тканини організму на глибину 1–2 сантиметри.** Проникаюча здатність гама – випромінювання, яке поширюється зі швидкістю світла, дуже велика: його може затримати лише товста свинцева пластинка.

Таблиця 2.1. Характеристика різних видів випромінювання

| Властивості радіо-випромінювань | α -промені | β -промені | γ -промені |
|--|--|--|---|
| Швидкість частинок, які вилітають з ядра | 14000–20000 км/с | 160000 км/с | 300000 км/с |
| Енергія частинки * | 4 – 9 Мев | 0,02 – 2 Мев | 0,2 – 3 Мев |
| Пробіг (шлях, який проходить частинка в речовині): | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • в повітрі, • в алюмінії, • в біологічній тканині | <p>3–9 см</p> <p>до 0,06 мм</p> <p>до 0,1 мм</p> | <p>до 40 м</p> <p>до 2 см</p> <p>до 6 см</p> | <p>до декількох сотень метрів,</p> <p>в свинці до 5 см;</p> <p>пронизує тіло людини</p> |

*енергія частинок виражається у електрон-вольтах (eV). Це та енергія, яку одержує електрон, що проходить в електричному полі з різницею потенціалів в 1 В.

Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань, як уже зазначалося вище, надзвичайно **важливими при вивченні питання безпеки для здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів**, тобто радіоактивне випромінювання.

Радіоактивне випромінювання є одним з видів іонізуючих випромінювань.

Радіонукліди (*ядра радіоактивних елементів*) створюють випромінювання в момент перетворення одних атомних ядер в інші. З часом, внаслідок цих перетворень (радіоактивного розпаду), кількість радіоактивного елементу зменшується. Швидкість цього процесу суто індивідуальна для кожного радіоізоотопу і залежить від будови ядра, тому вплинути на неї будь-якими фізичними або хімічними засобами неможливо.

Для характеристики швидкості радіо розпаду на *практиці використовують так званий період напіврозпаду* – час, протягом якого розпадається половина вихідної кількості радіонуклідів (від секунд до млн. років).

Закон радіоактивного розпаду:

$$N = N_0 e^{-(0,693 t) / T_{1/2}}$$

де N – кількість атомів радіоактивного ізоотопу, що залишається;

N_0 – початкова кількість атомів радіоактивного ізоотопу;

e – основа натурального логарифму;

t – час, що минув від початку відліку;

$T_{1/2}$ – період напіврозпаду (час, за який розкладається половина наявного радіоактивного ізоотопу).

Кількість радіоактивної речовини зазвичай визначають не за масою, а за активністю – кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу, що характеризує їх іонізуючу спроможність. Адже, однакова маса різних радіонуклідів має різну швидкість радіорозпаду, отже і різну активність. Наприклад, однакова маса радіонуклідів ^{238}U , ^{32}P , ^8Li має різні періоди напіврозпаду, відповідно – 4,5 млн років, 14,3 дні, 0,89 с. Найбільша активність буде у літію (^8Li) та фосфору (^{32}P) і найменша – у урану (^{238}U), тому що кількість розпадів в 1 с більша у перших двох радіоізоотопів.

Одиницею активності у міжнародній системі (СІ) слугує розпад в секунду (розп./с). Цій одиниці присвоєна назва Беккерель (Бк), $1 \text{ Бк} = \text{с}^{-1}$ (розмірність сталої радіорозпаду виражають в зворотних одиницях часу: с^{-1} , хв^{-1} , для розуміння того, що кількість ядер не зростає, а зменшується). Позасистемною одиницею є кюрі (Ки). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання та оцінюється дозою іонізуючого випромінювання.

В результаті взаємодії випромінювання та певного середовища, останньому передається певна величина енергії випромінювання. Частина випромінювання, яка пронизує певний об'єкт, проходить, не затримуючись (не поглинаючись), тому впливу не створює. Для виміру кількості поглиненої енергії вводитьься поняття «**доза випромінювання**» – **кількість енергії, яка поглинута одиницею маси речовини.**

Доза визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність гама- та рентгенівського випромінювання в повітрі і вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг); на практиці застосовується позасистемна одиниця – рентген (Р); $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$.

Гама- та рентгенівське випромінювання мають високу проникаючу здатність і безпосередньо виміряти іонізацію (підрахувати кількість пар іонів), наприклад, в глибині тканин живого організму неможливо. Від експозиційної дози за допомогою відповідних коефіцієнтів можна встановити дозу, поглинену об'єктом.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в Греях Гр ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$).

Для визначення поглинутої дози для будь-якого, а не тільки гама- та рентгенівського випромінювання, середовища застосовується позасистемна одиниця **рад** – поглинута доза будь-якого виду випромінювання, при якому в 1 г маси речовини поглинається енергія випромінювання, яка дорівнює $100 \text{ ерг} = 10^{-2} \text{ Дж/кг}$. ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$).

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

Еквівалентна доза є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто є індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням.

За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського, γ - та α - і β - випромінювань).

Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1\text{бер} = 0,01\text{Зв}$.

Щільність забруднення (питома поверхнева активність) - активність певного радіонукліду (A_i) на досліджуваній поверхні площею S_p : $\sigma_i = A_i/S_p$ (Бк/м²).

Таблиця 2.2. Зв'язок між одиницями у системі СІ та позасистемними одиницями

| Величина | Назва та позначення одиниці | | Зв'язок між одиницями |
|----------------------------|--|--|---|
| | у системі СІ | позасистемна | |
| Активність | Беккерель (Бк) | Кюрі (Кі) | 1 Бк = 1 розпад/секунду 1 кБк = 1×10^3 Бк 1 Бк $\sim 2,7 \times 10^{-11}$ Кі 1 Кі = $3,7 \times 10^{10}$ Бк |
| Еквівалентна доза | Зіверт (Зв) | Біологічний еквівалент раду (бер) | 1 Зв = 1 Дж/кг 1 Зв = 100 бер 1 бер = 0,01 Зв |
| Ефективна доза | Зіверт (Зв) | Біологічний еквівалент раду (бер) | 1 Зв = 1 Дж/кг 1 Зв = 100 бер 1 бер = 0,01 Зв |
| Експозиційна доза | Кулон на кг (Кл/кг) | Рентген (Р) | 1 Р = $2,28 \times 10^{-4}$ Кл/кг 1 Р $\sim 0,88$ сГр (у повітрі) 1 Р $\sim 0,93$ сГр (у біологічній тканині) |
| Питома активність | Беккерель на кг (Бк/кг) | Кюрі на кг (Кі/кг) | 1 Бк/кг $\sim 2,7 \times 10^{-11}$ Кі/кг 1 Кі/кг = $3,7 \times 10^{10}$ Бк/кг |
| Поглинута доза | Грей (Гр) | Рад (рад) | 1 Гр = 1 Дж/кг 1 Гр = 100 рад 1 сГр = 0,01 Гр 1 рад = 0,01 Гр |
| Потужність поглинутої дози | Грей за секунду (Гр/с) | Рад за секунду (рад/с) | 1 Гр/с = 100 рад/с 1 рад/с = 0,01 Гр/с |
| Щільність забруднення | Беккерель на кв. метр (Бк/м ²) | Кюрі на квадратний метр (Кі/м ²) | 1 Бк/м ² $\sim 2,7 \cdot 10^{-5}$ Кі/км ² 1 Кі/м ² = $3,7 \cdot 10^4$ Бк/м ² |

2. Особливості впливу ІВ на живі організми

Про небезпечність ІВ стало відомо практично відразу ж після відкриття радіоактивності. До початку ХХ ст. вже було описано більше 70 випадків радіаційних шкіряних опіків. Зі зростанням термінів спостереження за персоналом з променевими опіками було виявлено, що навіть припинення роботи з ІВ не зупиняє переродження тканини, яке завершується через 6-30 років утворенням злякисної пухлини і смертю.

Стало відомо, що переопромінення людей можливе також унаслідок попадання мінімальної кількості ІВ всередину організму.

Усі види ІВ надто руйнівні діють на живий організм.

Основою взаємодії іонізуючих випромінювань з речовиною, в тому числі з речовинами клітин живих організмів, є іонізація, під час якої виникає іонізований стан атомів та молекул, наслідком чого є індукування різних хімічних та біохімічних реакцій в тканинах і органах.

У чому полягає руйнівна дія радіації? Встановлено, що дія радіації відбувається на молекулярному рівні незалежно від того, отримуємо ми зовнішнє опромінення, чи внутрішнє – через воду і їжу.

ІВ, діючи на живий організм, викликають у ньому ланцюг зворотних і незворотних змін, які призводять до тих, чи інших, біологічних наслідків. Наслідки залежать від величини впливу, умов і тривалості опромінення. Під час впливу ІВ на живий організм відбуваються іонізація і збудження молекул, що призводить до розриву хімічних зв'язків і їх дисоціації. Це так звана пряма дія ІВ. Більш важливу роль відіграє механізм побічної дії ІВ. Під побічною дією випромінювання розуміють радіаційно-хімічні зміни в даній розчиненій речовині, зумовлені продуктами радіолізу води.

Специфіка дії ІВ на біологічні організми полягає в тому, що ефект, який викликається ними, 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 ІВ.

Наприклад, смертельна доза ІВ, яка для ссавців дорівнює 5 Гр, відповідає поглинутій енергії випромінювання 5 Дж/кг. Якщо

цю енергію перетворити у теплову, то вона нагріла б тіло на 0,001 °С. Це тепла енергія склянки гарячого чаю.

Саме **іонізація і збудження атомів** і молекул середовища зумовлюють **специфіку** дії ІВ.

При вивченні дії ІВ на організм були виявлені такі особливості:

1. Радіація не має смаку і запаху, її не можна побачити і почути. Тому вплив ІВ на організм людина не відчуває. У людей відсутні органи чуття, які б сприймали ІВ. Тому людина може проковтнути, вдихнути РР без будь-яких первинних відчуттів.

2. Наявність прихованого (інкубаційного) періоду виявлення дії ІВ.

Видиме ураження шкірного покриву, нездужання, характерне для променевого захворювання, виявляються не відразу, а через деякий час. Цей період називається періодом гаданого благополуччя, він може тривати досить довго при опроміненні в малих дозах. **Тривалість його скорочується зі збільшенням дози опромінення.**

3. При систематичному потраплянні в організм людини РР відбувається накопичення малих доз, що призводить до променевої хвороби. Цей ефект називається кумуляцією.

4. ІВ на організм людини може впливати як безпосередньо – соматичне ураження (від грец. *soma* – «тіло»), так і виявлятися у нащадків – цей ефект називається генетичним.

5. Різні органи живого організму мають свою чутливість до опромінення. Тому нормами радіаційної безпеки установлені три групи критичних органів тіла людини. При щоденному впливі дози $(0,2-0,5) \cdot 10^{-2}$ Зв можуть відбутися зміни в крові.

6. РР, потрапляючи до організму людини, відкладаються вибірково в органах і частинах тіла.

Залежно від розподілу в тканинах організму виділяють такі РР:

— **ті, що розподіляються рівномірно,** – тритій, вуглець, залізо, полоній, інертні благородні газы;

— **ті, що накопичуються в кістках,** – стронцій, кальцій, барій, радій, ітрій, цирконій, плутоній, торій, фосфор, вуглець;

— **ті, що залишаються в м'язовій тканині,** – цезій, радій, рубідій, кобальт;

— *ті, що відкладаються в шлунково-кишковому тракті*, – калій, натрій, тритій, полоній;

— *ті, що відкладаються в нирках*, – рутеній, плутоній;

— *ті, що відкладаються в селезінці і лімфатичних вузлах*, – рутеній, ніобій.

РН *йоду в щитовидній залозі* концентрується в 100-200 разів більше, ніж в інших тканинах і органах.

7. Наслідки опромінення однаковими дозами для різних живих організмів неоднакові, тобто видова радіочутливість живих організмів різна. Чим більш примітивна будова організму, тим більшу стійкість до впливу ІВ він має.

Так, значення напівлетальної дози ЛД₅₀ (30), від якої протягом 30 діб гине 50 % людей, які зазнали одноразового опромінення, складає близько 3-5 Зв.

8. Ефект опромінення залежить не тільки від дози випромінювання, але й від часу, протягом якого одержана ця доза. Виявлено, що для біологічних клітин, які містять O₂, тривале опромінення малими дозами більш небезпечне, ніж короткочасне великими дозами (до певного рівня).

Висновок із 2 питання: ІВ, діючи на живий організм, викликають у ньому ланцюг зворотних і незворотних змін, які призводять до тих чи інших біологічних наслідків. Наслідки залежать від величини впливу, умов і тривалості опромінення. Під час впливу ІВ на живий організм відбуваються іонізація і збудження молекул, що призводить до розриву хімічних зв'язків і їх дисоціації. Це так звана пряма дія ІВ. Більш важливу роль відіграє механізм побічної дії ІВ. Під побічною дією випромінювання розуміють радіаційно-хімічні зміни в даній розчиненій речовині, зумовлені продуктами радіолізу води.

3. Радіобіологічні ефекти

Радіобіологічний ефект – це реакція живого організму на дію іонізуючого випромінювання, що характеризується зміною деяких його ознак та властивостей.

Звичайно виділяють **два класи радіобіологічних ефектів – соматичні й генетичні.**

Соматичними радіобіологічними ефектами є зміни, що відбуваються в організмі протягом його **онтогенезу** – періоду індивідуального розвитку; **генетичними** – ушкодження, що

передаються нащадкам, тобто реалізуються в наступних поколіннях.

Серед соматичних ефектів розрізняють такі 5 основних типів:

- **радіаційна стимуляція;**
- **морфологічні зміни;**
- **променева хвороба;**
- **прискорення старіння, що призводить до скорочення тривалості життя;**

- **загибель.**

Генетичні, або мутагенні, ефекти утворюють самостійний клас.

Радіаційна стимуляція – це прискорення росту та розвитку організму при дії на нього іонізуючого випромінення в дозах, в десятки, а іноді й сотні разів, нижчих за ті, що спричиняють гальмування цих процесів.

Морфологічні зміни – це зміни зовнішнього вигляду організму, окремих його органів, анатомічної структури, ознак, що відрізняють його від батьківських форм. Ці ознаки не спадкові, а відхилення від норми, потворства й химерність існують лише в поколінні опромінених організмів.

Гострі променеві ураження мають поріг, тобто вони проявляються після перевищення якоїсь дози опромінення.

Встановлено, що **при одноразовому рівномірному гамма-опроміненні всього тіла (доза – до 0,25 Зв) не можна виявити якихось змін стану здоров'я людини.**

При еквівалентній дозі 0,25-0,5 Зв також відсутні зовнішні ознаки променевого ураження. **В інтервалі доз 0,5-1,0 Зв виникає відчуття втоми без втрати працездатності. Менше ніж у 10 % опромінених можуть з'явитися блювання, зміни крові.**

Різні форми променевої хвороби розвиваються при дозах одноразового опромінення вище 1 Зв.

Розрізняють 4 ступені гострої променевої хвороби.

1 ступінь – легкий (1-2 Зв) – характеризується відсутністю або слабкою вираженістю первинної реакції на опромінення. Прихований період продовжується 3-5 тижнів, після чого з'являються нездужання, загальна слабкість, нудота, підвищена температура. У першу добу після опромінення в 30-50 % випадків спостерігається блювання. Після видужання

працездатність людей, як правило, зберігається. Смертельний кінець відсутній.

2 ступінь – середньої важкості (2-4 Зв) – протягом перших двох-трьох діб спостерігається бурхлива первинна реакція організму (нудота і блювання, різко знижується вміст лейкоцитів у крові). Далі настає прихований період (симптоми хвороби зникають), який триває від 5 до 20 діб, після чого загальний стан різко погіршується. **У 20 % випадків можливий смертельний кінець. Смерть настає через 2-6 діб після опромінення.** У кращому випадку при активному лікуванні видужання може початися через 2-6 місяців.

3 ступінь – важкий (4-6 Зв) – протягом місяця після опромінення смертельний кінець настає в 50 % випадків.

4 ступінь – дуже важкий (понад 6 Зв). Прихований період хвороби відсутній. У перші години з'являється блювання, сильний розлад шлунково-кишкового тракту (ШКТ) і порушення кровообігу. **Наприкінці другого тижня настає смерть. Видужання можливе у 30-50 % за умови невідкладного початку лікування в спеціалізованій клініці.** На теперішній час є досвід комплексного лікування ПХ, що дозволяє виключити смертельний кінець при дозах до 10 Зв.

Прискорення старіння і скорочення тривалості життя

Існує пряма кількісна залежність між скороченням тривалості життя і дозою іонізуючого випромінювання. Проте, прискорення старіння і скорочення тривалості життя не обов'язково повинні бути неминучими або наслідком один одного.

Старіння – це закономірний руйнівний процес вікових змін організму, властивий всім живим організмам на всіх рівнях організації, що веде до пониження його адаптаційних можливостей і збільшення імовірності смерті.

Загибель

При високих дозах опромінення, коли видужання від променевої хвороби неможливе, настає загибель, або смерть організму – припинення його життєдіяльності як цілісної системи.

Смерть теплокровних зумовлена передусім припиненням дихання і кровообігу. Виділяють два основних види смерті – **клінічну й біологічну, або справжню.** По закінченні періоду клінічної смерті, коли ще можливе повноцінне відновлення

життєвих функцій, настає **біологічна смерть** – необоротне припинення фізіологічних процесів в клітинах і тканинах організму.

Генетичні зміни

Соматичні ефекти виявляють тільки у безпосередньо опромінену організмі. Генетичні, або спадкові, ефекти **передаються нащадкам**. Вони виникають внаслідок мутацій, тому їх називають ще **мутагенними ефектами**. **Мутація** – це порушення, що виникають у спадковому матеріалі і призводять до зміни окремих ознак організму або навіть до виникнення нових ознак.

Іонізуюче випромінення має здатність зумовлювати порушення у спадковому матеріалі і сприяти виникненню мутацій. Вони можуть призводити до появи у наступних поколіннях (до 15-20-го) організмів із зміненими властивостями – виродків.

Близькі і віддалені наслідки радіаційного ураження

Залежно від часу прояву після опромінення **радіобіологічні ефекти поділяють на близькі та віддалені**.

До **близьких ефектів** належать ті, які виявляються в перші години, дні, тижні, місяці після опромінення. Віддалені наслідки реєструються у більш пізні строки. До **близьких наслідків радіаційного ураження відносять радіаційну стимуляцію, яка виявляється одразу після опромінення; більшість морфологічних змін у тканинах і окремих органах, що виникають протягом перших днів, тижнів після радіаційного періоду; гостру променеви хворобу всіх ступенів тяжкості, що розвивається протягом 1-1,5 місяця, і загибель**.

Віддаленими наслідками радіаційного ураження вважають злоякісні новоутворення – лейкози, ракові пухлини, променеви катаракту, нефросклероз – хворобу, що виникає внаслідок морфологічного переродження тканин і судин нирок при ураженні їх радіоактивними речовинами при їх виведенні з організму, а також скорочення тривалості життя і прискорення старіння, що реалізується в останні періоди життя.

До найвіддаленіших наслідків опромінення як у тварин, так і в рослин відносять **генетичні ефекти**.

Віддалені наслідки променевого ураження мають вірогідний, або випадковий, характер. *Завбачити віддалені наслідки опромінення у якомусь конкретному організмі неможливо, їх можна передбачити на основі статистичного*

аналізу в опроміненій популяції організмів і виразити чисельність уражених осіб у процентах або визначити кількість уражених осіб на тисячу, мільйон. Ймовірність прояву віддалених наслідків радіаційного ураження зростає із збільшенням дози опромінення.

Проте не тільки від дози випромінювання залежить прояв радіобіологічних ефектів. Так, дози, що стимулюють ріст і розвиток рослин родини хрестоцвітих, згубні для рослин родини бобових. Дози, безпечні для комах, смертельні для всіх тварин класу ссавців. Тобто, **ефекти визначаються чутливістю організмів до іонізуючої радіації, або їх радіочутливістю.**

Висновок із 3 питання та лекції: За декілька останніх десятиліть людство створило сотні штучних радіонуклідів і навчилося використовувати енергію атома як у військових цілях – для виробництва зброї масового ураження, так і в мирних – для виробництва енергії, у медицині, пошуку корисних копалин, діагностичному устаткуванні й ін. Усе це призводить до збільшення дози опромінення як окремих людей, так і населення Землі загалом. Індивідуальні дози, які одержують різні люди від штучних джерел іонізуючих випромінювань, сильно відрізняються. У більшості випадків ці дози незначні, але іноді опромінення за рахунок техногенних джерел у багато тисяч разів інтенсивніше ніж за рахунок природних. Проте, слід зазначити, що породжені техногенними джерелами випромінювання звичайно легше контролювати, ніж опромінення, пов'язані з радіоактивними опадами від ядерних вибухів і аварій на АЕС, так само як і опромінення, зумовлені космічними і наземними природними джерелами.

Запитання для самоконтролю:

1. Що спільного та чим відрізняються різні види іонізуючого випромінювання?
2. Що таке радіонукліди, радіоактивний розпад та від чого залежить його швидкість?
3. Що таке період напіврозпаду та чи визначають кількість радіоактивної речовини в грамах?
4. Що таке активність і в яких одиницях вимірюється?
5. Чим оцінюється міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі?
6. Що таке експозиційна доза та в яких одиницях вона вимірюється?

7. Що таке поглинута доза та в яких одиницях вона вимірюється?
8. Що таке еквівалентна доза та в яких одиницях вона вимірюється?
9. Що таке щільність радіоактивного забруднення та в яких одиницях вона вимірюється?
10. Зв'язок між одиницями у системі СІ та позасистемними одиницями.
11. Що є основою взаємодії іонізуючих випромінювань з речовиною?
12. У чому полягає руйнівна дія радіації?
13. Від чого залежать наслідки руйнівної дії радіації?
14. В чому специфіка дії ІВ на біологічні організми?
15. Що таке радіобіологічний ефект?
16. Що таке соматичний радіобіологічний ефект?
17. Розкрити типи соматичного радіобіологічного ефекту, крім променевої хвороби.
18. Гострі променеві ураження.
19. Генетичні зміни при променевих ураженнях.
20. Близькі і віддалені наслідки радіаційного ураження.

***Задачі на використання закону радіоактивного розпаду:
Приклад.***

Скільки атомів $^{234}_{91}\text{Pa}$ розпадеться за 1 годину, якщо зразок матеріалу містить 1 мг атомів цього нукліду? Час напіврозпаду $^{234}_{91}\text{Pa}$ складає 6,7 год?

Розв'язання.

Початкова кількість атомів $^{234}_{90}\text{Th}$ дорівнює:

$$N_0 = (m \cdot N_A) / A = (0,001 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) / 234 = 2,573 \cdot 10^{18} \text{ атомів.}$$

Записуємо закон радіоактивного розпаду та визначаємо кількість атомів, що залишається:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(0,693 t) / T_{1/2}} = 2,573 \cdot 10^{18} e^{-(0,693 \cdot 1) / 6,7} = 2,32 \cdot 10^{18}$$

Визначаємо кількість атомів, що розпадається

$$N_0 - N = 2,573 \cdot 10^{18} - 2,32 \cdot 10^{18} = 0,252 \cdot 10^{18} \text{ атомів.}$$

Відповідь: за 1 год. розпадеться $2,52 \cdot 10^{17}$ атомів протактінію-234.

Якщо відомі інші фактори, а знайти потрібно N_0 , t та $T_{1/2}$, то потрібно зробити перетворення:

$$N = N_0 e^{-(0,693 \cdot t) / T_{1/2}} \rightarrow N_0 = N e^{(0,693 \cdot t) / T_{1/2}}$$

$$N = N_0 e^{-(0,693 \cdot t) / T_{1/2}} \rightarrow \ln(N / N_0) = 0,693 \cdot t / T_{1/2} \rightarrow t = \ln(N / N_0) \cdot T_{1/2} / 0,693$$

$$N = N_0 e^{-(0,693 \cdot t) / T_{1/2}} \rightarrow \ln(N / N_0) = 0,693 \cdot t / T_{1/2} \rightarrow T_{1/2} = t \cdot 0,693 / \ln(N / N_0)$$

Слід також врахувати, що Беккерель – це кількість розпадів в 1 секунду.

Задачі

1. Як зміниться число ядер ізотопу $^{137}_{90}\text{Cs}$ за 1 рік, якщо $T_{1/2} = 30,17$ роки?

2. Який час потрібний для зменшення вмісту $^{137}_{90}\text{Cs}$ ($T_{1/2} = 30,17$ років) на 25 %?

3. Визначити імовірність розпаду протягом 1 хв. ядра атома з часом напіврозпаду 21,2 години. (Імовірність – це відношення атомів, що розклалися, до початкової їх кількості).

4. Визначити за який час активність радіонукліду тритію зменшиться у 10 разів, якщо період його напіврозпаду складає 12,34 роки.

5. Визначити час напіврозпаду елемента, якщо відомо, що за 15 годин його активність зменшилась на 15 %.

6. Визначити абсолютну радіоактивність зразка матеріалу, що містить 0,01 мг $^{14}_6\text{C}$. $T_{1/2} = 5730$ років.

7. Визначити масу радіоактивного ізотопу $^{209}_{82}\text{Pb}$ ($T_{1/2} = 3,22$ години), який міститься в зразку нерадіоактивного матеріалу, якщо абсолютна радіоактивність його становить $1,8 \cdot 10^6$ Бк.

8. У зразку нерадіоактивного матеріалу міститься 10^{17} атомів ізотопу радіоактивного елементу. Абсолютна радіоактивність цього зразка становить $7,14 \cdot 10^7$ Бк. Визначити період напіврозпаду цього радіоактивного елементу.

9. За який час кількість атомів ізотопу $^{220}_{86}\text{Rn}$ ($T_{1/2} = 3,82$ дня) зменшиться у 10 разів?

10. Який час потрібний для зменшення активності ізотопу $^{209}_{82}\text{Pb}$ ($T_{1/2} = 3,22$ години) у 1000 разів?

Література:

1. Константинов М. П., Журбенко О. А. Радіаційна безпека: навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 151 с.

2. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI.

ТЕМА 3. РАДІАЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА В УКРАЇНІ

1. Радіаційна небезпека в Україні

Що таке природна радіоактивність? Упродовж усього існування і населення і природне середовище піддаються впливу іонізуючого опромінення, обумовленого як природним, так і техногенно підсиленим радіаційним фоном.

Важливим чинником, що формує природний радіаційний фон, є космічне випромінювання. Його інтенсивність зростає з географічною широтою і висотою місцевості. Так, на висоті 6100 м воно в 10-20 разів вище, ніж на рівні моря. Космічні промені ультрафіолетового діапазону затримуються переважно шаром озону в стратосфері на висоті 21-29 км, порушення якого може призвести до зростання рівня ультрафіолетового опромінення на Землі. Значну частину **природної радіації створюють ізотопи урану, торію, продуктів їхнього розпаду і калію-40**, які містяться в ґрунті, гірських породах. Їхня концентрація залежить від типу гірської породи: **найбільш радіоактивні магматичні (граніти)**, менше – осадові породи (пісковики, вапняки). **Природна радіоактивність води й повітря зумовлена здебільшого вмістом радію і продукту його розпаду – газу радону.** Україна має високий рівень опромінення радоном – до 3,8 мЗв/рік. У зв'язку з цим проекти будівництва, особливо житлових будинків, лікарень, дитячих дошкільних закладів і шкіл, повинні передбачати проведення різноманітних протирадіаційних (головним чином – протирадонових) заходів.

Людство живе і розвивається в умовах постійного впливу природного радіаційного фону. **Середня сумарна індивідуальна ефективна доза його для жителів України становить 4,86 мЗв/рік.** Цей рівень близький до середнього світового значення. Проте, Україна має регіональні відмінності, пов'язані з наявністю природних аномалій. Це вихід на поверхню земної кори кристалічних порід з підвищеним вмістом радіоактивних елементів (Вінницька, Житомирська, Черкаська області), залягання близько від поверхні землі уранових родовищ (Дніпропетровська, Кіровоградська області), де рівень опромінення дещо вищий від середнього. Вважається, що дози опромінення, обумовлені природним радіаційним фоном, не завдають шкоди людині, оскільки протягом тривалого часу вона адаптувалася до нього. Як

свідчать багаторічні дослідження, жодних відхилень у стані й життєдіяльності рослин, тварин, людини у названих регіонах не виявлено. Тривалість життя, рівні вроджених вад, захворювання лейкозами, раком та іншими хворобами у місцевих жителів порівняно з тими, хто проживає на територіях з нижчим природним радіоактивним фоном, не відрізняються.

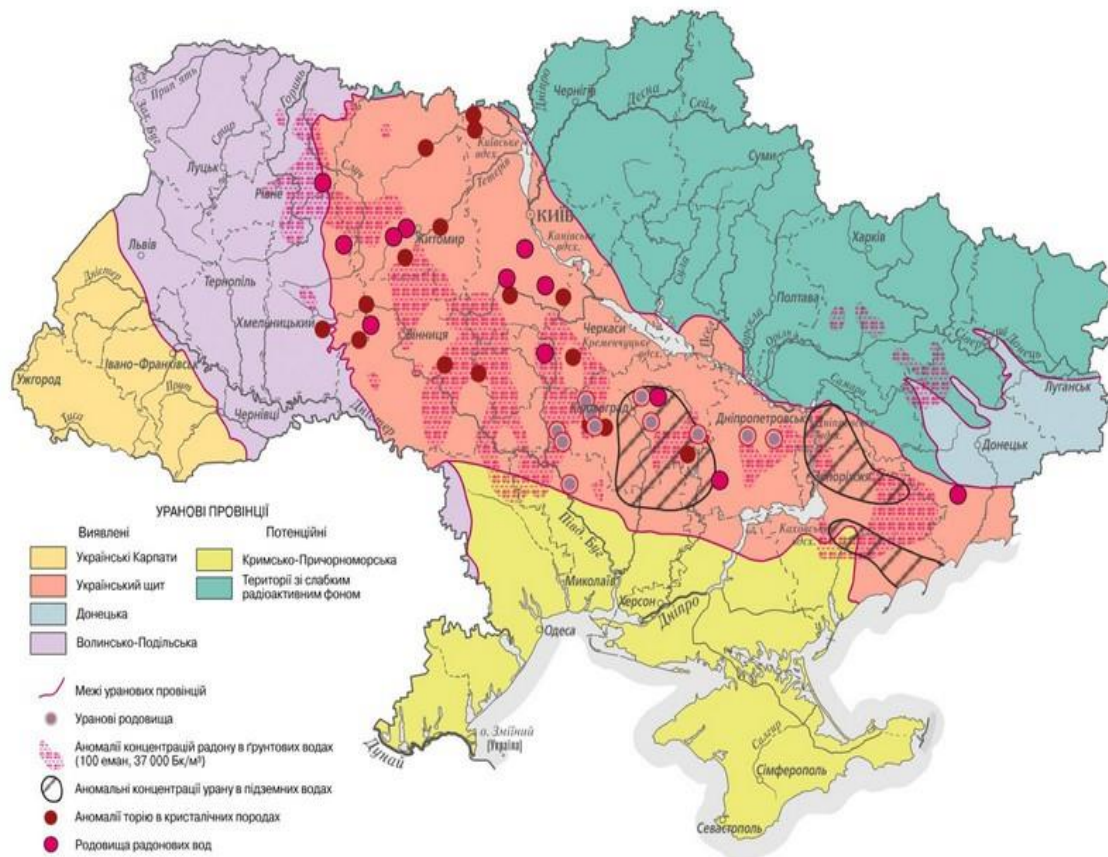


Рис. 3.1. Карта природної радіоактивності України

*Радіаційний фон та дози опромінення в Україні. Техногенно підсилений радіаційний фон в останні десятиліття має більш відчутний вплив на загальне радіаційне опромінення людини. Це стосується, зокрема, **опромінення від медичних рентгенологічних процедур, глобальних випадів внаслідок випробувань ядерної зброї та аварійного опромінення, обумовленого вибухом ядерного реактора на Чорнобильській АЕС.** Два останні беруть участь у формуванні радіоекологічної ситуації на території України, яка є епіцентром найбільшої за всю історію людства ядерної техногенної катастрофи, що сталася на 4-му блоці Чорнобильської АЕС.*

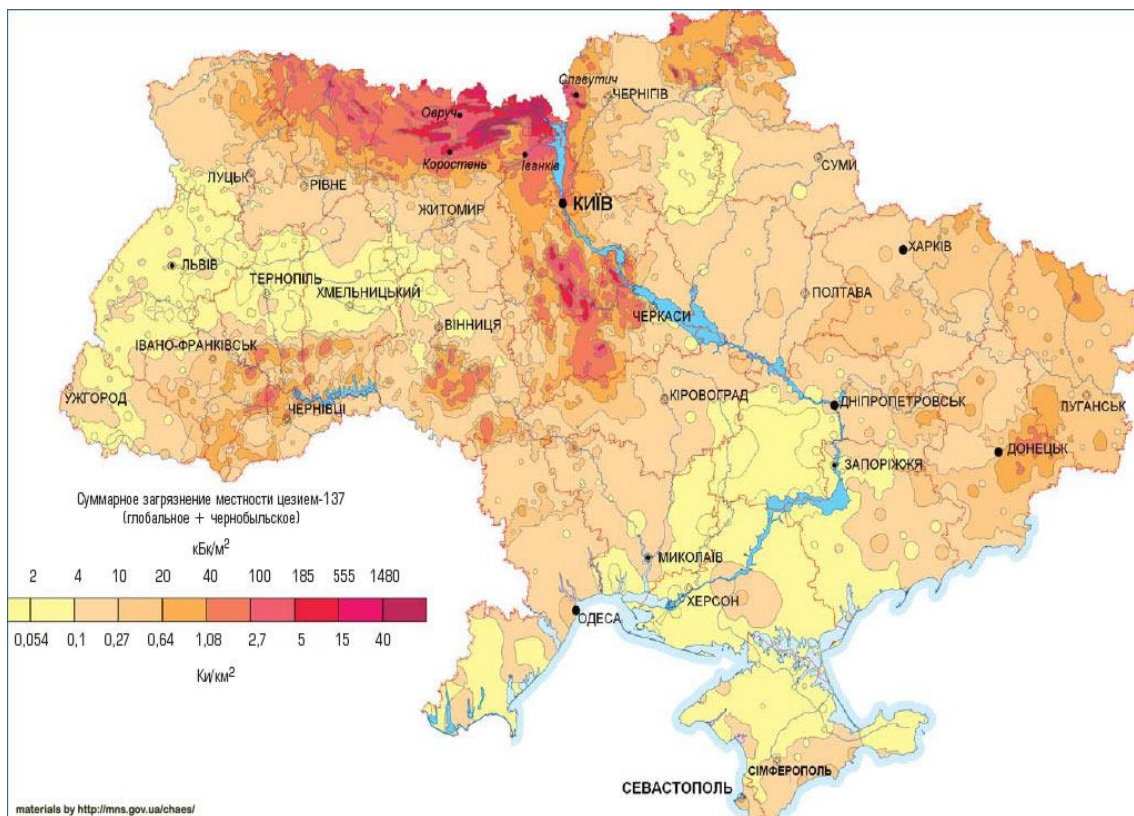


Рис. 3.2. Забруднення території України ¹³⁷Cs після аварії на ЧАЕС у 1986 році

Внаслідок викиду в атмосферу великої кількості радіонуклідів відбулося забруднення навколишнього середовища – повітря, ґрунтів, природних вод, рослинного і тваринного світу, зокрема стійке довготривале радіоактивне забруднення територій радіонуклідами цезію, стронцію і плутонію. Радіоактивного забруднення радіоізотопами цезію-137 із щільністю більше як 37 кБк/км² зазнало понад 43 тис. км² земель (близько 7 % території країни), у тому числі -1,1 млн. га лісів (до 12 % від їх загальної площі). **Забруднення охопило 73 райони 12 областей.** Згідно із національним законодавством, до радіоактивно забруднених віднесено 2293 населених пункти.

Територія, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, поділяється на: зону відчуження – територія, з якої проведено евакуацію населення у 1986 році; зону безумовного (обов'язкового) відселення; зону гарантованого добровільного відселення; зону посиленого радіоекологічного контролю, де існують різноманітні складні особливості формування доз

опромінення. Радіоактивного опромінення зазнала велика кількість людей, 3,4 млн з яких в Україні віднесені до постраждалих внаслідок катастрофи.

Згідно з оцінками різних фахівців, найвищі очікувані дози опромінення людей, які мешкають на найбільш забруднених територіях, (переважно на території зони безумовного відселення), що будуть *накопичені впродовж 70 років* (1986 – 2056 рр.), складатимуть *до 160 мЗв*. У період 1996-2056 рр. очікувані дози опромінення більшості населення, яке мешкає в районах зі щільністю забруднення 185-555 кБк/м², складуть близько 5-20 мЗв. Разом з тим, у місцевостях, де коефіцієнти переходу радіонуклідів із ґрунтів у рослинність особливо високі (головним чином на території зони гарантованого добровільного відселення), тільки внутрішнє опромінення людей за 70 років може перевищити 50 мЗв.

Для значної частини населення, яке проживає на радіоактивно забрудненій території, за весь післяаварійний період уже реалізовано близько 80-90 % дози за все життя (70 років проживання на забруднених територіях). Нині та впродовж наступних 10-20 років основним дозоутворюючим радіонуклідом залишатиметься цезій-137, який формує близько 90 % сумарної дози опромінення. У північних районах України 90-95% цієї дози складає внутрішнє опромінення, яке формується здебільшого за рахунок продуктів харчування.

У той же час аварійне опромінення спричинило збільшення випадків виникнення раку щитовидної залози більше, ніж у двох тисяч дітей і дорослих, які були дітьми на час аварії. Спостерігається залежність стану здоров'я людей від рівня опромінення – найгірший стан у ліквідаторів аварії.

За майже 20 років після катастрофи **внаслідок природних процесів і застосованих протирадіаційних заходів радіаційна обстановка на забрудненій території поліпшилася.** Проте, у зв'язку з великими періодами напіврозпаду, радіоактивні речовини зберігатимуться у навколишньому середовищі упродовж багатьох десятиліть. Тому ще кілька поколінь людей будуть піддаватися хронічному опроміненню іонізуючою радіацією у малих дозах.

Основними джерелами техногенно підвищеного радіаційного фону є також: вплив відходів атомної енергетики, добування і переробка уранових руд,

неконтрольоване використання мінеральної сировини та мінеральних добрив з підвищеним вмістом радіоактивних елементів, тощо. Ядерна енергія широко використовується в країні для отримання електричної енергії. **Україна має шахти для видобування радіоактивних руд і проводить їх збагачення для отримання ядерного палива. Проте, вона не має власного виробництва тепловиділяючих елементів**, підприємств для переробки відпрацьованого палива, сховищ для постійного зберігання цього палива та продуктів його переробки. Слід зазначити, що Україна має необхідні природні й інтелектуальні ресурси, щоб мати повний ядерний паливний цикл.

Проте, якщо питання **підвищення безпеки** ядерно-енергетичної галузі за рахунок власних ресурсів і міжнародної технічної допомоги ще **вирішуються, то протирадіаційний захист населення та навколишнього середовища** на територіях зон радіоактивного забруднення і в регіонах з техногенно підсиленим внаслідок виробничої діяльності фоном в останні роки зведено фактично нанівець.

Ускладненість радіоекологічної ситуації після аварії на ЧАЕС. Крім забруднення значної території країни радіоактивними викидами після Чорнобильської катастрофи **до найголовніших проблем, пов'язаних із ускладненням радіоекологічної ситуації, відносяться: накопичення на території країни великої кількості радіоактивних відходів (у міжобласних сховищах промислових радіоактивних відходів і тимчасових сховищах у межах 30-ти кілометрової зони Чорнобильської АЕС; відсутність оптимального вирішення питання поводження з відходами переробки та збагачення уранових руд, неконтрольоване використання будівельних матеріалів і мінеральної сировини, міндобрив з підвищеними рівнями радіоактивних елементів у житловому будівництві та сільському господарстві**, відповідно, та інші.

Невирішеність питань ліквідації наслідків аварії, у тому числі безпосередньо на ЧАЕС, недовіра економічних важелів у підтримці належних рівнів радіаційної безпеки на неядерних підприємствах, **недостатність фінансування протирадіаційних заходів, недосконалість ядерного законодавства в частині фінансового забезпечення національних програм поводження з радіоактивними відходами, відпрацьованим ядерним паливом, зняттям ядерних об'єктів з експлуатації посилюють негативне**

ставлення населення до радіації взагалі та атомної енергетики зокрема. В державі виникла нагальна потреба значних обсягів коштів та матеріальних ресурсів для приведення стану радіаційної безпеки і захисту персоналу, населення й навколишнього середовища у відповідність до вимог національного законодавства.

Трагедією в історії українського народу стала Чорнобильська, так звана тоді аварія, – найбільша екологічна катастрофа техногенного походження, яка стала вагомим компонентом глобальної екологічної кризи. **3-понад 2 тисяч населених пунктів, розташованих у радіаційно-забрудненій зоні, було переселено більше 200 тис. чоловік.** Практично Україна залишилась на самоті у вирішенні Чорнобильської проблеми. В той час вона отримала багато обіцянок допомоги, але більшість з них практично так і лишились невиконаними. На сьогодні склалася нова Чорнобильська загроза – загроза наслідків закриття ЧАЕС без необхідного фінансового забезпечення безпечного функціонування об'єктів і територій.

2. Критерії та об'єкти небезпеки у сфері використання ядерної енергії

Використання ядерної енергії – це сукупність видів діяльності, пов'язаних з використанням ядерних технологій, ядерних матеріалів, джерел іонізуючого випромінювання у науці, виробництві, медицині та інших галузях, а також з видобуванням уранових руд та поводженням з радіоактивними відходами.

Критеріями, за якими, відповідно до чинного законодавства України та вимог міжнародних Конвенцій, оцінюється ступінь ризику від провадження діяльності у сфері використання ядерної енергії, є:

- **тип ядерної установки;**
- **категорія ядерних матеріалів** згідно з Конвенцією про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок;
- **категорія радіоактивних відходів за критерієм питомої активності** (низько-, середньо-, високоактивні);
- **категорія закритих джерел іонізуючого випромінювання;**

-
- **діапазон енергії пристроїв** для генерування іонізуючого випромінювання;
 - **стан дотримання ліцензійних умов** провадження діяльності у сфері використання ядерної енергії;
 - результати періодичної переоцінки безпеки об'єкту державного нагляду.

До високого ступеня ризику належить діяльність, що стосується:

- **ядерних установок** на всіх етапах їх життєвого циклу;
- **використання ядерних матеріалів 1 та 2 категорії** згідно з Конвенцією про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок;
- **відпрацьованого ядерного палива** на всіх етапах поводження з ним та під час його перевезення;
- **радіонуклідних джерел іонізуючого випромінювання 1 та 2 категорії;**
- **високоактивних радіоактивних відходів** та об'єктів, призначених для поводження з такими відходами;
- **радіоактивних відходів, які утворилися внаслідок ядерної чи радіаційної аварій;**
- виробництва радіонуклідних джерел іонізуючого випромінювання будь-якої категорії;
- **наявності випадків порушення умов ліцензій, інших документів дозвільного характеру;**
- **фактів погіршення показників безпеки** об'єктів державного нагляду за результатами періодичної переоцінки їх безпеки.

Із 2638 ліцензованих суб'єктів діяльності у сфері використання ядерної енергії в Україні 165 належать до високого ступеню ризику, 352 – до середнього, 2012 – до низького ступеню радіаційної небезпеки.

До I та II категорій радіаційної небезпеки належать енергетичні та дослідницькі ядерні установки, наслідком радіаційних аварій на яких можуть бути ефекти в осіб з числа персоналу й населення, яке потребуватиме планування невідкладних захисних дій.

На чотирьох атомних електростанціях України в експлуатації знаходяться 15 енергоблоків з водно-водяними енергетичними реакторами (ВВЕР), експлуатуючою організацією яких є ДП НАЕК «Енергоатом». На ВП «Запорізька АЕС»

знаходиться в експлуатації сховище відпрацьованого ядерного палива «сухого типу».

На трьох енергоблоках Чорнобильської АЕС повністю видалено ядерне паливо, яке розміщено на тимчасове зберігання у сховищі «мокрого типу» СВЯП-1 ЧАЕС (Сховище відпрацьованого ядерного палива).

Безпека ядерних установок

Перелік радіаційно небезпечних об'єктів та розміри їхніх зон аварійного планування наведено у табл. 3.1.

Показники рівня безпеки АЕС

Відповідно до вимог Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» і положень Конвенції про ядерну безпеку, експлуатуюча організація забезпечує сталий та безпечний режим роботи АЕС. Перевірки Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) підтвердили безпеку експлуатації енергоблоків АЕС України, робіт, що ведуться на всіх енергоблоках України в рамках діючих програм з підвищення безпеки та продовження терміну експлуатації енергоблоків.

Таблиця 3.1. Характеристика об'єктів ядерно-паливного циклу України

| Назва об'єкту | Коротка характеристика | Категорія радіаційної безпеки | Площа ЗС, км ² | Кількість населених пунктів у ЗС | Кількість населення у ЗС, тис. осіб |
|----------------|---|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Запорізька АЕС | К-сть енергоблоків – 6 Тип реактора – ВВЕР-1000 Потужність – 6000 МВт | I | 2826 | 57 | 330,8 |

Продовження таблиці 3.1.

| | | | | | |
|-------------------------|---|----|---|-----|-------|
| Рівненська АЕС | К-сть енергоблоків – 4 Тип реактора – ВВЕР-440 (1 та 2), ВВЕР-1000 (3 та 4) Потужність – 2880 МВт | I | 2826 | 109 | 138,7 |
| Хмельницька АЕС | К-сть енергоблоків – 2 Тип реактора – ВВЕР-1000 Потужність – 2000 МВт | I | 2826 | 202 | 195,8 |
| Південно-українська АЕС | К-сть енергоблоків – 3 Тип реактора – ВВЕР-1000 Потужність – 3000 МВт | I | 2826 | 106 | 154,9 |
| ВВР-М | Ядерний водно-водяний реактор НАН України, м. Київ Тип – ТВЗ-ВВЗ-М2 Потужність 10 МВт | II | ЗС з радіусом 5 км на території Голосіївського та Печерського районів Києва | | |

Продовження таблиці 3.1.

| | | | | | |
|---------------------------------|--|------------|--|-----------|---|
| <p>Чорнобильська АЕС-СВЯП-1</p> | <p>Сховище для прийому та проміжного зберігання ВТВЗ, що знаходять з реакторних відділень енергоблоків після попередньої витримки</p> | <p>III</p> | <p>2044 ЗВ поділяється на радіаційно-режимні зони: I – 10 км; II – буферна зона, від 10 км до межі ЗВ крім м. Чорнобиль III – місце проживання вахтового персоналу</p> | <p>11</p> | <p>Постійне проживання населення в межах 30 км зони навколо ЧАЕС заборонено</p> |
| <p>Чорнобильська АЕС-СВЯП-2</p> | <p>Підготовка до зберігання відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ВТВЗ) та відпрацьованих додаткових поглиначів, які накопичені на ЧАЕС</p> | <p>III</p> | <p>2044</p> | <p>11</p> | |

Заходи із забезпечення радіаційної безпеки на атомних станціях проводились у 2019 році відповідно до Комплексної програми підвищення рівня безпеки енергоблоків АЕС шляхом:

- погодження щорічних планів виконання зведених заходів;
- контролю термінів виконання Комплексної програми;

-
- контролю обсягів запланованих до виконання заходів програми перед виведенням енергоблоків АЕС у плановий ремонт;
 - контролю виконання запланованих заходів перед пуском енергоблоків АЕС України після ремонту з перевантаженням активної зони;
 - контролю фактичних обсягів та рівня якості виконання заходів.

Кабінетом Міністрів України затверджено постанову від 30 вересня 2015 року № 776 «Про внесення змін до Комплексної програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій», яка передбачає продовження терміну дії програми до 2020 року.

Метою Комплексної програми є:

- подальше підвищення рівня безпеки експлуатації енергоблоків АЕС;
- зменшення ризиків виникнення аварій на АЕС під час стихійного лиха або інших екстремальних ситуацій;
- підвищення ефективності управління проектними і позапроектними аваріями на АЕС, мінімізація їх наслідків.

Більшість діючих енергоблоків АЕС України були введені в експлуатацію у 80-х роках ХХ сторіччя, тому в найближчі роки мають бути здійснені заходи з переоцінки їх безпеки з метою продовження строку їх експлуатації відповідно до рішень Уряду України.

У період з 2015 до 2020 року закінчуються проектні терміни експлуатації 8 енергоблоків АЕС України, при цьому необхідно буде приймати рішення щодо можливості продовження експлуатації.

Відповідно до чинного законодавства, рішення про можливість продовження терміну експлуатації енергоблоку АЕС приймається Держатомрегулюванням на основі висновку державної експертизи з ядерної та радіаційної безпеки, шляхом внесення змін у ліцензію на його експлуатацію. Експлуатація в понадпроектний строк може бути дозволена тільки за умови, якщо рівень безпеки енергоблоку АЕС не нижчий, ніж встановлений чинними нормами і правилами з ядерної та радіаційної безпеки.

Зазначений підхід відповідає рекомендаціям МАГАТЕ та кращій світовій практиці, а також дозволяє всебічно оцінити поточний рівень безпеки енергоблоку і прийняти зважене

рішення щодо можливості та умов подальшої експлуатації енергоблоку.

Для енергоблоків, терміни експлуатації яких закінчуються, ДП «Енергоатом» обрав «варіант» продовження терміну експлуатації, а саме: «зупинка енергоблоку після завершення проектного строку експлуатації, здійснення організаційно-технічних заходів для продовження експлуатації та поновлення експлуатації».

Для зазначених енергоблоків виконуються заходи з підвищення безпеки, кваліфікації обладнання, тривають роботи з оцінки технічного стану, тощо. Звітні документи надаються до Держатомрегулювання для розгляду та проведення державної експертизи ЯРБ.

На деяких атомних станціях зовнішні захисні корпуси також є додатковими бар'єрами.

Унаслідок послаблення іонізуючих випромінювань бар'єрами безпеки опромінення населення, яке проживає неподалік від АЕС з реакторами типу ВВЕР, при їх безаварійній роботі показник не перевищує 2 мЗв (0,2 бера) на рік – не вищий за нормальний фон.

3. Безпека поводження з ДІВ

В Україні 3903 суб'єкти господарювання здійснюють діяльність з використання джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ), що підлягає регулюючому контролю, з них:

- 2617 мають ліцензії на провадження діяльності з використання ДІВ;
- 1266 звільняються від ліцензування, підлягають лише державній реєстрації у Державному реєстрі;
- 20 мають ліцензії на виробництво ДІВ (генеруючих пристроїв медичного й промислового призначення та блоків, що комплектуються радіонуклідними).

Відповідно до критеріїв, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 16.11.2011 №1174, від ліцензування звільнені:

- освітні заклади;
- медичні установи (рентген кабінети, стоматологія, флюорографія);

- підприємства, що використовують ДІВ для калібрування (метрологічні центри);

- авіа та поштові підприємства, митниці, що використовують ДІВ для огляду багажу;

- наукові та промислові підприємства з електронними мікроскопами та приладами рентгеноструктурного аналізу, тощо.

У той же час **установи з високою потенційною небезпекою: онкологічні центри, наукові установи з лінійними прискорювачами, підприємства, що використовують потужні ДІВ, наприклад, дефектоскопи на АЕС, будівництві, металургії та науці, залишаються під державним регулюванням.**

Ліцензування діяльності з використання ДІВ здійснюється виключно з метою забезпечення ядерної та радіаційної безпеки, за умови забезпечення необхідного рівня ядерної та радіаційної безпеки.

Як згадувалося вище, в Україні використовується 23565 ДІВ, з них 8736 радіонуклідних джерел та 14829 генеруючих пристроїв.



Рисунок 3.3. Радіоізотопні прилади технологічного контролю



Рисунок 3.4. Генератори випромінювання

Враховуючи те, що в Україні радіонуклідні джерела використовуються в різних галузях народного господарства (промисловість, медицина, наукові дослідження, навчання, тощо), надзвичайно важливо, щоб їх використання було безпечним і відповідало національним та міжнародно-визнаним вимогам. Для цього Україна однією з перших країн світу приєдналася до виконання положень «Кодексу поведінки щодо забезпечення безпеки та збереженості радіоактивних джерел» (МАГАТЕ, 2003 рік), що стало основою для формування державної політики з безпеки і збереженості ДІВ. Кодекс і додані до нього Керівні матеріали з експорту та імпорту радіоактивних джерел є важливими інструментами забезпечення міжнародного режиму безпеки та збереженості радіонуклідних джерел.

Принципами Кодексу є:

- досягнення та підтримка високого рівня безпеки джерел протягом їх життєвого циклу;***
- запобігання несанкціонованого доступу до радіоактивних джерел;***
- зведення до мінімуму радіологічних наслідків будь-якої аварії або злочинних актів, пов'язаних з радіоактивними джерелами;***
- підвищення рівня безпеки.***

В Україні відповідальність за координацію заходів щодо створення, функціонування та розвитку цієї системи покладено на Державну інспекцію ядерного регулювання України.

МАГАТЕ за участю Держатомрегулювання розроблено Керівні матеріали до Кодексу з питань поводження з відпрацьованими радіоактивними джерелами. У положеннях Керівних матеріалів враховано досвід та практику України з регулювання безпеки поводження з відпрацьованими ДІВ у кінці їх життєвого циклу та вимоги законодавства у цій сфері. Основними шляхами поводження з відпрацьованими ДІВ визначено такі, як: повернення виробнику, повторне використання та переробка, тимчасове зберігання на об'єктах використання та довготривале зберігання з подальшим захороненням на спеціалізованих підприємствах по поводженню з РР, тощо.

У рамках Обміну інформацією з Базою даних МАГАТЕ щодо інцидентів та незаконного обігу ядерних та інших радіоактивних

матеріалів направлено інформацію про 33 випадки виявлення в Україні у незаконному обігу радіоактивних матеріалів. Інформація про ці випадки протягом року розміщувалася на веб-сайті Держатомрегулювання. Виявлені небезпечні прилади були перевезені на державні спеціалізовані підприємства ДК «УкрДО «Радон» для подальшого зберігання.

Так, у квітні 2016 року в с. Василівка Сумської області неподалік залізничної колії був виявлений контейнер округлої форми з попереджувальними написами про радіаційну небезпеку. Було встановлено, що металевий предмет є захисним контейнером, що містить збіднений уран для зарядження та перезарядження шлангових гамма-дефектоскопів типу «Гаммарид».



Рисунок 3.5. Захисний контейнер «Гаммарид» 170/400, с. Василівка, Сумська обл.

Також у квітні 2016 року в лісосмузі м. Кривий Ріг Дніпропетровської області був знайдений ще один гамма-дефектоскоп «Гаммарид» 170/400.

У травні 2016 року в господарчій будівлі Хмельницької спеціалізованої ЗОШ I-III ступенів № 1 виявлено підозрілий предмет з ознаками радіоактивного матеріалу.



Рисунок 3.6. Пластмасова ампула з ознаками радіоактивного матеріалу

У вересні 2016 року в м. Харків на території колишнього військового містечка виявлено контрольне джерело типу Б-8, що використовується для перевірки працездатності й стабільності роботи радіометричної апаратури, потужність еквівалентної дози якого перевищувала встановлені норми.



Рисунок 3.7. Контрольне джерело Б-8

У вересні 2016 року з вагону з металобрухтом на ПрАТ «ММК імені Ілліча» було вилучено технологічний контейнер типу Е, укомплектований закритим радіонуклідним ДІВ.



Рис. 3.8. Технологічний контейнер типу Е, укомплектований закритим радіонуклідним ДІВ

Дирекцією оброблення та перевезення пошти м. Києва «Укрпошта» були вилучені поштові відправлення, потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання яких перевищувала контрольні рівні, затверджені Головним державним санітарним лікарем м. Києва.

29 жовтня 2019 року ДСНС повідомила, що в Києві в одній з будівель Центральної геофізичної обсерваторії зафіксували підвищений рівень радіації. Надмірний фон був зафіксований лише всередині приміщення, зовні радіаційний рівень був у нормі.

Рівень випромінювання в приміщенні, де виявлено джерело, становив 500 – 600 мкЗв/годину, у сусідній з цим приміщенням кімнаті – 100-170 мкЗв/годину, **при нормі 0,50 мкЗв/годину.**

4. Рівень радіаційної небезпеки у різних регіонах України

Рівні радіаційного ризику на території України наведені на рис. 3.9

У Донецькому економічному районі радіаційна небезпека обумовлена, здебільшого, як наявністю територій, забруднених радіонуклідами, так і діяльністю Донецького спецкомбінату «Радон». У Донецькій області виявлені території площею 410 км² з щільністю радіоактивного забруднення за ¹³⁷Cs до 2,2 Кі/км². В зоні забруднення опинились міста Донецьк, Артемівськ, Дебальцеве, Єнакієве, Сніжне, Шахтарське та ще 143 населених пункти.

У Карпатському економічному районі радіаційна небезпека для населення існує в Івано-Франківській, Львівській і Чернівецькій областях. Наприклад, в Івано-Франківській області є радіоактивно забруднені землі загальною площею 606 км² (4 зона), на яких розташовано 35 сільських населених пунктів. В Чернівецькій області площа радіоактивно забруднених земель становить 514 км², з них 14 км² відноситься до зони гарантованого (добровільного) відселення населення та 500 км² – до зони посиленого радіоекологічного контролю, на яких розташовано 31 населений пункт. Крім того, в регіоні існує й потенційна радіаційна небезпека, що ініціюється 2 атомними електростанціями та Львівським спецкомбінатом "Радон".

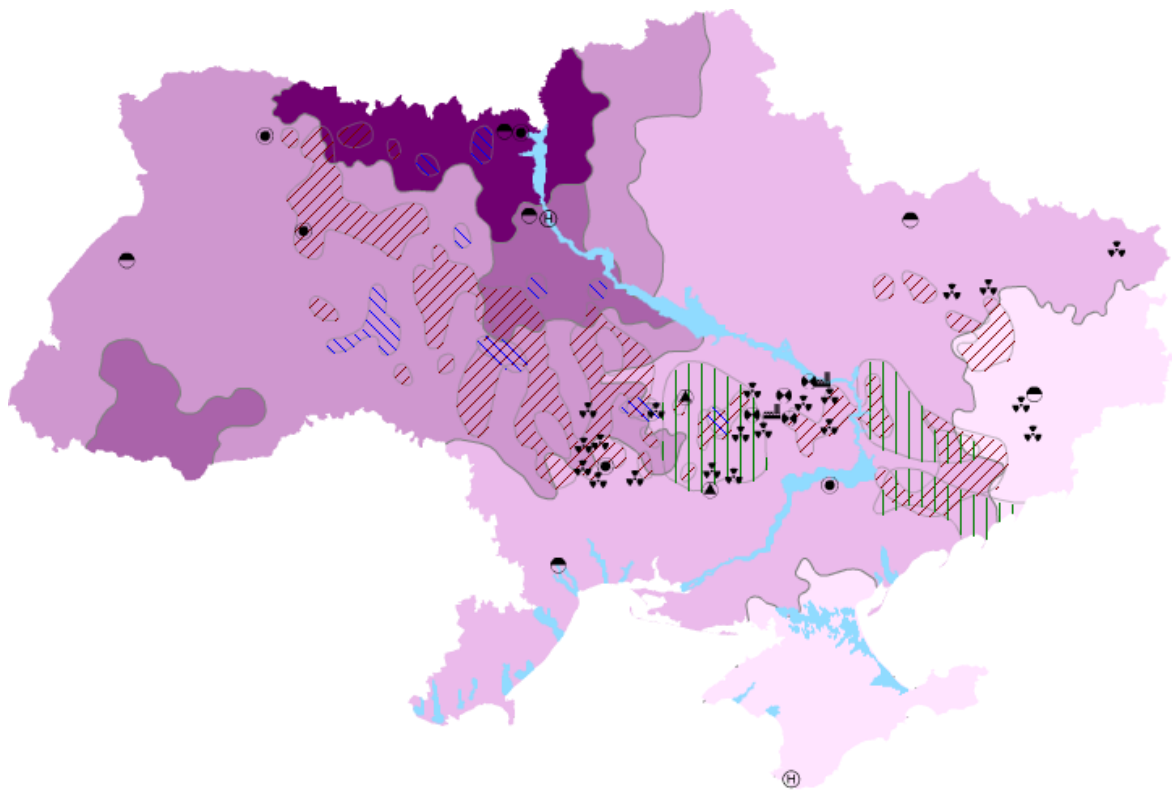
У Південному економічному районі є 4 основних джерела радіаційної небезпеки для населення: 2 об'єкти НВО "Схід ГЗК", Одеський міжобласний спецкомбінат "Радон", Південноукраїнська АЕС. Також потенційну небезпеку становить і Запорізька АЕС, що розміщена поза межами регіону. В Миколаївській області розміщено Новокостянтинівське родовище уранової руди, на якому видобувають руду підземним способом і яке є джерелом природного розповсюдження радіонуклідів у навколишньому середовищі.

У Подільському економічному районі основними джерелами радіаційної небезпеки для населення є радіоактивно забруднені території та діючі атомні електростанції України. Загальна площа радіоактивно забруднених земель в регіоні становить 2657 км², на яких розташовано 135 населених пунктів. Так, у Вінницькій області






38 км² земель відноситься до III та 1944 км² до IV зон радіоактивно забруднених територій.

Значну потенційну радіаційну небезпеку для населення регіону становлять атомна електростанція, що розміщена в даному регіоні (Хмельницька АЕС).

У Поліському економічному районі основними джерелами радіаційної небезпеки для населення є території, що забруднені радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи, Рівненська АЕС та 3 АЕС, що розміщені поза межами району.



Імовірнісна оцінка антропоєкологічного ризику за сумарною щільністю радіаційної забрудненості території (умовні одиниці)

- | | |
|---|--|
|  практично відсутній (від $1 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-5}$) |  незначний (від $5,1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$) |
|  мінімальний (від $5,1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$) |  підвищений (від $1,1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$) |
|  допустимий (від $1,1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$) | |

Радіаційно-небезпечні об'єкти








- | | |
|---|--|
|  уранові родовища |  гідрометалургійні заводи |
|  хвостосховища |  відвали пустих порід |
|  науково-дослідні реактори |  атомні електростанції |
|  пункти захоронення радіоактивних відходів | |

Рисунок 3.9. Рівні радіаційного ризику на території України

У Придніпровському економічному районі основними джерелами радіаційної небезпеки для населення є радіоактивно забруднені території, що розташовані в Дніпропетровській і Кіровоградській областях, Дніпровський міжобласний спецкомбінат "Радон", Запорізька та Південноукраїнська АЕС, що розміщені поза межами регіону.

Територій, забруднених радіонуклідами чорнобильського походження немає, але багаторічна діяльність підприємств атомної промисловості України в Дніпропетровській області спричинила забруднення великих територій і, в тому числі, м. Жовті Води радіонуклідами природного походження. В Дніпропетровській і Кіровоградській областях розвинута початкова стадія ядерного паливного циклу України – видобування та переробка природного урану на базі підприємств НВО "Схід ГЗК". Тут є шахти Жовтоводського (Дніпропетровська обл.), Інгулецького, Кіровоградського та Смолінського (Кіровоградська обл.) родовищ, на яких відбувається видобування урану підземним способом.

Під впливом екзогенних процесів не виключена можливість забруднення ґрунтів, рослинного та тваринного світу цієї території. Два підприємства, що входять до складу НВО "Схід ГЗК" – гідрометалургійний комбінат (м. Жовті Води) та "Придніпровський хімічний завод" (м. Дніпродзержинськ), здійснюють переробку уранової руди в урановий концентрат (закис-окис урану). Радіоактивні відходи гідрометалургійного комбінату об'ємом 22,5 млн м³ і сумарною радіоактивністю 44 тис. Кі накопичені на площі 256 га в хвостосховищах балки (Кіровоградська обл.). А радіоактивні відходи «Придніпровського хімічного заводу» об'ємом понад 43 млн т і сумарною радіоактивністю 75 тис. Кі накопичені на загальній площі 256 га в хвостосховищі.

Перевірки радіаційної безпеки на цьому підприємстві свідчать про її незадовільний стан, оскільки потужність експозиційної дози γ -випромінювання на 70 % території промайданчика становить понад 30 мкР/год, а в повітрі 38 споруд існує підвищена концентрація радону (понад 200 Бк/м³).

На Дніпровському міжобласному спецкомбінаті "Радон" зберігаються радіоактивні відходи середньої активності та джерела іонізуючого випромінювання, що завозяться з підприємств навколишніх областей. Заповнення сховищ на

комбінаті становить понад 80 % його проектної потужності. Випадків радіоактивного забруднення території, що прилягає до сховищ, не зафіксовано.

Потенційна радіаційна небезпека для населення регіону створюється, перш за все, Запорізькою та Південноукраїнською АЕС. **У Східному економічному районі існує 3 основних джерела радіаційної небезпеки для населення: радіоактивно забруднені території, Харківський спецкомбінат "Радон", атомні електростанції,** що знаходяться поза межами регіону та становлять потенційну радіаційну небезпеку

У Центральному економічному районі основними джерелами радіаційної небезпеки для населення є: радіоактивно небезпечні та забруднені території, об'єкт "Укриття", Київський спецкомбінат "Радон", Чорнобильська АЕС. Також потенційну радіаційну небезпеку для населення може ініціювати Південноукраїнська АЕС, що розташована за межами даного регіону.

Внаслідок Чорнобильської катастрофи в межах регіону існують великі території, що забруднені радіонуклідами площею 12920 км², з яких в зоні відчуження знаходиться 417 км² (Київська обл.), в зоні безумовного (обов'язкового) відселення населення – 546 км² (Київська обл.), в зоні гарантованого (добровільного) відселення населення – 1029 км² (з них, у Київській обл. – 957 км² і в Черкаській – 72 км²) та в зоні посиленого радіоекологічного контролю – 10928 км² (з них у Київській обл. – 7695 км² і в Черкаській обл. – 3233 км²).

На цих землях розташовано 456 населених пункти, серед яких 341 – у Київській області і 119 – у Черкаській області.

Завдання для самоперевірки.

1. Який стан радіаційної небезпеки в Україні?
2. Що таке природна радіоактивність?
3. Який рівень радіаційного фону в Україні?
4. Радіаційний фон та дози опромінення в Україні.
5. Що таке використання ядерної енергії як вид діяльності?
6. Критерії оцінки ступеню ризику від провадження діяльності у сфері використання ядерної енергії.
7. Що відноситься до високого ступеня ризику?
8. Що відноситься до I та II категорій радіаційної небезпеки?
9. АЕС в Україні.

-
10. Показники рівня безпеки АЕС.
 11. Комплексна програма підвищення рівня безпеки енергоблоків АЕС, її мета?
 12. Безпека поводження з ДІВ.
 13. Ліцензування діяльності з використання ДІВ.
 14. Кодекс поведінки щодо забезпечення безпеки та збереженості радіоактивних джерел МАГАТЕ.
 15. З чим пов'язана ускладненість радіоекологічної ситуації після аварії на ЧАЕС?
 16. Який рівень радіаційної небезпеки у різних регіонах України?

Література:

1. Зеркалов Д. В. *Екологічна безпека і управління, моніторинг, контроль: Посібник*, К.: КНТ, Дакар, Основа, 2007. – 412 с.
2. Стеблюк М. І. *Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник*. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
3. *Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека.* / За загальною редакцією В. В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007.– 636 с.

ТЕМА 4. КЛАСИФІКАЦІЯ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ ТА НЕБЕЗПЕК

1. Класифікація радіаційних аварій

Радіаційні аварії – це аварії з викидом радіоактивних речовин (радіонуклідів) або іонізуючих випромінювань за межі, непередбачені проектом для нормальної експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів, в кількостях, більших за установлені межі їх безпечної експлуатації.

Розглянемо причини виникнення радіаційних аварій.

Основними причинами аварій на АС можуть бути:

- *втрата теплоносія внаслідок розриву трубопроводу відповідного контуру;*
- *пошкодження тепловиділяючих елементів через швидке підвищення потужності реактора;*
- *механічні пошкодження (внаслідок вибуху) систем водопостачання;*
- *розрив трубопроводу контуру робочого тіла.*

Найбільш небезпечною, як для обслуговуючого персоналу, так і для населення, що мешкає поблизу АС, є аварія зі зруйнуванням активної зони, яка супроводжується масовим викидом радіоактивних речовин у зовнішнє середовище.

Під час переробки ядерного палива на радіохімічних заводах та підприємствах з переробки й захоронення радіоактивних відходів причиною радіоактивного забруднення можуть бути аварії, які пов'язані з порушенням технологічного процесу.

Радіоактивне забруднення при цьому може характеризуватися високоактивними продуктами поділу (основними з яких є ^{90}Sr та ^{137}Cs) або альфа-активними ізотопами урану та плутонію з незначним внеском продуктів поділу.

Під час захоронення радіоактивних відходів радіоактивне забруднення території може виникнути при руйнуванні технологічних установок або сховищ з цими відходами. Радіонуклідний склад радіоактивного забруднення при руйнуванні залежить тільки від наявних в цьому сховищі радіонуклідів.

Під час експлуатації устаткування зустрічаються такі причини аварій:

1. *У радіонуклідних контрольно-вимірювальних приладах – порушення герметичності джерела внаслідок механічного*

або термічного впливу (удар, падіння, вібрація, перегрів, дефекти збірки апаратури, тощо).

2. У радіонуклідних дефектоскопах – несправність механізмів фіксації або переміщення джерела, порушення правил експлуатації, втрата або викрадення джерела або дефектоскопа (найбільш часто аварії трапляються з переносними дефектоскопами).

3. В приладах радіаційного каротажу – залишення джерела в свердловині внаслідок заклинювання апарату, викрадення або втрата джерела.

4. У радіонуклідних опромінювачах – порушення роботи систем сигналізації й блокування або переміщення джерела.

5. Під час роботи з радіонуклідами у відкритому вигляді – порушення герметичності посудини для зберігання препаратів, розсипання, розлив, викрадення або втрата препаратів.

6. Порушення правил транспортування радіоактивних речовин, матеріалів і радіоактивних відходів, а також матеріалів, що містять природні джерела іонізуючого випромінювання.

7. Порушення правил збору та обігу металобрухту.

8. Розплавлення джерела під час переплавки металобрухту.

9. Виявлення невідомого джерела.

Залежно від меж розповсюдження радіоактивних речовин та масштабів радіаційних наслідків радіаційні аварії на радіаційно небезпечних об'єктах поділяються на кілька видів: промислові, комунальні, локальні, регіональні, глобальні та транскордонні.

Аварія промислова – це така радіаційна аварія, наслідки якої не поширюються за межі території виробничих приміщень і проммайданчика об'єкту, аварійного опромінювання при цьому зазнає лише персонал.

Аварія комунальна – це така радіаційна аварія, наслідки якої не обмежуються приміщеннями об'єкту і його проммайданчиком, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення, яке може реально або потенційно зазнавати опромінювання.

Аварія локальна – це комунальна радіаційна аварія, якщо в зоні аварії проживає населення загальною кількістю **до десяти тисяч чоловік**.

Аварія регіональна – це така комунальна радіаційна аварія, при якій у зоні аварії опиняються території кількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей із загальною кількістю населення **понад десять тисяч чоловік**.

Аварія глобальна – це комунальна радіаційна аварія, під вплив якої підпадає значна частина (або вся) територія країни та її населення.

Аварія транскордонна – це така глобальна радіаційна аварія, коли зона аварії поширюється за межі державних кордонів країни, в якій вона відбулася.

На практиці можуть виникати випадки невеликих проливів, розсипань технологічних середовищ та відходів, що призводять до незначного радіоактивного забруднення приміщень, території, спецодягу персоналу. Ці випадки, якщо вони не призвели до опромінення персоналу та викиду радіоактивних речовин до зовнішнього середовища, *відносяться до радіаційних інцидентів*.

Ще на етапі проектування РНО, передбачаючи початкову подію, яка здатна призвести до порушення його нормальної експлуатації, виділяють два типи аварій (проектну та позапроектну), для яких планують різні технічні та організаційні заходи.

Проектна аварія – аварія, для якої проектом визначені **початкові події і кінцеві стани та передбачені системи безпеки**, що забезпечують, з урахуванням принципу одиничної відмови системи (каналу системи) безпеки або однієї, не залежної від початкової події, помилки персоналу, обмеження її наслідків встановленими для таких аварій межами.

Позапроектна аварія – аварія, викликана **початковими подіями, що не враховуються для проектних аварій**, або така, що супроводжується додатковими, порівняно з проектними аваріями, відмовами систем безпеки понад одиничну відмову або реалізацією помилкових рішень персоналу.

Для цього типу аварій не передбачаються технічні заходи для забезпечення радіаційної безпеки персоналу і населення, а тільки плануються організаційно-технічні заходи. Позапроектна аварія супроводжується переважно частковим або повним розплавленням активної зони реактора.

Міжнародна шкала оцінки ядерних подій на АЕС

| Рівень за шкалою INES | Критерії оцінки безпеки для населення та довкілля | Приклади подій |
|---|--|---|
| Рівень 7. Велика аварія | Сильний викид: важкі наслідки для здоров'я населення і для довкілля | Аварія на Чорнобильській АЕС, 1986; Аварія на Фукусімській АЕС, Японія, 2011 |
| Рівень 6. Серйозна аварія | Значний викид: потрібне повномасштабне застосування планових заходів з відновлення | Аварія на ВО «Маяк», СРСР, 1957 |
| Рівень 5. Аварія з ризиком для довкілля | Обмежений викид: потрібне часткове застосування планових заходів з відновлення | Аварія на АЕС Трі-Майл-Айленд, США, 1979 |
| Рівень 4. Аварія без значного ризику для довкілля | Мінімальний викид: опромінення населення в допустимих межах | Аварія на ядерному об'єкті Токаїмура, Японія, 1999 |
| Рівень 3. Серйозний інцидент | Мізерно малий викид: опромінення населення нижче допустимої межі | Пожежа на АЕС Вандельос, Іспанія, 1989 |
| Рівень 2. Інцидент | | |
| Рівень 1. Аномальна ситуація | | |
| Рівень 0. Подія з відхиленням нижче шкали | | |

Висновок з 1 питання: 3 перерахованих вище ядерно небезпечних об'єктів найнебезпечнішим джерелом потенційної радіаційної небезпеки для персоналу, населення і оточуючого

середовища є працюючі ядерні реактори. Це обумовлено накопиченням (чим потужніший реактор, тим більша кількість продуктів поділу накопичується в ньому за однаковий період роботи; їх сумарна активність залежить також від часу роботи реактора в період між його зупинками на чергову (планову) профілактику) і можливим викидом продуктів поділу ядерного палива вказаних об'єктів.

2. Фази розвитку радіаційних аварій

Під час аварії на атомних станціях за межами санітарно-захисної зони АС може мати місце лише один уражаючий чинник – радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Воно буде мати певні особливості, на відміну від випадку ядерного вибуху, які необхідно враховувати, визначаючи способи та засоби захисту людей від радіоактивних продуктів викиду під час аварії на об'єктах ядерної енергетики.

Радіоактивне забруднення – наявність або розповсюдження радіоактивних речовин понад їх природний вміст у навколишньому середовищі та/чи в тілі людини. Для всієї території України характерний природний радіоактивний фон, величина якого складає 10-20 мкР/год.

Під час аварії з руйнуванням ядерних реакторів не виключаються викиди радіонуклідів у навколишнє природне середовище і забруднення місцевості на території АЕС та за межами санітарно-захисної зони.

Санітарно-захисна зона – (СЗЗ) – територія навколо РНО, де рівень опромінення людей в умовах нормальної експлуатації об'єкта може перевищити допустимі норми доз. У СЗЗ забороняється проживання населення, обмежується виробнича діяльність, що не відноситься до РНО. Розміри СЗЗ повинні бути не менш як 3000 м.

Основний вклад в загальну активність радіоактивного забруднення місцевості у разі аварії на ядерному реакторі визначається ядерним паливом (джерело α -, β -, γ - опромінення) та радіоактивними продуктами ядерного поділу, що є сумішшю радіонуклідів (близько 600), основна частина яких – це β - та γ - випромінювачі.

Продукти поділу при аварії на ядерному реакторі збагачені, в більшості випадків, довгоживучими радіонуклідами.

Стронцій-90, цезій-137, рубідій-10, криптон-8, сурма-125 та інші мають напіврозпаду від одного до кількох років. Радіоізотопи цезій-135, рубідій-87, самарій-147, неодим-144 характеризуються надзвичайно повільним розпадом, який триває тисячі років.

Найбільшу небезпеку для населення при тривалому перебуванні на забрудненій території складає доза, що отримана за рахунок зовнішнього опромінення та інгаляційного й перорального надходження радіонуклідів з продуктами харчування.

Доза опромінення від радіоактивного сліду (джерела тривалої дії) формується у ранню фазу аварії переважно радіоізотопами: цирконію (Zr), ніобію (Nb), рутенію (Ru), церію (Ce), йоду (I), цезію (Cs), стронцію (Sr) та плутонію (Pu) за рахунок зовнішнього та внутрішнього опромінення.

Період ранньої фази тривалістю від декількох годин до 1-2 місяців після початку аварії має наступні особливості:

- **присутність у навколишньому природному середовищі короткоживучих радіонуклідів**, включаючи радіоактивні благородні газу, які обумовлюють високі інтенсивності й градієнти гамма-полів, Більшість радіоізоотопів належить до короткоживучих – йод-131, ксенон-133, лантан-140, церій-141 та ін. з періодом напіврозпаду до кількох днів.

- **при значних викидах радіоізоотопів йоду в ранній фазі аварії виділяється так званий йодний період**, протягом якого існує серйозна загроза надходження в організм людини цих радіонуклідів інгаляційно і з продуктами харчування і, як наслідок, опромінення щитовидної залози осіб з населення, особливо дітей;

- **поверхнєве забруднення пасовищ, сінокосів**, а також сільськогосподарської продукції.

З часом, через природний розпад більшості викинутих із реактора радіонуклідів, **визначальну негативну роль як у зовнішньому, так і внутрішньому додатковому опроміненні населення відіграє ^{137}Cs (цезій)**. Значно менший внесок у опромінювання населення обумовлений наявністю в доквіллі ^{90}Sr (стронцію). За певних умов може збільшуватися вплив трансуранових елементів, у першу чергу – на території зони

відчуження, зокрема – під час робіт, пов'язаних із значним пилоутворенням, або коли виникають пожежі у забруднених лісових масивах.

На середній фазі після аварії радіаційний стан на території навколо реактора та ступінь радіаційної небезпеки для населення обумовлюються:

- кількістю та радіонуклідним складом викиду;
- відстанню від джерела аварійного викиду до населених пунктів;
- метеорологічними, гідрологічними та ґрунтовими характеристиками території;
- порою року;
- характером сільськогосподарського використання території, водопостачання та харчування населення.

На цій фазі запроваджуються необхідні обмеження життєдіяльності населення та заходи щодо його захисту.

Середня фаза аварії починається через 1-2 місяці і завершується через 1-2 роки після її початку. На цій фазі аварії у навколишньому природному середовищі вже відсутні (через радіоактивний розпад) короткоживучі осколочні радіоізотопи телуру (Te) і йоду (I), ^{140}Ba (барію) та ^{140}La (лантану), але у формуванні гамма-поля зростає роль ^{95}Zr (цирконію), ^{95}Nb (ніобію), ізоотопів Ru (рутенію) і Ce (церію), ^{134}Cs , ^{138}Cs і ^{137}Cs .

Основними джерелами внутрішнього опромінення на середній фазі аварії є радіоізотопи цезію (^{134}Cs , ^{138}Cs і ^{137}Cs) і стронцію (^{89}Sr , ^{90}Sr), які надходили з продуктами харчування, що вироблені на радіоактивно забруднених територіях.

До кінця середньої фази основним джерелом зовнішнього гамма-випромінювання були випадіння ^{134}Cs , ^{137}Cs на ґрунт, а внутрішнього – ^{134}Cs , ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування.

До особливостей середньої фази належать:

- порівняно швидке зниження потужності поглиненої у повітрі дози зовнішнього гамма-випромінювання на місцевості (майже у 10 разів за період тривалістю 1 рік після початку цієї фази);
- переважання кореневого (над поверхневим) типу забруднення сільськогосподарської продукції (зелені овочі, злакові, ягоди, молоко і м'ясо за рахунок кореневого переходу радіонуклідів у траву пасовищ).

На пізній фазі, тривалість якої залежить від періоду напіврозпаду основних дозоутворюючих довгоживучих радіонуклідів, поступово ці обмеження відмінюються (частково або повністю).

Пізня фаза починається через 1-2 роки після початку аварії, коли основним джерелом зовнішнього опромінення є ^{137}Cs у випадках на ґрунт, а внутрішнього – ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування, які виробляються на забруднених цими радіонуклідами територіях. Втручання на пізній фазі аварії носять виключно довгостроковий характер.

В результаті аварійного викиду в атмосферу можливі такі види радіаційного впливу:

а) зовнішнє опромінення від проходження радіоактивної хмари;

б) внутрішнє опромінення від вдихання радіоактивних аерозолів продуктів поділу (інгаляційна небезпека);

в) контактне опромінення внаслідок радіоактивного забруднення відкритих ділянок шкіри та одягу;

г) зовнішнє опромінення, обумовлене радіоактивним забрудненням поверхні ґрунту, будівель, споруд, тощо;

д) внутрішнє опромінення від споживання забруднених продуктів харчування та води.

Висновок із 2 питання. Під час аварії на атомних станціях за межами санітарно-захисної зони АС може мати місце лише один уражаючий чинник – радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Воно буде мати певні особливості, на відміну від випадку ядерного вибуху, які необхідно враховувати, визначаючи способи та засоби захисту людей від радіоактивних продуктів викиду під час аварії на об'єктах ядерної енергетики.

3. Уражаючі фактори ядерного вибуху

При вибуху ядерного боєприпасу за мільйонні долі секунди виділяється колосальна енергія, еквівалентна потужності тисяч та мільйонів тон звичайної вибухівки. Вся ця енергія спричиняє уражаючі фактори:

- ударну хвилю;
- світлове випромінювання;
- проникаючу радіацію;

- радіаційне забруднення;
- електромагнітний імпульс.

Ударна хвиля – основний фактор вражаючої дії, це **область сильно стиснутого повітря, що рухається з надзвуковою швидкістю в усі сторони від центру вибуху**. Вона утворюється за рахунок колосальної енергії, що виділяється у зоні реакції, де винятково висока температура, а тиск досягає мільярдів атмосфер (до 105 млрд Па).

Основні параметри ударної хвилі це: надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, тиск швидкісного напору, тривалість дії хвилі.



Надлишковий тиск у фронті ударної хвилі – це різниця між максимальним тиском у фронті ударної хвилі і нормальним атмосферним тиском P_0 перед цим фронтом.

Одиниця надлишкового тиску – паскаль (Па) або кілограм – сила на квадратний сантиметр (кгс/см²).

Легкі ураження виникають при надлишковому тиску у фронті ударної хвилі від 20 до 40 кПа, середні – від 40 до 60 кПа, важкі й дуже важкі – відповідно від 60-100 кПа і більше 100 кПа.

Ударна хвиля уражає незахищених людей, руйнує або пошкоджує будинки, техніку і виробниче устаткування. Люди можуть постраждати від уламків будинків, що руйнуються, каменів, що летять, осколків скла і т. ін.

Ступінь ураження і руйнування від ударної хвилі залежить від потужності боеприпасів, виду і відстані від центру (епіцентру) вибуху, положення людей, будинків, техніки під час впливу ударної хвилі, рельєфу місцевості і т. ін.

При повітряному ядерному вибуху на людину, яка стоїть, в якої площа сприймаючої поверхні 5000 см², ударна хвиля з надлишковим тиском 0,5 кг/см² діє з силою більше 2500 кг, а швидкість проходження її: 2 км – за 4 сек, 5 км – за 9 сек, а 10 км – за 22 сек. Основний захист – укриття, сховища.

Світлове випромінювання – це потік променевої енергії, що виникає при ядерному вибуху. Температура повітря світлової області ядерного вибуху коливається від мільйонів

градусів на початку світіння до декількох тисяч наприкінці його. Світлове випромінювання поширюється миттєво і діє короткочасно.

Яскравість світлового випромінювання набагато сильніша за сонячне, а вогняна куля, що утворилася, при ядерному вибуху, помітна на сотні кілометрів.

Світлове випромінювання ядерного вибуху – це електромагнітне випромінювання оптичного діапазону у видимій, ультрафіолетовій і інфрачервоній областях спектра. Джерелом світлового випромінювання є вогняна куля, яка виникає при ядерному вибуху. До її складу входять розжарені продукти вибуху і повітря. Із вогняної кулі випромінюється дуже велика кількість променевої енергії. Внаслідок цього предмети, що опромінюються, дуже швидко нагріваються, обвуглюються або загоряються, а в живих тканинах виникають опіки різних ступенів.

Основним параметром, що визначає уражаючу дію світлового випромінювання ядерного вибуху, є світловий імпульс – це кількість світлової енергії, яка припадає на 1 м² освітлюваної поверхні, розташованої перпендикулярно до напрямку розповсюдження випромінювання. У системі СІ світловий імпульс вимірюється в джоулях на квадратний метр (Дж/м²); тривалість світлового імпульсу вимірюється в секундах і залежить від потужності ядерного боєприпасу. Світловий імпульс зменшується зі збільшенням відстані від центру вибуху і стану атмосфери внаслідок розсіювання і поглинання проміння.

Дощ, сніг, туман, дим поглинають світлове випромінювання, знижують його потужність і уражаючу силу в декілька разів.

Світлове опромінювання при безпосередній дії викликає опіки відкритих частин тіла, тимчасове осліплення й опіки від полум'я палаючих будівель, споруд, рослинності, палаючої або тліючої одяжі. Незалежно від причини виникнення, за важкістю травмування організму людини розрізняють опіки 4-х ступенів.

Опік першого ступеня отримують люди при потужності світлового імпульсу від 100 до 200 кДж/м². При цьому виникають почервоніння шкіри, та припухлість місць опіку. Люди не втрачають працездатності, спеціального лікування не потребують. Опіки загоюються швидко.

Опік другого ступеня люди отримують при потужності світлового імпульсу від 200 до 400 кДж/м². При цьому на шкірі

утворюються пухирі, наповнені рідиною. Люди втрачають працездатність і потребують лікування.

Опік третього ступеня люди отримують при потужності світлового імпульсу від 400 до 600 кДж/м². При цьому відбувається повне порушення шкірного покриву по всій його товщині та виникають виразки. Якщо не робити пересадку шкіри, то на місцях опіків утворюються шрами.

Опік четвертого ступеня люди отримують при потужності світлового імпульсу більше 600 кДж/м². При цьому умиряється підшкірна клітковина, відбувається обуглення. Люди, які отримали опік 4-го ступеня, потребують тривалого лікування, можлива смерть.

Небезпечність опіків для життя залежить від розміру ураженої площі тіла. Наприклад, опік 1-го ступеня по всьому тілу може бути небезпечнішим, ніж опік 3-го ступеня на малій ділянці.

Ураження очей світловим випромінюванням можливе трьох видів:

- тимчасове осліплення, яке може тривати до 30 хв.;
- опіки очного дна, які виникають на великих відстанях, якщо дивитись на вогняну кулю ядерного вибуху;
- опіки рогівки очей і повік, які виникають на тих же відстанях, що і опіки шкіри.

Внаслідок дії світлового опромінювання ядерного вибуху на матеріали відбуваються їх плавлення, обуглення або загорання. Через світлове опромінювання і вторинні фактори ядерного вибуху можуть виникнути пожежі на підприємствах і в населених пунктах. Особливо швидко загоряються папір, суха трава, солома, сухе листя, дерев'яні будівлі, пиломатеріали, горючі гази, паливні матеріали.

В осередку ядерного ураження виникають три зони пожеж: зона пожеж у завалах, зона суцільних пожеж і зона окремих пожеж.

Зона пожеж у завалах розповсюджується на всю територію зони повних зруйнувань і на частину зони сильних зруйнувань. Для цієї території характерним є тривале тління і горіння у завалах, яке може продовжуватись до кількох діб. Внаслідок неповного згорання мають місце сильне задимлення та виділення токсичних речовин. У цій зоні підвищена температура задимленого повітря, в якому наявний окис вуглецю. Вдихання продуктів згорання з невеликою домішкою окису вуглецю і нагрітих до температури 50-60 °С призводить до загибелі людей.

На території зони суцільних пожеж під дією світлового імпульсу виникають пожежі в більшій частині будівель. Через 1-2 години вогонь розповсюджується на більшість будівель і виникає суцільна пожежа. Зона суцільних пожеж розповсюджується на більшу частину території зони сильних руйнувань, на всю територію середніх руйнувань і на частину території зони слабких руйнувань.

Можливе виникнення вогняного шторму, який викликається ураганим вітром, спрямованим до центру пожежі, стовп вогню підіймається на висоту до 5 км. Виникненню вогняного шторму сприяють щільна забудова, розтікання горючих рідин на площі більше 100 га, відсутність вітру, наявність в житлових кварталах дерев'яних будівель. Зона окремих пожеж розповсюджується на частину території зони слабких руйнувань, виходить за межі цієї зони і закінчується на місцевості, де потужність світлового імпульсу становить 100 кДж/м і менше. На території зони окремих пожеж вони виникають в окремих будівлях. У цій зоні є можливість швидкої організації гасіння пожеж і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Надійним захистом від світлового випромінювання ядерного вибуху є будь-яка непрозора перепона на шляху поширення світлових променів.

Іонізуюче випромінювання, або проникаюча радіація – потік гамма-променів і нейтронів, що випускаються у момент ядерного вибуху. Вона дуже небезпечна для незахищених людей і тварин.

Проникаюча радіація діє усього 10-15 сек після вибуху. Однак і цього досить, щоб викликати в незахищених людей і тварин важке захворювання, що називається променевою хворобою.

При вибуху ядерного боєприпасу діє дуже потужне радіоактивне опромінювання, яке в своєму складі має альфа-, бета-, гама- і нейтронне випромінювання, їх загальна схожість – можливість іонізувати атоми і молекули речовини, в якій вони розповсюджуються.

Гамма-випромінювання – це електромагнітне випромінювання, яке виділяється ядрами атомів при радіоактивних перетвореннях. За своєю природою воно подібне до рентгенівського, але має значно більшу енергію, яка

розповсюджується зі швидкістю світла. Нейтронне випромінювання є потоком нейтронів. Швидкість розповсюдження нейтронів досягає 20000 км/с. Нейтрони не мають електричного заряду, тому легко проникають в ядра атомів і захоплюються ними. Нейтронне випромінювання має сильну вражаючу дію при зовнішньому опромінюванні.

Біологічна ефективність нейтронів у кілька разів більша за ефективність гамма-променів.

Основним параметром, який характеризує дію ядерного випромінювання, є доза опромінювання (доза радіації). Доза прямо пропорційна інтенсивності випромінювання і тривалості його дії.

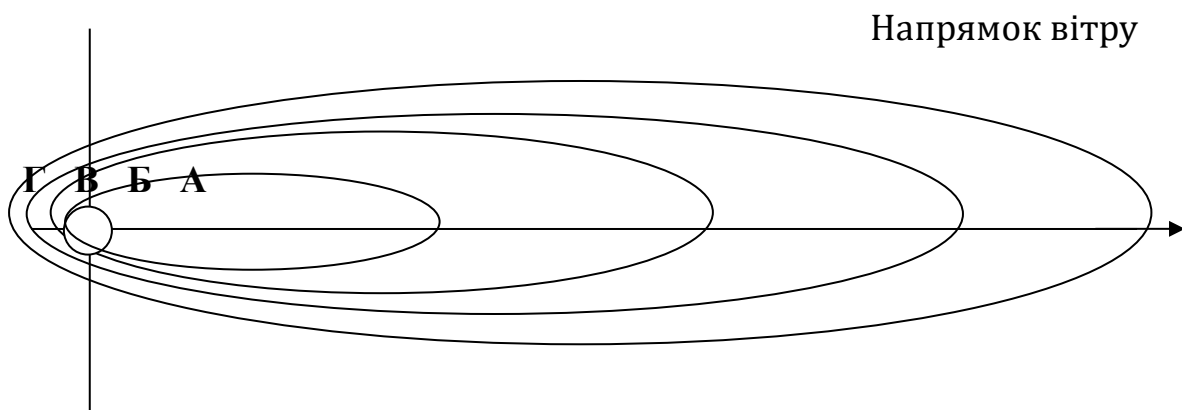
При проходженні через різні матеріали потік гамма-променів послаблюється, і тим більше, чим щільніше речовина і товщий її шар. Тому надійним захистом від проникаючої радіації ядерного вибуху є захисні споруди.

Побудовані або пристосовані укриття мають різну здатність захищати людей від вражаючого впливу проникаючої радіації (радіоактивних випромінювань). Послаблюють дозу радіації: відкрита траншея – у 3 рази, перекрита траншея – у 40 разів, дерев'яний одноповерховий будинок – у 3-5 разів, кам'яний одноповерховий будинок – у 10-15 разів, непристосоване підпілля – у 7-12 разів, пристосоване – у 400 разів, непристосований підвал у багатоповерховому будинку – у 100-400 разів, пристосований під притулок – у 1000 разів, непристосоване овочесховище – у 40 разів. Залізобетонні шахти, гірські виробки послабляють радіацію практично повністю.

Радіоактивне зараження місцевості утворюється в такий спосіб. У перший момент після наземного ядерного вибуху радіоактивні частки (продукти розподілу ядер бойового заряду) знаходяться у вогняній кулі. Куля піднімається, обволікаючись паром і димом, і перетворюється через кілька секунд у хмару, що клубочиться. Висхідні потоки повітря захоплюють із землі частки ґрунту і захоплюють їх разом з хмарою. Ці частки землі стають радіоактивними. Найбільш великі з них випадають безпосередньо в районі вибуху. Інші залишаються в хмарі і переміщуються повітряними потоками на сотні кілометрів від центру вибуху.

Радіоактивні речовини, що випадають слідом за хмарою, яка переміщується, заражають повітря, місцевість, будинки, споруди, водойми, посіви і т. ін.

Ступінь радіоактивного зараження місцевості залежить від виду і потужності вибуху й часу, що пройшов з його моменту, відстані від центру вибуху, метеорологічних умов і рельєфу місцевості. Слід радіоактивної хмари за обрисом нагадує еліпс і не є рівномірно зараженою смугою. Тому прийнято (залежно від інтенсивності) заражену смугу місцевості поділяти на чотири зони: надзвичайно небезпечного (від 4000 до 10000 Р), небезпечного (від 1200 до 4000 Р), сильного (від 400 до 1200 Р) і помірнього (від 40 до 400 Р) заражень. Якщо взяти поперечний переріз сліду, то рівні радіації підвищуються від зовнішньої межі сліду і максимальної величини досягають на його осі. З часом рівні радіації поступово знижуються. Так, якщо рівень радіації через 1 год. після наземного ядерного вибуху прийняти за 100 %, то через 2 год. він зменшиться майже вдвічі, після 3 год. – у чотири рази, а через 7 год. – у десять разів.



| | |
|---|-----------------|
| Зона А – помірнього зараження | 40 – 400 рад |
| Зона Б – сильного зараження | 400 – 1200 рад |
| Зона В – небезпечного зараження | 1200 – 4000 рад |
| Зона Г – надзвичайно небезпечного зараження | 4000 – 7000 рад |

Людина, яка знаходиться на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами, завжди може піддатися зовнішньому опроміненню або одержати ураження у результаті потрапляння радіоактивних речовин в організм (при вдиханні повітря, з їжею, водою), що може викликати променеву хворобу. На місцевості, зараженій радіоактивними речовинами, треба вживати всі заходи захисту і дотримуватися встановлених правил поведінки.

Електромагнітний імпульс

При ядерному вибуху в атмосфері проходить утворення великих електромагнітних полів.

Ці поля дуже короткочасні, тому називаються – **електромагнітним імпульсом** (ЕМІ).

Уражаюча дія електромагнітних полів виникає в разі опромінення ЕМІ електромагнітних конструкціях різних розмірів. Це сказано взагалі, уявіть будь-яку електронну схему – це провідники, і в кожній частині виникає ЕДС (електронні прилади, електромагнітні прилади), виникають ЕДС, які виводять із ладу прилади.

ЕМІ – діє на відстані до 20 – 40 кілометрів.

Завдання для самоперевірки

1. Дайте визначення основних понять:
 - Радіаційна аварія;
 - Промислова, Комунальна, Локальна, Регіональна, Глобальна, Транскордонна аварія;
 - Проектна (передбачувана) та Позапроектна (непередбачувана) аварія;
 - Аварія з викиданням (проливанням) радіоактивних речовин;
 - Радіаційно-небезпечний об'єкт;
 - Радіоактивне забруднення;
 - Зона радіоактивного забруднення;
2. Наведіть типові радіаційно небезпечні об'єкти.
3. Основні причини аварій на АЕС.
4. Види радіаційних аварій на радіаційно небезпечних об'єктах.
5. Наведіть міжнародну шкалу оцінки ядерних подій на АЕС.
6. Наведіть та охарактеризуйте процес протікання й розвитку радіаційної обстановки на АЕС під час аварії.
7. Назвіть особливості радіоактивного забруднення у випадку аварії на АЕС.

Література:

1. «Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна безпека. / За загальною редакцією В. В. Могильниченка.– К.: КІМ, 2007.– 636 с».
2. Довідник рятувальника: Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи з ліквідації наслідків радіаційних аварій/ К.: УкрНДІЦЗ, 2015. – 186 с.

ТЕМА 5. ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЗАХОДИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

1. Загальні положення та основні принципи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій

Забезпечення безпеки населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру здійснюється за принципами:

- *пріоритетності завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я людей і довкілля;*
- *безумовного надання переваги радіаційній безпеці;*
- *вільного доступу населення до інформації* щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- *особистої відповідальності і* піклування громадян про власну безпеку, неухильного дотримання ними правил поведінки та дій у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру;
- *відповідальності у межах своїх повноважень посадових осіб за дотримання вимог законодавства;*
- *обов'язковості завчасної реалізації заходів, спрямованих на запобігання* виникненню надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- *урахування економічних, природних та інших особливостей територій і ступеня реальної небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;*
- *максимально можливого, ефективного та комплексного використання наявних сил і засобів, призначених для запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру та реагування на них.*

Ефективність функціонування системи захисту населення і територій досягається шляхом:

- *проведення єдиної державної політики, що охоплює весь спектр проблем у сфері забезпечення безпеки життєдіяльності населення;*
- *своєчасного запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, підвищення стійкості об'єктів економіки та*

інфраструктури до уражаючих впливів і наслідків надзвичайних ситуацій;

• **завчасної підготовки, оперативного реагування та ефективного управління** під час виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасного відновлення життєдіяльності населення в їхній зоні.

2. Радіаційний захист населення в умовах радіаційної аварії

Радіаційна аварія – це незапланована небезпечна подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, при виникненні якої виконуються дві необхідні та достатні умови:

а) втрата регулюючого контролю над джерелом;

б) реальне або потенційне опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом.

У результаті радіоактивних викидів в атмосферу опромінення людини відбувається прямим та непрямим шляхами.

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

До прямих шляхів опромінення відносяться: **зовнішнє** опромінення від γ - та β -випромінюючих радіонуклідів, які містяться в атмосфері, а також тих, що випали на ґрунт, та **внутрішнє** опромінення, обумовлене радіонуклідами, що надійшли в організм з повітрям (інгалаційний шлях).

У цих випадках індивідуальні дози, як правило, формуються у районі розташування джерела викидів (район аварії).

До непрямого шляху опромінення відноситься внутрішнє опромінення від радіонуклідів, що надійшли до організму в результаті їх міграції за харчовими та біологічними ланцюгами. При цьому відбувається опромінення населення, яке проживає не тільки в районі забруднення, але й в інших районах, куди можуть надходити забруднені продукти харчування.

При проведенні аварійно-рятувальних робіт основним шляхом опромінення рятувальників є прямий.

При виникненні комунальної радіаційної аварії, окрім термінових робіт щодо стабілізації радіаційного стану (включаючи відновлення контролю над джерелом), мають бути одночасно здійснені заходи, спрямовані на:

- **зведення до мінімуму кількості осіб з населення, які зазнають аварійного опромінення;**
- **запобігання чи зниження індивідуальних і колективних доз опромінення населення;**
- **запобігання чи зниження рівнів радіоактивного забруднення продуктів харчування, питної води, сільськогосподарської сировини і сільгоспугідь, об'єктів довкілля (повітря, води, ґрунту, рослин тощо), а також будівель і споруд.**

Радіаційний захист населення в умовах радіаційної аварії **базується на системі радіаційних заходів** (контрзаходів), які практично завжди є **втручанням у нормальну життєдіяльність** людей, а також у сферу нормального соціально-побутового, господарського і культурного функціонування територій.

Втручання – такий вид людської діяльності, що завжди **спрямований на зниження та відвернення неконтрольованого та непередбачуваного опромінення** або імовірності опромінення в ситуаціях:

- **аварійного опромінення** (гострого, короткочасного або хронічного);
- **хронічного опромінення** від техногенно-підсиленних джерел природного походження;
- **інших ситуацій тимчасового опромінення**, визначених регулюючим органом, як таких, що вимагають втручання.

При плануванні і реалізації втручань, спрямованих на мінімізацію доз і чисельності осіб з населення, які потрапили у сферу дії аварійного опромінення, слід керуватися трьома головними принципами радіаційного захисту в умовах радіаційної аварії:

- **будь-який контрзахід повинен бути виправданим**, тобто отримана користь (для суспільства та особи) від відвернутої цим контрзаходом дози повинна бути більшою, ніж сумарний збиток (медичний, економічний, соціально-психологічний, тощо) від втручання, пов'язаного з його проведенням (**принцип виправданості**);
- **повинні бути застосовані всі можливі заходи для обмеження індивідуальних доз опромінення на рівні, нижчому за**

порог детерміністичних радіаційних ефектів, особливо порогів гострих клінічних радіаційних проявів (**принцип неперевищення**);

- форма втручання (контрзахід або комбінація декількох контрзаходів), його масштаби та тривалість повинні вибиратися таким чином, щоб різниця між сумарною користю та сумарним збитком була не тільки додатною, але і максимальною (**принцип оптимізації**).

Втручання виправдане – таке втручання, при якому користь для здоров'я від відвернутої ним дози більша за загальний збиток, завданий введенням цього втручання.

Втручання невиправдане – таке втручання, при якому величина відвернутої ним дози менша за деякий мінімальний рівень, визначений як межа виправданості. Межі виправданості відповідає така величина відвернутої дози, при якій користь від втручання виявиться меншою за величину завданого ним збитку.

В результаті аварійного викиду в атмосферу можливі такі види радіаційного впливу:

а) **зовнішнє опромінення від проходження радіоактивної хмари;**

б) **внутрішнє опромінення від вдихання радіоактивних аерозолів** продуктів поділу (інгаляційна небезпека);

в) **контактне опромінення** внаслідок радіоактивного забруднення відкритих ділянок шкіри та одягу;

г) **зовнішнє опромінення**, обумовлене радіоактивним забрудненням поверхні ґрунту, будівель, споруд тощо;

д) **внутрішнє опромінення від споживання забруднених продуктів** харчування та води.

В залежності від обстановки для захисту від радіаційного впливу можуть бути прийняті наступні заходи:

а) **обмеження перебування на відкритій місцевості** (тимчасове укриття у будинках і сховищах).

б) **максимально можлива герметизація** житлових та службових **приміщень** (щільне закриття дверей, вікон, димоходів і вентиляційних отворів) на час розсіювання радіоактивних речовин у повітрі і формування радіоактивного забруднення території.

в) **застосування лікарських препаратів**, що перешкоджають накопиченню біологічно небезпечних

радіонуклідів в організмі, наприклад, йодна профілактика – застосування всередину препаратів стабільного йоду.

Дорослим та дітям старше 5 років рекомендується 0,25 г йодистого калію на один прийом, дітям у віці 2-5 років – 0,125 г.

г) **захист органів дихання підручними засобами** (носові хустинки, рушники, паперові серветки, ін.);

д) **евакуація населення;**

е) регулювання та **обмеження доступу в район забруднення;**

ж) **санітарна обробка осіб** у випадку забруднення їх одягу та шкірних покривів радіоактивними речовинами вище встановлених норм;

з) **найпростіша обробка продуктів харчування**, що поверхнево забруднені радіоактивними речовинами (обмивання, видалення поверхневого шару та ін.);

і) **повне виключення або обмеження вживання до їжі забруднених продуктів харчування;**

к) переведення молочної худоби на **незабруднені пасовища** або на незабруднені фуражні корми;

л) **дезактивація забрудненої місцевості**, споруд, транспорту, обладнання, техніки, одягу, тощо;

м) **переселення.**

Забезпечення радіаційної безпеки передбачає попередню розробку плану захисту персоналу і плану захисту населення. План захисту персоналу розробляється керівництвом радіаційно-небезпечного об'єкту, а план захисту населення – структурним підрозділом місцевого органу виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання цивільного захисту.

Критеріями для прийняття рішень щодо застосування захисних заходів на ранній та середній фазах служать дози зовнішнього або внутрішнього опромінення.

Якщо прогнозоване опромінення не перевищує нижньої межі виправданості, то немає необхідності приймати будь-які заходи. Якщо прогнозоване опромінення перевищує нижні межі виправданості, але не досягає безумовно виправданого рівня, то проведення заходів може бути відстрочено та застосована процедура оптимізації контрзаходів.

Якщо прогнозоване опромінення досягає або перевищує рівень безумовної виправданості, то проведення заходів є обов'язковим, навіть якщо вони пов'язані з порушенням

нормальної життєдіяльності населення (евакуація або переселення тощо).

При опроміненні, яке перевищує рівень безумовної виправданості, рекомендується:

- **негайне укриття населення** в приміщеннях;
- **обмеження перебування на відкритій місцевості;**
- **оперативна евакуація** (з урахуванням конкретного радіаційного стану на АЕС);
- **йодна профілактика;**
- **виключення або обмеження вживання** в їжу забруднених продуктів;
- **переведення** молочно-продуктивної худоби на **незабруднені пасовища** або фуражні корми.

Евакуація населення є найбільш ефективною, але крайньою мірою і повинна здійснюватися, якщо всі інші захисні заходи не забезпечують безпеки і при цьому складаються сприятливі умови для проведення евакуації (дороги та їх стан, транспортні засоби, пора року і погодні умови, кількість осіб, які підлягають евакуації та ін.).

Ризик, збитки або негативні наслідки захисних заходів та евакуації повинні зважуватися та порівнюватися зі збитками від радіаційних наслідків аварії – процедура оптимізації.

У випадку **позапроектної аварії** (аварія, що непередбачена проектом радіаційно-небезпечного об'єкту) евакуацію з близьких відстаней від об'єкту слід проводити незалежно від дозиметричних критеріїв для прийняття рішень.

Висновок із 2 питання та із лекції: Під час аварії на атомних станціях за межами санітарно-захисної зони АС може мати місце лише один уражаючий чинник – радіоактивне забруднення навколишнього середовища.

3. Методи виявлення іонізуючого випромінювання

Дозиметрія – розділ прикладної ядерної фізики, що розглядає іонізуюче випромінювання, фізичні величини, що характеризують поле випромінювання або взаємодію випромінювання з речовиною, а також принципи і методи визначення цих величин. Дозиметрія має справу з такими фізичними величинами іонізуючого випромінювання, які визначають його хімічну, фізичну і біологічну дію. Найважливіша

властивість дозиметричних величин – встановлений зв'язок між фізичною величиною, що вимірюється, і очікуваним радіаційним ефектом.

Основним завданням дозиметрії в Цивільному захисті є виявлення та оцінка ступеня небезпеки іонізуючих випромінювань для населення, формувань ЦЗ з метою забезпечення їх дій у різних умовах радіаційної обстановки.

З її допомогою здійснюються:

- виявлення та **вимірювання потужності експозиційної поглиненої дози** випромінювання для забезпечення життєздатності населення та успішного проведення рятувальних невідкладних аварійно-відбудовних робіт в осередках ураження;

- **вимірювання активності радіоактивних речовин**, щільності потоку іонізуючих випромінювань, питомої об'ємної, поверхневої активності різних об'єктів для визначення необхідності та повноти проведення дезактивації, санітарної обробки, а також визначення норм споживання заражених продуктів харчування;

- **вимірювання експозиційної та поглинутої доз опромінення** з метою визначення працездатності та життєздатності населення і окремих людей у радіаційному відношенні;

- **лабораторний вимір ступеню зараженості радіоактивними речовинами продуктів харчування, води та фуражу.**

Основу роботи приладів і систем радіаційного контролю складають різні методи виявлення іонізуючого випромінювання, основними з яких є:

· **іонізаційний**, базується на властивості цих випромінювань іонізувати будь-яке середовище, через яке вони проходять, у тому числі й детекторний (уловлюючий) пристрій приладу; вимірюючи іонізаційний струм, отримують інформацію щодо інтенсивності радіоактивних випромінювань. За цим методом найбільш часто використовують лічильник Гейгера-Мюллера (рис. 5.1):

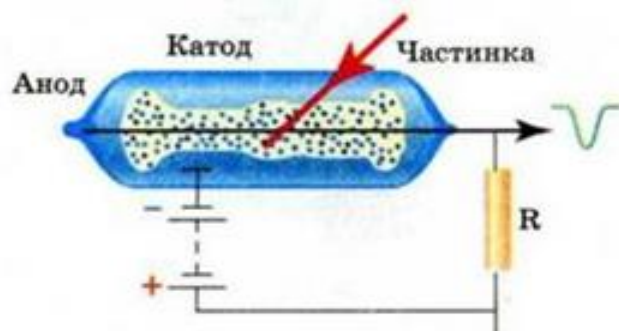


Рисунок 5.1. Лічильник Гейгера-Мюллера

У скляну трубку вміщено два електроди, до яких прикладається постійна напруга у декілька сотень вольт. Скляна трубка заповнена інертним газом. Іонізуюча частинка, потрапляючи в трубку, іонізує газ. Утворені електрони та іони, рухаючись прискорено до електродів, здійснюють вторинну іонізацію, внаслідок якої відбувається пробій газу, і сила струму через лічильник різко зростає. Різке зменшення напруги на трубці гасить розряд – трубка готова для реєстрації наступної частинки;

- **фотографічний**, базується на властивості іонізуючого випромінювання, як і видимого світла, *впливати на світлочутливий шар фотоматеріалів*; порівнюючи щільність почорніння плівки з еталоном, можна визначити дозу випромінювання (експозиційну чи поглинену), що вплинула на плівку;

- **сцинтиляційний**, основу якого складає *світіння детектору з деяких люмінесцентних матеріалів* під впливом іонізуючих випромінювань; кількість спалахів, пропорційна потужності випромінювання, реєструється фотоелементним помножувачем, який перетворює її на електричний струм;

- **хімічний**, базується на використанні *хімічних змін, що утворюються у деяких рідких та твердих хімічних речовинах* під впливом іонізуючих випромінювань, унаслідок чого змінюється структура речовини, яка разом із барвником викликає кольорову реакцію; за щільністю забарвлення визначається ступінь іонізації (дозиметр типу ДП-70 М);

- **люмінесцентний**, базується на ефектах фотолюмінесценції і радіотермолюмінесценції: у першому випадку під впливом іонізуючого випромінювання у матеріалі, що люмінесцує, створюються центри фотолюмінесценції, що містять атоми, які під дією ультрафіолетового світла викликають видиму люмінесценцію, у другому – під дією нагріву поглинена енергія іонізуючих випромінювань перетворюється на люмінесцентну. Інтенсивність люмінесценції пропорційна ступеню іонізуючих випромінювань.

Висновок із 3 питання: Відповідно до наведеної класифікації характеру вимірювань іонізуючих випромінювань, яка визначає основне призначення приладів і систем радіаційного контролю, а також враховуючи специфіку їх конструкції і сфери застосування, прилади, системи і засоби радіаційного контролю можна умовно розподілити на прилади, системи і засоби, які

використовуються для контролю радіаційного стану, та прилади, що застосовуються для дозиметричного контролю опромінення населення.

Прилади, системи і засоби контролю радіаційного стану, у свою чергу, поділяються на радіометричні, дозиметричні, спектрометричні прилади і системи для безпосереднього вимірювання іонізуючих випромінювань та допоміжні засоби, які включають пробовідбірники різноманітного призначення, а також обладнання радіометричних лабораторій.

Прилади, системи і засоби радіаційного контролю можуть бути переносними, стаціонарними та пересувними (бортовими), які базуються на різних видах транспорту.

4. Класифікація дозиметричних та радіометричних приладів

Майже всі сучасні дозиметричні прилади працюють на основі іонізаційного методу.

Основними вузлами приладів є:

- детектори випромінювань, як основні складові елементи датчиків, тобто іонізаційні камери, газорозрядні лічильники чи сцинтилятори;

- електрична схема перетворення імпульсів;

- вимірювальні або прилади, які реєструють (шкали приладів), відградуйовані безпосередньо в одиницях тих фізичних величин, для яких призначений прилад.

Дозиметри – вимірювачі доз випромінювання або величин, пов'язаних із ними.

У сфері радіаційного контролю навколишнього середовища застосовують дозиметри, які вимірюють потужність дози випромінювання.

Радіометри – вимірювачі радіоактивності. Прилади застосовуються для виявлення та визначення ступеню радіоактивного забруднення поверхонь об'єктів, обладнання, транспорту, одягу, шкіряних покривів шляхом визначення величини щільності потоку часток або квантів й об'ємної активності рідких та сипучих матеріалів.

Дозиметри та радіометри радіаційного контролю класифікують:

- **за функціональним призначенням** – дозиметричні, радіометричні і багатофункціональні;

- **за контрольованим параметром** – для контролю **потужності експозиційної дози**, потужності еквіваленту дози, потужності поглиненої дози в повітрі рентгенівського або гамма-випромінювання, поверхневої щільності потоку частинок альфа і бета випромінювання, для контролю одного, двох та більше параметрів;

- **за видом іонізуючого випромінювання** – для контролю рентгенівського, альфа, бета і гамма випромінювання;

- **за придатністю до контролювання за різними станами радіаційної обстановки** – для контролю радіаційної обстановки в умовах нормального або аварійного стану;

- **за призначенням під час експлуатації** – робочі;

- **за часовим характером контролювання** – для безперервного або епізодичного (періодичного) контролю;

- **за виконанням** – носимі, переносні, бортові, стаціонарні;

- **за місцем проведення контролю** – для місцевого контролю;

- **за місцем і способом контролю параметрів** – для безпосереднього контролю;

- **за рівнем кваліфікації обслуговуючого персоналу** – такі, які обслуговує персонал з низькою кваліфікацією або населення.

Радіометр гамма-, бета- випромінювань ДП-5 – один з перших вітчизняних приладів радіаційної розвідки, призначений



для вимірювання:

- потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;

- поверхневої щільності потоку бета-часток. Діапазон вимірювання потужності: – еквівалентної дози, від 0,05 мР/год до 200 Р/год.

Сучасний дозиметр-радіометр МКС-У знаходиться на оснащенні підрозділів цивільного захисту та військової радіаційної розвідки. Призначений для вимірювання:

- потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;

- поверхневої щільності потоку бета-часток. Діапазон вимірювання потужності-еквівалентної дози - від

0,10 мкЗв/год до 10 Зв/год. Похибка - 15 %.



Дозиметр-радіометр МКС-05 (ТЕРРА) призначений для вимірювання:



- потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;

- еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;

- поверхневої щільності потоку бета-часток;

- часу накопичення еквівалентної дози; реального часу.

Прилад має п'ять незалежних каналів вимірювання. Діапазон

вимірювання потужності-еквівалентної дози - 0,10—9999 мкЗв/год. Похибка - 15 %.

Дозиметр виконаний у вигляді моноблоку, в якому розміщені детектор гамма- і бета-випромінювань, друкована плата управління і індикації, а також елементи живлення.

Детектор гамма і бета-випромінювань перетворює випромінювання в послідовність імпульсів напруги, кількість яких пропорційна інтенсивності реєстрованого випромінювання.

Дозиметр-радіометр побутовий МКС-05 (ТЕРРА-П).
 Дозиметр гамма випромінювань індивідуальний з пошуковими функціями ДКС-02П (КАДМІЙ) призначений для вимірювання: потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань; еквівалентної дози гама – та рентгенівського випромінювань; часу накопичення еквівалентної дози. Діапазон вимірювання потужності – еквівалентної дози, 0,10—9999 мкЗв/год. Похибка – 15 %.



Дозиметр-сигналізатор гамма пошуковий ДКС-02ПН (КАДМІЙ) оснащено звуковою та вібраційною сигналізацією перевищення запрограмованих рівнів потужності дози. Призначення – вимірювання потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань. Діапазон вимірювання потужності – еквівалентної дози, мкЗв/год 0,050—300. Похибка – 15 %.

Радіометр-дозиметр гамма-, бета-випромінювань РКС-01(СТОРА) призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози гама-випромінювання, рентгенівського випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок.

Основні технічні характеристики: діапазон вимірювання потужності експозиційної дози гама- та рентгенівського випромінювань та основна відносна похибка (Cs^{137}) – (0,01-100,0) мР/год, ± 25 %; діапазон вимірювання щільності потоку бета-частинок та основна відносна похибка ($Sr90+Y90$) – (20 – 40 000) 1/(хв см²), ± 25 %;



Радіометр гамма-, бета-випромінювань РКС-01(СТОРА-ТУ) призначений для вимірювання: потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань; поверхневої щільності потоку бета-часток; реального часу (годинник). Особливості: наявність трьох незалежних вимірювальних каналів з почерговим виведенням інформації на один рідкокристалічний дисплей; оперативна оцінка гама-фону протягом 5 с; автоматичне віднімання гама-фону при вимірюванні бета- забрудненості; чотири вмонтовані гама-, бета-чутливі лічильники Гейгера-Мюллера; автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань; звукова сигналізація кожного зареєстрованого гама-кванта чи кожної бета- частки; двотональна звукова сигналізація перевищення запрограмованих порогових рівнів; цифровий дисплей з підсвічуванням; робота з телескопічною штангою; два гальванічні елементи живлення типорозміру АА; індикація розрядження джерела живлення.



Дозиметр побутовий БЕЛЛА призначений для виявлення й оцінки за допомогою звукової сигналізації інтенсивності гама- випромінювання, а також для вимірювання потужності польової еквівалентної дози гама-випромінювання за цифровим табло. Діапазон вимірювання потужності: – еквівалентної дози, мкЗв/год 0,20— 99,99. Основна похибка вимірювання ПЕД – $\pm 30\%$.

Радіометр «Прип'ять» призначений для контролю радіаційної обстановки. За допомогою радіометру можна виміряти: величину зовнішнього гама-фону; забруднення радіоактивними речовинами житлових та виробничих приміщень, будівель. Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози випромінювання – від 0,1 до 1999,9 мкЗв/год; похибка вимірювання – 25 %;



ДКР-4 персональний дозиметр рентгенівського випромінювання. Можливості приладу ДКР-4:



індикація потужності дози, поточної дози й акумульованої дози; збереження в пам'яті інформації про накопичену дозу і встановлені пороги протягом 10 років, у тому числі при відсутності елементів живлення; можливість розгорнення процесу набору поточної дози в часі (600 значень); зручний (зі спец. символами) рідкокристалічний дисплей на 5 розрядів; кремнієвий детектор із згладжуючим фільтром; пороги звукової тривоги, що

установлюються користувачем; наявність на корпусі страхового шнура з прищіпкою і знімної кліпси-контейнера. Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози випромінювання – від 0,1 мкЗв/год до 1 Зв/год; похибка вимірювання 25 %;



Програмувальний персональний дозиметр ЮПИТЕР - 03. Можливості приладу: самоконтроль параметрів; системне або автономне застосування. Призначений для вимірювання індивідуального еквівалента дози і потужності індивідуального еквівалента дози. Діапазон вимірювання потужності дози, мЗв/год 0,005-3000. Діапазон вимірювання дози, мЗв 0,001-999.

Завдання для самоперевірки.

1. Основні принципи забезпечення безпеки населення і територій від надзвичайних ситуацій.
2. Чим досягається ефективність функціонування системи захисту населення і територій?
3. Прямі та непрямі шляхи опромінення.
4. Заходи, які мають бути одночасно здійснені при виникненні комунальної радіаційної аварії.

-
5. Що таке втручання та чим вони характеризуються?
 6. Види радіаційного впливу при викиді радіоактивних речовин в атмосферу.
 7. Дії при аварії з прогнозованим опроміненням, яке перевищує рівень безумовної виправданості.
 8. Методи виявлення іонізуючого випромінювання.
 9. Класифікація дозиметричних та радіометричних приладів.

Література:

1. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека і управління, моніторинг, контроль: Посібник, К.: КНТ, Дакар, Основа, 2007. – 412 с.
2. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
3. Захист населення і території від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. / За загальною редакцією В. В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007.– 636 с.
4. Г. М. Анікін, С. М. Рачков. Сучасні засоби радіаційного і хімічного контролю. Навчальний посібник / – Х., 2012.

ТЕМА 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

1. Основні поняття про небезпечні хімічні речовини

В даний час, відповідно до Міжнародного Регістра, у світі використовується (промисловість, сільське господарство, побут) близько 6 млн токсичних речовин, 60 тис. з яких виробляються у великій кількості, у тому числі більш 500 речовин, що відносяться до групи сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) – найбільш токсичних для людей.

Всього в Україні функціонує 931 об'єкт, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності 308,07 тис. т небезпечних хімічних речовин, у тому числі 4,08 тис. т хлору, 202,66 тис. т аміаку та 101,33 тис. т інших небезпечних хімічних речовин.

Ці об'єкти розподілені за ступенями хімічної небезпеки таким чином:

I ступінь хімічної небезпеки (у зонах можливого хімічного зараження, в кожному з них мешкає більше 75 тис. осіб) – 65 об'єктів;

II ступінь хімічної небезпеки (у зонах можливого хімічного зараження, в кожному з них мешкає від 40 до 75 тис. осіб) – 128 об'єктів;

III ступінь хімічної небезпеки (у зонах можливого хімічного ураження, в кожному з об'єктів мешкає 40 тис. осіб) – 178 об'єктів;

IV ступінь хімічної небезпеки (зони можливого хімічного зараження, кожна не виходить за межі об'єкта) – 567 об'єктів.

Всього у зонах можливого хімічного забруднення від цих об'єктів проживає 10,244 млн осіб (25 % від населення країни).

Найбільшу кількість ХНО зосереджено у східних областях України, а саме:

- Донецька – 149 об'єктів;
- Дніпропетровська – 108 об'єктів;
- Харківська – 80 об'єктів

Хімічно небезпечні об'єкти (ХНО) – об'єкти народного господарства, на яких виробляються, зберігаються, використовуються СДОР, при аваріях і руйнуваннях яких можуть відбутися масові ураження людей, тварин і рослин.

На кожному ХНО знаходиться в середньому 3-15 добовий запас СДОР, що міститься в ємностях.

На відміну від АЕС, більшість великих виробництв СДОР знаходяться поблизу і навіть у межах великих міст.

Хімічно небезпечне місто – місто, у межах якого розташовані один чи кілька хімічно небезпечних об'єктів.

Аварійні викиди сильнодіючих отруйних речовин можуть відбутися при uszkodженнях і руйнуваннях ємностей при збереженні, транспортуванні чи переробці СДОР.

Крім того, деякі нетоксичні речовини при певних умовах (наприклад, при вибухах, пожежах) у результаті хімічних реакцій можуть утворити СДОР.

Хімічним аналогом аварії на Чорнобильській АЕС можна вважати найбільшу катастрофу в м. Бхопал (Індія 1984 р.), у якій найбільш повно проявилися істотні особливості аварій на об'єктах з хімічно небезпечними компонентами. Відбувся витік 43 т смертельно небезпечної отрути – метилізоціанату. Загибло – 4 035 осіб, отруєння одержали понад 200 тис. осіб.

В останні роки широке поширення одержав трубопровідний транспорт, у тому числі і для перекидання великих кількостей СДОР.

По території України довжина магістральних газопроводів складає більш 35,2 тис. км, магістральних нафтопроводів – 3,9 тис. км. Їх роботу забезпечує 31 компресорна нафтоперегінна і 89 компресорних газоперекачувальних станцій. Довжина продуктопроводів складає 3,3 тис. км.

Через територію країни проходить густа мережа нафто- і газопроводів, таких як:

- нафтопровід «Дружба» з технологічними ємностями для збереження нафти загальною кількістю більш 2,5 млн т;
- магістральні газопроводи «Союз», «Уренгой-Захід», «Уренгой-Ужгород», «Ямбург-Захід», «Кавказ-Центр» та ін.

Загальна довжина магістральних і нафтопроводів складає 7095 км (діаметр труб 200-800 мм, робочий тиск 50 атм.), магістральних газопроводів – 16 940 км (діаметр труб 800 – 1400 мм, робочий тиск 75 атм.).

Існують також чотири великих нафтопереробних комбінати (Дрогобицький, Кременчуцький, Лисичанський, Одеський) які можуть зберігати нафтопродукти до декількох мільйонів тон кожний.

Небезпечна хімічна речовина (НХР) – хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої може спричинити загибель, гостре чи хронічне захворювання або отруєння людей і завдати шкоди довкіллю.

Спроможність НХР спричиняти ураження організму має назву токсичність. Ступінь впливу НХР на організм проявляється у вигляді токсичної дії або токсичного ефекту.

Токсичний ефект може проявлятися у вигляді:

- раптового різкого погіршення здоров'я, включаючи загибель;
- захворювання при систематичному впливі НХР;
- зниження працездатності.

Токсичний ефект може бути разовим за однократного впливу НХР та багатократним, який проявляється за багатократного впливу. Проявлятися токсичний ефект може одразу після впливу НХР, у віддаленні терміни життя одного покоління і в житті наступних поколінь.

Токсичний ефект залежить від:

- фізико-хімічних властивостей НХР;
- концентрації НХР або щільності зараження;
- часу впливу НХР на організм.

Концентрація НХР – це кількість речовини, яка міститься в одиниці об'єму повітря або рідини.

Концентрація може бути:

- масова C_m , яка означає масу речовини в одиниці об'єму і вимірюється $\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{кг}/\text{л}$;
- молярна C_m , яка означає кількість речовини в молях в одиниці об'єму і вимірюється $\text{моль}/\text{м}^3$, $\text{моль}/\text{л}$;
- об'ємна C_v , яка визначає об'єм речовини в долях одиниці або у відсотках.

Щільність зараження НХР – це кількість речовини, яка знаходиться на одиниці зараженої поверхні, вимірюється $\text{кг}/\text{км}^2$.



Попереджувальний символ НХР

Час впливу НХР або експозиція – це час дії НХР на організм, вимірюється у хвиликах.

Доза, токсидоза. Кількість речовини, яка потрапила в організм, називається доза. Доза речовин, яка викликає певну ступінь ураження організму, називається токсидоза. Токсидоза визначається в залежності від шляху потрапляння НХР в організм.

Для оцінки токсичності дії НХР встановлені кількісні показники токсичності, такі як:

- **показники смертельної дії;**
- **показники порогової дії;**
- **показники небезпеки речовини;**
- **гранично допустима концентрація.**

Показники смертельної дії характеризують дію НХР, які мають смертельний наслідок.

До показників смертельної дії відносяться:

- **абсолютна CL_{100} або середня CL_{50} смертельна концентрація в повітрі – це концентрації речовини, які призводять до загибелі відповідно 100 % або 50 % людей у разі 2-, 4-х годинного впливу на органи дихання;**

- **абсолютна DL_{100} або середня DL_{50} смертельні дози – це кількість речовини, яка припадає на один кілограм ваги та викликає загибель відповідно 100 % або 50 % людей, потрапляє в організм через шлунок.**

Показники порогової дії характеризують первинну дію НХР на людину. За результатами впливу вони поділяються на:

- **показники загальної порогової дії – це мінімальна концентрація або доза речовини, яка викликає зміни в організмі;**

- **показники специфічної дії – це мінімальна концентрація або доза, яка викликає зміни окремих частин організму або органів.**

Показники небезпеки речовини характеризують небезпеку виникнення негативних ефектів в реальних умовах впливу.

Вони поділяються на дві групи:

- **показники потенційної небезпеки** характеризують потенційну можливість потрапляння НХР в організм;

- **показники реальної небезпеки** характеризують можливість організму опиратися дії НХР.

Гранично допустима концентрація – концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони, яка протягом робочого часу не викликає захворювань або відхилень стану здоров'я.

Класифікація НХР. Згідно з ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартів безпеки труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

За небезпекою усі НХР поділяються на 4 класи небезпеки:

- клас 1 – речовини надзвичайно небезпечні;
- клас 2 – речовини високо небезпечні;
- клас 3 – речовини помірно небезпечні;
- клас 4 – речовини мало небезпечні.

Клас небезпеки речовини встановлюється в залежності від показників токсиметрії, які складаються з наступних складових:

1. **Гранично допустима концентрація;**
2. **Середня смертельна доза при потраплянні в шлунок;**
3. **Середня смертельна доза при потраплянні на шкіру;**
4. **Середня смертельна концентрація в повітрі.**

Для цього можна використати наступну таблицю.

Таблиця 6.1. Характеристика класів небезпеки хімічних речовин (ДСТУ12007-76)

| Показник | Норма для класу небезпеки | | | |
|--|---------------------------|---------|----------|-------------|
| | I | II | III | IV |
| ГДК речовини в повітрі робочої зони, мг/м ³ | менше 0,1 | 0,1–1 | 1,1–10 | більше 10 |
| LD ₅₀ при потраплянні речовини до шлунку, мг/кг | менше 15 | 15–150 | 151–500 | більше 500 |
| LD ₅₀ при потраплянні речовини на шкіру, мг/кг | менше 100 | 100–500 | 501–2500 | більше 2500 |
| LC ₅₀ речовини в повітрі, мг/м ³ . | менше 0,5 | 0,5–5 | 5–50 | більше 50 |

Приклад

До якого класу небезпеки відноситься речовина, для якої ГДК в повітрі робочої зони складає 10 мг/м³, середня смертельна доза при потраплянні речовини до шлунку – 100 мг/кг, середня смертельна доза при потраплянні речовини на шкіру 2500 мг/кг, середня смертельна концентрація речовини в повітрі 60 мг/м³?

Розв'язання.

Клас небезпеки встановлюють за таблицею, за найбільш жорстким показником для даної речовини.

| Показник | Величина | Клас небезпеки |
|--|----------|----------------|
| ГДК речовини в повітрі робочої зони, мг/м ³ | 10 | III |
| LD ₅₀ при потраплянні речовини до шлунку, мг/кг | 100 | II |
| LD ₅₀ при потраплянні речовини на шкіру, мг/кг | 2500 | III |
| LC ₅₀ речовини в повітрі, мг/м ³ . | 60 | IV |

Отже, речовина відноситься до другого класу небезпеки (високонебезпечні речовини).

За характером впливу на організм НХР поділяються на наступні групи:

I. Речовини задушливої дії:

- 1) з вираженим припікальним ефектом (***хлор*** та ін.)
- 2) зі слабкою припікальною дією (***фосген*** та ін.)

II. Речовини загальноотруйної дії (синильна кислота, ціаніди, чадний газ та ін.).

III. Речовини задушливої загальноотруйної дії.

- 1) з вираженою припікальною дією (***акрилонітрил, азотна кислота, сполуки фтору*** й ін.)
- 2) зі слабкою припікальною дією (***сірководень, сірчистий ангідрид, оксиди азоту*** й ін.).

IV. Нейротропні отрути (фосфорорганічні сполуки, сірковуглець, тетраетилсвинець та ін.).

V. Речовини нейротропної і задушливої дії (аміак, гідразин та ін.).

VI. Метаболічні отрути (дихлоретан, оксид етилену й ін.).

VII. Речовини, що порушують обмін речовин (діоксин, бензфурані й ін.).

Крім того, НХР поділяються на швидкодіючі і повільнодіючі. У разі ураження швидкодіючими НХР картина отруєння розвивається швидко, а у випадку ураження повільнодіючими НХР до прояву картини отруєння проходить кілька годин, так званий латентний або прихований період.

Висновок із 1 питання: Можливість більш-менш тривалого зараження місцевості залежить від стійкості хімічної речовини.

Стійкість і здатність заражати поверхні залежить від температури кипіння речовини. До нестійких відносяться НХР з температурою кипіння нижче 130 °С, а до стійких – речовини з температурою кипіння вище 130 °С. Нестійкі НХР заражають місцевість на хвилини або десятки хвилин. Стійкі зберігають властивості, а отже й уражаючу дію, від декількох годин до декількох місяців.

2. Типові хімічно небезпечні об'єкти

Аварії на ХНО виникають, як правило, при подіях екстремального характеру, коли має місце різке і значне за значенням відхилення параметрів технологічних процесів від нормального їхнього значення, що і викликає ризик аварії і виникнення надзвичайних ситуацій.

До хімічно небезпечних об'єктів (підприємств) відносяться:

- **заводи і комбінати хімічних галузей промисловості**, а також окремі установки й агрегати, що виробляють чи використовують СДОР;

- **заводи (їхні комплекси) із переробки нафтопродуктів;**
- **технології і виробництва інших галузей промисловості, що використовують СДОР;**

- **підприємства, що мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції й очисні споруди, які використовують хлор чи аміак;**

- **залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних виробництв, термінали і склади на кінцевих пунктах переміщення СДОР;**

- **транспортні засоби**, контейнери і наливні потяги, автоцистерни, річкові і морські танкери, **що перевозять хімічні продукти**;

- **склади і бази, на яких зберігаються запаси речовин** для дезінфекції, дератизації сховищ для зерна і продуктів його переробки;

- **склади і бази з запасами отрутохімікатів** для сільського господарства;

- **трубопровідний транспорт.**

У цілому, об'єкти з хімічно небезпечними компонентами характеризуються однорідною структурою: переробні установки, приймальні, проміжні кінцеві склади; розвинута мережа комунікацій між ними. Розміщують всі елементи об'єкту, як правило, на відкритих площадках. Запаси хімічних компонентів зберігаються у великих тонкостінних резервуарах. Рідше вони укріплені залізобетонними конструкціями.

Територія підприємств із хімічно небезпечними компонентами, із вибухо- і пожежонебезпечної технологією розділяються на зони:

- адміністративно-господарську;
- **виробничу (технологічних установок);**
- допоміжну;
- **складську.**

Усі ці зони з'єднані численними трубопроводами, що можуть розташовуватись під землею, на поверхні землі і на спеціальних опорах, які піднімаються над землею до 4 метрів і більше.

Значні запаси СДОР зосереджуються в портах і на залізничному транспорті на об'єктах нового класу – терміналах. Наприклад, у районі м. Одеса є припортовий склад рідкого аміаку, що складається з чотирьох сховищ по 30 тис. тон. Розміри великих терміналів – до 100 га, загальний обсяг збереження в середньому складає 20-100 тис. т нафтохімічних продуктів, багато з яких відносяться до СДОР.

При збереженні великих обсягів СДОР (від 100 т до 50 тис. т) на сучасних підприємствах використовуються наступні основні способи:

- **під високим тиском** (до 100 атм.);
- при тиску, близькому до атмосферного, і **зниженої температури до -50 °С**, так званий ізотермічний спосіб збереження;

• у закритих ємностях при атмосферному тиску і температурі навколишнього середовища.

Наземні резервуари для збереження СДОР можуть розташовуватися групами чи стояти окремо. Для кожної групи резервуарів або окремих великих сховищ по периметру обладнуються захисне обвалування та сітка, що огорожує, або обладнуються піддони. Вони дозволяють утримувати СДОР, що розлилися, на меншій ділянці місцевості, тобто скоротити площу випаровування.

Для тимчасового збереження СДОР перед відправленням на базисні і видаткові склади ХНО використовуються залізничні склади, розташовані в тупиках на відстані не ближче 300 м від житлових і суспільних будинків. Збереження СДОР на залізничних складах здійснюється, як правило, у спеціальних цистернах. Термін збереження їх не повинний перевищувати 2-3 доби. Однак, гранично припустимі кількості СДОР, що зберігаються на таких складах, не встановлюються, що приводить до безконтрольного скупчування цистерн, які використовуються як тимчасові сховища.

Залізничний транспорт є основним способом перевезення СДОР. Крім цистерн місткістю від 40 до 60 т, для транспортування СДОР використовуються різні контейнери ємністю від 0,1 до 0,8 м³ і балони ємністю від 0,016 до 0,05 м³.

У сполученні з високим енергетичним потенціалом пожежо- і вибухонебезпечності ці характеристики показують, що навіть незначне порушення технології може привести до ланцюгових процесів руйнівного характеру і швидкого утворення хімічних вражаючих факторів.

Хімічні вражаючі фактори – це зараження різних складових навколишнього середовища токсичними речовинами, а також термічного, ударного й іншого навантаження, що виникають у результаті неконтрольованого вивільнення і реакції хімічних енергоносіїв.

Об'єкти (підприємства)/, на яких використовуються чи зберігаються хімічно небезпечні речовини, розділені за ступенями хімічної безпеки.

Критерії класифікації адміністративно-територіальних одиниць (АТО) і хімічно-небезпечних об'єктів (крім залізниць). Хімічно небезпечні об'єкти, на яких використовується і зберігається велика кількість хлору, хлороємких і інших легких

токсичних речовин (склади рідкого хлору, водопровідно-каналізаційні станції, хімічні підприємства) значною мірою оснащені старим чи зношеним устаткуванням. За останні 5 років заміна чи відновлення основних виробничих фондів цих об'єктів практично не здійснювалося. Хоча в цілому, у порівнянні з устаткуванням холодильних підприємств, експлуатація їхніх основних фондів здійснюється у більшій відповідності до вимог існуючих нормативних документів. Це обумовлено тим, що виробництва, про які йде мова, мають відпрацьовану за багато років нормативну базу з питань безпеки їх функціонування.

Технічний стан холодильно-компресорного устаткування, апаратів, запірної і регулюючої апаратури, систем електропостачання, контрольно-вимірювальних приладів на більшості підприємств (90 %) сільського господарства, м'ясомолочної і харчової промисловості не гарантує безпечну роботу аміачних холодильних установок. Ці установки відробили 2-3 амортизаційних терміни і практично не підлягають ремонту через відсутність сертифікаційних запчастин. Управління холодильними агрегатами здійснюється, як правило, у ручному режимі. На багатьох агрегатах прилади, що захищають їх від небезпечних режимів роботи, працюють не в повному обсязі, чи взагалі не працюють. *Практично на 50 % підприємств через порушення герметичності холодильних систем щорічно здійснюється дозаправлення рідким аміаком у кількості від 5 до 35 т.*

Великі недоліки мають місце при експлуатації трубопроводів. Слід зазначити, що конструктивні особливості існуючих магістральних і розподільних нафто- і газопроводів не дозволяють ефективно і швидко зупинити витікання газу, нафтопродуктів, СДОР у випадку прориву труби. Запірні крани і засувки встановлені на великих відстанях (20 км) один від іншого, внаслідок чого витікання продукту з ушкодженої ділянки після її відключення продовжується ще тривалий час.

Аналіз стану основних фондів і технічна оснащеність нафто-, газо- і продуктопроводів показує, що існуюча система до нинішнього часу виробила свій ресурс і без істотних заходів щодо її відновлення найближчим часом, може привести до значного підвищення аварійності в цій галузі економіки. Потреба у відновленні лінійних частин магістральних трубопроводів складає 500 км у рік. Фактичне виконання робіт з капітального

ремонту і реконструкції газо-трансформаторної системи майже в 10 разів нижча від потреби.

Небезпека збільшується ще й тим, що в усіх без винятку областях органами виконавчої місцевої влади систематично, без узгодження з підрозділами Держнафтогазпрому, видають дозвіл землекористувачам на будівництво в охоронних зонах магістральних трубопроводів.

На території цих зон прокладаються автодороги, будуються різні побутові і технічні споруди, у тому числі такі пожежонебезпечні об'єкти, як гаражі і тракторні станції.

Умови виникнення уражаючих факторів пов'язані в першу чергу з властивостями речовин, що знаходяться на ХНО, і умовами їх зберігання. Масштаби зони хімічного зараження залежать також від токсичності СДОР і його кількості, що потрапила в приземний шар атмосфери.

Таким чином, виділяти типові ХНО з погляду ЦО впливає, насамперед, за ознаками:

- кількість СДОР на ХНО;
- токсичність СДОР на ХНО;
- технологія збереження (чи одержання) СДОР.

Іноді визначається типізація ХНО за виробничими ознаками:

- ХНО, що роблять СДОР;
- ХНО, що споживають СДОР.

Виділяючи типові об'єкти по кількості СДОР, що зберігаються на ХНО, необхідно вирішити наступні питання:

• чи перевищують глибини зон можливого хімічного зараження геометричні розміри ХНО?

• чи перевищують глибини зон можливого зараження радіус санітарно-захисної зони?

Висновок із 2 питання: Для віднесення ХНО до того або іншого типу хімічнонебезпечних об'єктів варто визначити відповідні ознаки типізації в промисловості. Ведучою ознакою є галузева і підгалузева спеціалізація об'єктів, однак, для ЦЗ така градація неприйнятна. Тому що заходи ЦЗ спрямовані на ліквідацію наслідків можливих аварій, то варто визначити типи хімічно небезпечних об'єктів, насамперед у залежності від умов виникнення вражаючих факторів аварії, характеру впливу цих факторів і від масштабів можливих наслідків.

Висновок із теми 6: При оцінці наслідків аварій на ХНО, як правило, виходять з передумови про можливість аварії з одночасним руйнуванням тільки одного найбільшого сховища з СДОР (не для випадку аварії на транспорті).

У той же час, при визначених екстремальних подіях (стихійні лиха, аварії) можливі руйнування всіх сховищ ХНО з різними типами СДОР. Тому впливає, що при визначенні зон можливого хімічного зараження слід проводити розрахунки за кожним із варіантів.

Аналіз ХНО і віднесення їх до того або іншого типу хімічно небезпечних об'єктів необхідні для оцінки масштабів можливих аварій і розробки планів з ліквідації їхніх наслідків.

Запитання для самоконтролю:

1. Що таке хімічно небезпечний об'єкт?
2. Ступені хімічної небезпеки об'єкту.
3. Поняття «Хімічно небезпечне місто».
4. Поняття «Сильнодіючі отруйні речовини».
5. Поняття «Небезпечна хімічна речовина».
6. Поняття «Токсичності». Як проявляється та від чого залежить токсичний ефект?
7. Що таке Концентрація НХР, та які способи її вираження?
8. Поняття «Токсодоза».
9. Показники смертельної дії та показники порогової дії.
10. Гранично допустима концентрація.
11. Класифікація НХР.
12. Поділ НХР за характером впливу на організм.
13. Які підприємства відносяться до хімічно небезпечних об'єктів?
14. Що включають хімічні вражаючі фактори?
15. Що впливає на масштаби наслідків аварій на ХНО?

Література:

1. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
2. «Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека» / За загальною редакцією В. В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007. – 636 с., стор. 39-43.

ТЕМА 7. ХАРАКТЕРИСТИКА АВАРІЙ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ І ТРАНСПОРТІ

1. Характеристика НС на хімічно небезпечних об'єктах

У залежності від фізико-хімічних властивостей НХР, умов використання, зберігання і транспортування, у результаті аварій на ХНО можуть виникати НС чотирьох основних типів, що відрізняються один від одного характером впливу факторів ураження, організацією і технологією локалізації і знезаражування джерела хімічного зараження з:

- утворенням тільки первинної хмари НХР;
- утворенням виливу, первинної і вторинної хмар НХР;
- утворенням виливу і тільки вторинної хмари НХР;
- із зараженням території (грунту, води) малолетючими НХР.

Первинна хмара НХР – це пароподібна частина НХР, що є в будь-якій ємності над поверхнею рідкої або скрапленої НХР і виходить в атмосферу безпосередньо при руйнуванні ємності без випарювання з підстильної поверхні.

Вторинна хмара НХР – це хмара НХР, що виникає протягом певного часу внаслідок випаровування НХР з підстильної поверхні (для легколетючих речовин час розвитку вторинної хмари після закінчення дії первинної хмари відсутній, для інших речовин він залежить від властивостей НХР, стану обвалування та температури повітря).

Перший тип НС може виникнути у випадку миттєвої розгерметизації (наприклад, у результаті вибуху) ємностей або технологічного устаткування з газоподібними (під тиском), криогенними (температура нижче 273 °С), перегрітими зрідженими НХР, у результаті чого утвориться первинна парогазова або аерозольна хмара НХР з високою концентрацією токсичної речовини у повітрі.

Виливу рідинної фази, як правило, при цьому не відбувається або вилита речовина швидко (за кілька хвилин) випаровується за рахунок тепла навколишнього середовища. У залежності від метеорологічних умов хмара НХР поширюється на прилягаючу до аварійного об'єкту територію, несучи смертельну небезпеку для

проживаючого на ній населення. Перший тип НС є найнебезпечнішим як з погляду інтенсивності впливу факторів ураження, так і труднощів швидкого реагування на НС органів управління і сил ДСНС для запобігання або зниження втрат.

Основним фактором ураження при цьому є інгаляційний вплив на людей і тварин високих (смертельних) концентрацій парів НХР.

При цьому масштаби ураження залежать від:

- **розмірів первинної хмари (кількості викинутої в повітря НХР);**
- **концентрації отруйної речовини в ній;**
- **швидкості вітру;**
- **стану приземного шару атмосфери (інверсія або конвекція);**
- **щільності парів речовини (легше або важче повітря);**
- **часу доби (нічний або денний);**
- **характеру місцевості (сільська місцевість або міська забудова);**
- **щільності населення, яке проживає в імовірній зоні хімічного забруднення та інших умов.**

У цих умовах аварійно-рятувальні роботи необхідно організувати та провести в можливо короткий термін.

Другий тип НС може виникнути при аварійних виливах (викидах) НХР на ХНО, що використовують (зберігають або транспортують) зріджені отруйні гази (аміак, хлор тощо) та перегріті летучі токсичні рідини з температурою кипіння нижче температури навколишнього середовища (окиси етилену, фосгену, азоту, сірчистий ангідрид, синильна кислота, тощо).

Третій тип НС може виникнути при великих аваріях на ХНО в результаті великих виливів у піддон (обвалування) або на поверхню, що підстилає, зріджених (ізотермічне зберігання) або рідинних НХР з температурою кипіння нижчою, або близької до температури навколишнього середовища, коли, внаслідок випаровування продукту, утвориться тільки вторинна хмара парів токсичної речовини із вражаючими концентраціями, що, при сприятливих метеорологічних умовах, може поширитися на значні відстані від місця аварії.

Четвертий тип НС (при великих аваріях на ХНО) може виникнути в результаті аварійного виливу (викиду) значної

кількості окремих малолетючих НХР (рідина, з температурою кипіння, значно вищою температури навколишнього середовища, або твердою) **у зв'язку із чим може відбутися забруднення місцевості (грунту, води)** з небезпечними наслідками для живих організмів і рослинності.

Безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів залежить від багатьох факторів:

- **фізико-хімічних властивостей сировини;**
- **напівпродуктів і продуктів;**
- **характеру технологічного процесу і надійності обладнання;**
- **умов зберігання і транспортування хімічних речовин;**
- **стану контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації;**
- **ефективності засобів протиаварійного захисту, тощо.**

Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезення НХР значною мірою залежить від:

- **рівня організації профілактичної роботи;**
- **своєчасності та якості планових попереджувальних робіт;**
- **підготовленості та практичних навичок персоналу;**
- **системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту.**

Для зберігання НХР на складах підприємств використовуються наступні головні способи:

- **у резервуарах під високим тиском;**
- **в ізотермічних сховищах при тиску, близькому до атмосферного** (низькотемпературне сховище), або до 1 Па (ізотермічне сховище, при цьому використовуються шарові резервуари великої місткості);
- **зберігання при температурі навколишнього середовища в закритих ємностях** (характерно для сильно киплячих рідин).

Аналіз аварійних ситуацій, що мали місце, і виконані розрахунки показують, що небезпечні хімічні компоненти можуть бути джерелом:

- **залпових викидів НХР** у повітря, водойми; хімічної пожежі з поступом токсичних речовин;
- **руйнівних вибухів;**

• **забруднення об'єктів і місцевості в осередках аварії** та з наслідком розповсюдження хмари;

• **широких зон задимлення** у сполучі з токсичними продуктами.

Для будь-якої аварії характерні стадії виникнення, розвитку і спаду небезпеки. На хімічно небезпечному об'єкті в розпалі аварії можуть діяти, як правило, декілька факторів ураження: пожежа, вибухи, хімічне забруднення повітря і місцевості та інші, а за межами об'єктів – забруднення довкілля.

Дія НХР через органи дихання частіше, ніж через інші шляхи впливу, призводить до ураження людей, реалізується на великих відстанях і площах зі швидкістю вітрового переносу. Для багатьох НХР характерні тривалість забруднення навколишнього середовища, а також прояв віддалених ефектів ураження людей і об'єктів біосфери.

Масштаби ураження з виливом (викидом) НХР дуже сильно залежать від метеорологічних обставин і умов зберігання НХР. Так, іноді сильний вилив (викид) може не спричинити значної шкоди або вона буде мінімальною, у той же час менший вилив (викид) в інших умовах може призвести до більшої шкоди.

Висновок із 1 питання: При аваріях на складах зберігання НХР, коли руйнуються (ушкоджуються) великі ємності, НХР розповсюджуються за межі підприємства та спричиняють масове ураження не тільки персоналу підприємства, але й населення, яке мешкає поблизу. Місткість складу зберігання НХР на будь-якому підприємстві визначається залежно від запасу, який необхідний для забезпечення безперебійної роботи підприємства, а також від доцільно допустимого накопичення продукції, що призначена до відправки споживачам.

2. Хімічна розвідка та хімічний контроль при виникненні НС на хімічно небезпечних об'єктах

Хімічна розвідка і хімічний контроль є одним з основних заходів, що здійснюються в ході ліквідації наслідків аварій з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин та спрямовані на виявлення хімічної обстановки в районі аварії.

Виявлення хімічної обстановки досягається:

• **розвідкою району аварії для визначення межі та зони забруднення НХР**, оцінкою кількості небезпечної хімічної

речовини, що вилася (викинулася), і щільності забруднення нею місцевості, визначенням напряму розповсюдження рідкої та парогазової фази НХР;

- **розвідкою маршрутів підходу до району аварії, евакуації населення, тварин, шляхів обходу району забруднення;**

- **визначенням масштабів і ступеню забруднення повітря НХР, контролем за їх зміною у часі;**

- **визначенням можливості перебування в районі аварії без засобів захисту після ліквідації забруднення НХР;**

- **відбиранням проб** повітря, ґрунту, води, продуктів харчування, змивів із обладнання, будинків, споруд і техніки.

Хімічний контроль, що здійснюється у районах аварій з виливом (викидом) НХР, включає:

- **визначення ступеню забруднення НХР, обладнання, будинків, споруд, техніки, повітря, ґрунту і джерел води в районі аварії, контроль за зміною забруднення у часі;**

- **встановлення можливості безпечного перебування населення, особового складу військ, сил цивільного захисту у районі аварії без засобів захисту;**

- **ідентифікацію небезпечних хімічних речовин.**

Штаб з ліквідації аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин відповідно до покладених на нього завдань:

- **визначає зону ураження НХР, кількість і місця перебування в ній людей, організовує їх рятування та надання медичної допомоги;**

- **здійснює збір, обробку, аналіз та узагальнення даних про обстановку у зоні надзвичайних ситуацій;**

- **визначає заходи щодо ліквідації осередку аварії, приймає рішення щодо проведення аварійно-рятувальних робіт, захисту населення і територій, забезпечення життєдіяльності постраждалого населення;**

- **розробляє оперативний план ліквідації аварії та її наслідків, зосереджує необхідні сили і засоби та своєчасно вводить їх у дію;**

- **організовує взаємодію аварійно-рятувальних служб та формувань, залучених до ліквідації аварії;**

- **здійснює керівництво роботами з ліквідації наслідків аварії;**

- **веде облік робіт, що були проведені під час ліквідації наслідків аварії;**

- веде облік постраждалих та загиблих внаслідок аварії;
- здійснює інформування населення про наслідки та прогноз розвитку аварії, хід її ліквідації та правила поведінки у зоні ураження.

Проведення хімічної розвідки та контролю здійснюється з використанням різних засобів і методів їх відбору, використанням переносних (пересувних) і стаціонарних засобів виявлення концентрації НХР, у тому числі експрес-методів, від промислового призначення до побутових.

Методи визначення наявності отруйної речовини в повітрі

Існує багато методів кількісного визначення концентрації речовини, кожен з яких має свої переваги та недоліки. В основу, як правило, закладено один з фізичних, фізико-хімічних, хімічних чи біохімічних методів.

Кількісний аналіз – сукупність методів (теоретичних і практичних) визначення абсолютного або відносного вмісту хімічних елементів в речовинах і (або) речовин в сумішах.

Оптичні методи. Засновані на дослідженні спектрів поглинання, випромінювання або розсіяння світла речовинами.

1. *Фотометричний* – вивчення поглинання забарвленими речовинами у видимій і УФ областях.

2. *Нефелометричний* – вимірювання розсіяння світла колоїдними системами.

3. *Емісійний спектральний* – вивчення спектрів випромінювання (емісії) збуджених атомів.

4. *Фотометрія полум'я* – вимір інтенсивності випромінювання при збудженні полум'ям за допомогою фотоелементів; чутливість 10^{-3} г.

5. *Люмінесцентний* – вимір люмінесценції (свічення) при збудженні УФ. Інтенсивність свічення \sim концентрації. Чутливість 10^{-8} - 10^{-10} г.

6. *Рентгеноспектральний* – дослідження речовини за допомогою рентгенівських (X) променів по:

- характеристичному рентгенівському випромінюванню;
- аналізу енергії електронів, що випускаються, – електронна спектроскопія.

Електрохімічні методи:

1. *Електрогравіметричний.* Електроліз з виділенням

речовин на електродах і їх зважування.

2. *Електротитриметричний (об'ємний)*. Еквівалентний перехід визначають по зміні електричних властивостей розчину.

3. *Потенціометричний*. Вимірювання потенціалу електроду.

4. *Кондуктометричний*. Вимірювання електропровідності системи.

5. *Кулонометричний*. Вимірювання кількості електричної енергії, що йде на окислення або відновлення речовини.

6. *Вольтамперометричний*. Вивчають залежність струм – потенціал.

7. *Полярграфічний*. Визначають величину дифузійного струму, пропорційну концентрації речовини.

Інші методи аналізу:

Мас-спектральний метод. Заснований на розділенні потоку іонів в електричному і магнітному полі залежно від відношення їх маси до заряду.

Хроматографічний метод. Заснований на розділенні суміші розчинених речовин, суміші газів, пари рідин сорбційним методом в динамічних умовах. Існує рідинна (колоночна, паперова, тонкошарова), газо-рідинна та газова хроматографія.

Радіометричний метод. Заснований на вимірюванні лічильниками Гейгера-Мюллера інтенсивності випромінювання в одиницю часу радіоактивних елементів, що входять в склад речовини.

В залежності від місця проведення аналізу для кількісного визначення вмісту НХР в повітрі, методи класифікують на:

- лабораторні;
- стаціонарні;
- експрес аналізи.

Лабораторні аналізи проводять в хіміко-аналітичних лабораторіях, або в спеціально обладнаних транспортних засобах. Проби НХР, поглинутих з повітря в спеціальні розчини, доставляють в такі лабораторії, що вимагає певного часу.

Стаціонарні газоаналізатори розміщують на об'єктах, що мають підвищений рівень хімічної небезпеки. Існуюча об'єктова система виявлення надзвичайної ситуації може бути використана для оцінки зон забруднення на території об'єкту під час аварії.

Експрес аналізи здійснюються за допомогою портативних приладів. Ці прилади найбільш придатні для використання у формуваннях, які проводять локалізацію та ліквідацію аварії.

Серед портативних приладів газового аналізу існує велика кількість переносних газоаналізаторів, які за принципом роботи ділять на два основних типи: електрохімічні та фотоколориметричні.

В електрохімічних газоаналізаторах використовуються спеціальні електроди (ртутні, платинові, напівпровідникові або іон-селективні), на яких і відбуваються хімічні процеси під дією струму.

Фотоколориметричні газоаналізатори працюють на основі кольорових хімічних реакцій. У цих приладах використовують індикаторні трубки та стрічки. Концентрацію речовини визначають в залежності від інтенсивності зміни кольору, або довжини індикаційного шару, що змінив колір.

Перелік речовин, що можуть визначатися портативними газоаналізаторами достатньо великий, але для електрохімічних приладів він обмежується речовинами: Cl₂, F₂, Cl₂, O₃, O₂, H₂, SO₂, CO, CO₂, NO₂, NO, NH₃, H₂S, HF, HCl, PH₃, C₃H₈, C₆H₁₄, Σ горючих газів, серед яких $\frac{3}{4}$ відноситься до НХР.

Для фотоколориметричних газоаналізаторів кількість речовин, що визначаються, обмежується номенклатурою індикаторних трубок, яка у різних виробників досить широка, наприклад, у Німецької компанії «Dräger» – це близько 180 речовин. Це також індикаторні трубки для визначення бойових отруйних речовин та пестицидів.

Кількість речовин, що визначається одним приладом для портативних електрохімічних газоаналізаторів може бути до 5. У фотоколориметричних приладах кількість речовин, що визначаються, обмежується кількістю індикаторних трубок, наявних у комплекті з приладом. Причому конструкція дозволяє одним приладом визначити багато речовин, змінюючи лише індикаторну трубку та режим прокачування повітря.

Час проведення виміру для портативних газоаналізаторів становить для більшості забруднювачів до 10 хв.

Так час просмоктування забрудненого повітря для індикаторних трубок різних виробників та для різних речовин, що аналізують, знаходиться в межах від 1 до 10 хв, що видно з таблиці 7.1.

Таблиця. 7.1. Час відбору проби газоаналізаторами з індикаторними трубками

| Газ, що визначається | Приблизний час просмокування, с | |
|----------------------|---------------------------------|---------|
| | для комплекту-лабораторії | УГ-2, с |
| Аміак | 120 | 120 |
| Ацетон | 180-360 | 420 |
| Бензол | 120 | 360 |
| Вуглеводні нафти | 600 | 420 |
| Толуол | 120 | 420 |
| Хлор | 60-360 | 360 |

Точність вимірювання визначається зворотною до неї характеристикою – похибкою, яка для всіх атестованих в органах метрології газоаналізаторів не повинна перевищувати 25 %.

В умовах аварії на відкритій території концентрація НХР не залишається сталою. Зміна концентрації відбувається внаслідок плинності повітря та градієнту тиску. Разом з рухом повітря відбувається рух первинної і вторинної хмари НХР. В зв'язку з цим змінюється концентрація речовини, що визначають. Тому, при проведенні газового аналізу результати вимірювань приладів показують середню концентрацію газу, що аналізується, за весь час відбору проби ($\Delta\tau$) (рис. 7.1).

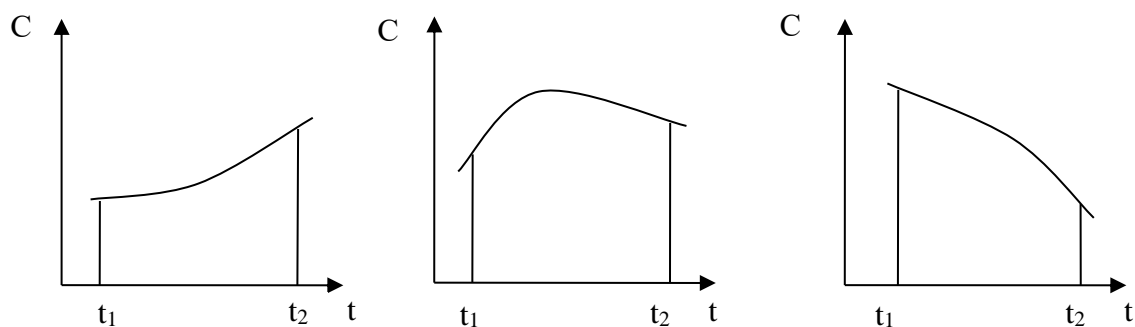


Рис. 7.1. Зміна концентрації контрольованої речовини протягом заміру, де τ_1 - час початку відбору проби, τ_2 – час закінчення відбору проби.

Для електрохімічних приладів також характерна певна інерціальність у роботі, яка залежить від часу стабілізації вихідного сигналу датчика, і складає від 15 с до 5 хв.

Одною з основних характеристик портативних газоаналізаторів є селективність, яка визначає можливість вимірювання заданої НХР на фоні присутності інших речовин. Фонові ж речовини, наприклад димові гази, не повинні впливати на показання приладу, оскільки це може суттєво спотворити показання приладу та вимагає після винайдення НХР швидким методом, перевірити показання більш селективним. В плані селективності індикаторні трубки та інші фотоколориметричні методи значно надійніші, ніж електрохімічні.

Розглянемо найбільш розповсюджені газоаналізатори НХР.

УГ-2 – універсальний газоаналізатор на базі індикаторних трубок з великою точністю просмоктування повітря ($\pm 5\%$). Недоліками його є велике зусилля розтягання пружини (20 кг), не чітка фіксація закінчення просмоктування, недостатньо широкий діапазон вимірювань, внаслідок чого визначення проводять спочатку для великих концентрацій НХР, потім для низьких (до $\frac{1}{2}$ ГДК робочої зони).



Універсальний газоаналізатор УГ-2

АМ-5, німецької фірми «Dräger» – ще один газоаналізатор на основі індикаторних трубок просмоктуючий пристрій, простий у використанні, але без фіксації просмоктування й лічильника числа прокачувань. При використанні операторами відзначається просмоктування із значною похибкою (30-40 %), а також швидко втомлюється рука.



Просмоктуючий пристрій АМ-5

Насос «Хигитест» для посмоктування повітря крізь індикаторні трубки – поршневий насос, простий у роботі, але не забезпечує фіксацію закінчення циклу просмоктування, не виключене проскакування газу при зворотному ході поршня.



Насос «Хигитест»

Насос «Kitagawa» – аналогічний поршневий насос для індикаторних трубок, надійний у роботі, але також не забезпечує фіксацію закінчення циклу просмоктування.



Набір для експрес аналізу з насосом «Kitagawa»

В останні роки в ряді країни поширюється випуск електрохімічних газоаналізаторів, оскільки вони прості в використанні, а вимірювання відбувається швидко. Але при їх використанні слід пам'ятати, що їх недоліком є низька селективність. Тому, якщо таким приладом буде ідентифікована певна НХР, обов'язково слід перевірити результат ото колориметричним методом газоаналізатором з індикаторними трубками, або хімічними методами в лабораторії.

Метрологічні характеристики індикаторних трубок. Похибки індикаторних трубок і точність виміру

При вимірюванні концентрації речовини в повітрі й інших газових середовищах навіть найдосконалішими методами завжди залишається деякий сумнів щодо точності й вірогідності результатів. На правильність результатів, у більшому або меншому ступені, впливають будь-які неточності. Похибку засобу вимірювання можна визначити як різницю між результатом вимірів і справжнім значенням вимірюваної величини. Але «справжнє» значення концентрації – поняття ідеальне, то на практиці отримане значення вимірюваної величини порівнюють зі значенням, прийнятим за дійсне, хоча воно також має свою похибку.

Причинами виникнення похибок є, з одного боку, недосконалість методів вимірів і технічних засобів, що

застосовувалися при вимірах, а також органів чуттів спостерігача (оператора, лаборанта), і з іншого боку – вплив умов проведення вимірювань. Згадані причини виникнення похибок визначаються сукупністю великої кількості факторів, під впливом яких і складається сумарна похибка вимірювання.

Фактори, що приводять до виникнення похибок вимірів, можна розділити на дві групи: фактори, що проявляються досить нерегулярно й так само раптово зникають, або проявляються з інтенсивністю, що важко передбачати, і фактори, постійні або такі, що закономірно змінюються в процесі вимірювального експерименту. У процесі виміру всі фактори проявляються одночасно, і похибку виміру можна представити у вигляді суми випадкової й систематичної похибок.

При створенні засобів вимірювань і організації самого процесу вимірювання інтенсивність прояву більшості випадкових факторів у цілому вдається звести до заданого рівня, таким чином що всі вони мінімально впливають на формування випадкової похибки. Однак деякі помилки в ході вимірювання можуть виявити занадто сильний вплив, у результаті чого величина похибки може вийти за межі, регламентовані при атестації газоаналізатору. Такі похибки називаються грубими і повинні бути виключені з результатів. До них близько відносяться промахи – похибки, що залежать від спостерігача й пов'язані з неправильним обігом із засобами вимірів, невірним відліком показань або помилками при записі результатів. Таким чином, до виникнення грубих похибок (або промахів) при вимірах індикаторними трубками можуть привести неправильні дії оператора.

Грубі похибки не завжди очевидні. Вони навіть можуть відтворюватися при повторних визначеннях, тому що кожен оператор, маючи характерний індивідуальний стиль роботи, може повторити помилку не знаючи про неї. Тому будь-яка значна розбіжність результатів декількох вимірів дає підставу підозрювати грубі похибки, викликані діями оператора, правильністю роботи засобу виміру або його справністю. Кращий спосіб переконатися у відсутності грубих похибок – повторення виміру іншим оператором.

Оператор у ході вимірювань повинен проводити внутрішній контроль точності результатів по їхній збіжності. Для одержання результатів, що мінімально відрізняються від щирих значень

величин, проводять багаторазові спостереження за вимірюваною величиною з наступною математичною обробкою досвідчених даних. Грубі похибки при оцінці величини сумарної похибки результату виміру не враховуються, тому що роблять вимір недостовірним. Відповідні результати вимірів відкидають (відбраковують). Наприклад, у випадку нерівної або розмитої границі забарвлених шарів вихідного реагенту й індикаторного порошку, що прореагував, за довжину пофарбованого стовпчика приймають середнє арифметичне значення максимальної й мінімальної довжин (рис. 7.2). У виняткових випадках границя розділу шарів може мати вузьку клинчасту форму, при цьому різниця між максимальною й мінімальною довжинами пофарбованого шару становить більше 10 мм. Показання такої трубки відкидають.

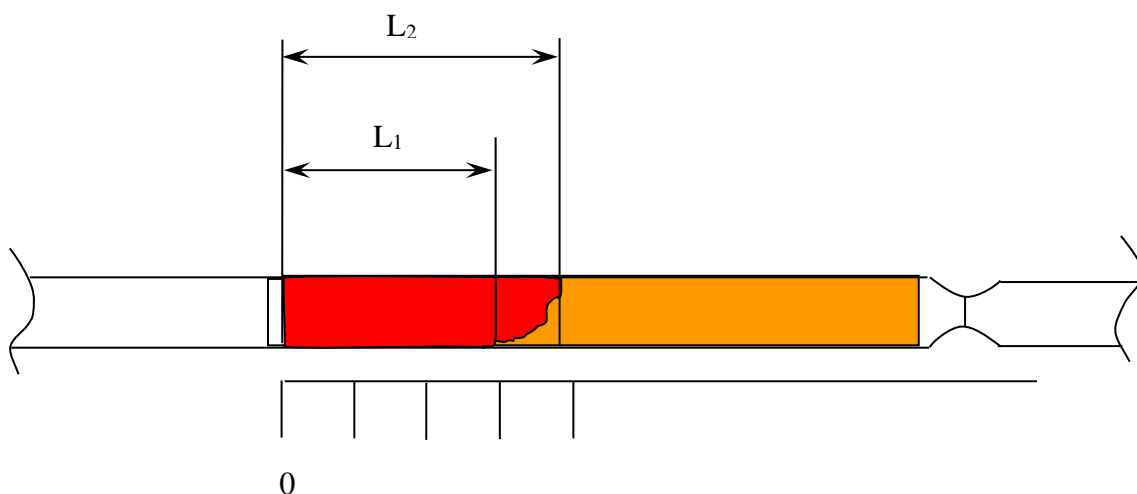


Рисунок 7.2. Визначення довжини індикаторного шару, що змінив колір

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Систематична похибка вимірів індикаторними трубками залежить від таких факторів, як:

- якість градуировки партії індикаторних трубок при випуску їхнього виробництва;

- правильність застосування трубок при наявності в аналізованому повітрі домішок, що супроводжують обумовленій речовині;

- чіткість границі пофарбованого шару внаслідок коливань вологості повітря;

- температурні коливання в процесі аналізу;

- дотримання строків і умов зберігання трубок;

- справність і правильність експлуатації повітрязаборного пристрою.

При розробці засобів вимірювання намагаються, наскільки можливо, зменшити систематичну похибку, але повністю її вилучити неможливо. Систематична похибка індикаторних трубок залишається постійною (або ж, що закономірно, змінюється) при повторних вимірах однієї й тієї ж величини, тому її можна врахувати виключити із сумарної похибки.

Основна й додаткова похибки

Основна відносна похибка колористичних трубок визначається як частка від ділення різниці між середнім значенням концентрації, отриманим при вимірах індикаторними трубками C_i , і дійсним вмістом речовини, що визначається в газовій суміші C_A на C_A , виражене у відсотках:

$$\Delta = \frac{C_i - C_A}{C_A} \cdot 100 \%$$

де C_i – концентрація забруднювача визначена газоаналізатором (мг/м³);

C_A – концентрація забруднювача, визначена за стандартною аналітичною методикою (мг/м³);

Δ – похибка визначення забруднювача в повітрі у %.

Середнє значення концентрації при стандартних умовах (20 °С, 101,3 кПа) C_A розраховується за формулою:

$$\bar{C}_A = \frac{\sum C_i}{n} \cdot K$$

де: C_i – концентрація забруднювача, визначена газоаналізатором, або результати одиничних вимірів у встановлених одиницях;

n – число вимірів;

K – коефіцієнт, що залежить від робочих умов.
Коефіцієнт K розраховують по формулі:

$$K = \frac{(273 + t) \cdot 101,3}{293 \cdot P}$$

де t – температура газів в момент виконання аналізу, °С;
 P – атмосферний тиск у момент виконання аналізу, кПа.

Основна відносна похибка виміру нормується межею відносної похибки, що для індикаторних трубок становить $\pm 25\%$, тобто перебуває на рівні точності інших фізико-хімічних методів, що використовуються для контролю забруднень повітря.

Відносна похибка вимірювання концентрації шкідливих речовин у повітрі індикаторними трубками не повинна перевищувати $\pm 25\%$ в інтервалі від 0,5 до 1,0 ГДК і менше ніж 25% при концентраціях вище ГДК при атмосферних умовах: температура навколишнього середовища від 15 до 30 °С; відносна вологість від 30 до 80 %; атмосферний тиск від 90 до 104 кПа.

Основна абсолютна похибка спрацьовування колористичних трубок, в яких вимірюється не товщина шару, що змінив колір, а зміна кольору всього шару індикатору до кольору еталону, визначається як номінальний вміст обумовленої речовини, що викликає появу індикаційного ефекту.

Додаткові похибки або функції впливу. На показання індикаторних трубок можуть впливати різні зовнішні фактори. Оцінку додаткової похибки (функції впливу) проводять для таких зовнішніх факторів, як зміна температури, зміна відносної вологості газового середовища, що аналізується, або присутність невизначеного компонента. Функцію впливу не нормують, якщо додаткова похибка у межах робочої області значень величини не перевищує 20 % межі основної похибки.

Значення основної й додаткової похибок індикаторних трубок будуть перебувати у встановлених межах при дотриманні умов зберігання й транспортування протягом середнього терміну зберігання (показник надійності індикаторних трубок).

Точність вимірів індикаторними трубками є характеристикою якості засобу вимірів, що відбиває близькість його похибки до нуля. У закордонній літературі точність індикаторних трубок розглядають іноді як показник відтворюваності результатів вимірів. З її допомогою оцінюють вплив на результати випадкових похибок. У цьому випадку

показання індикаторних трубок можуть значно відрізнятись від справжнього значення концентрації, але характеризуватися високою відтворюваністю.

Випадкова складова точності – відтворюваність результатів вимірів концентрації шкідливих речовин, характеризується відносним стандартним відхиленням (мірою випадкових відхилень показань від їхнього середнього значення). Значення відносного стандартного відхилення при аналізі індикаторними трубками коливається в широких межах – від 5-10 % до 20-30 %. Подібна відтворюваність, як правило, досить висока для задовільного визначення показників якості повітря з погляду санітарних, а в багатьох випадках і технічних вимог.

Відносне стандартне відхилення нижче 5 % при використанні індикаторних трубок практично неможливо забезпечити з технічних причин: можлива неоднакова щільність набивання індикаторного порошку в трубці, невелике коливання висоти шару порошку, зміни діаметра скляних трубок, нерівномірність просочення носія реагентами, неоднакові розміри гранул носія, неоднаковий аеродинамічний опір тампонів у трубках і ін.

Внутрішній оперативний контроль точності результатів одиничних вимірів Q можна здійснити по їхній збіжності, мірою якої при вимірах індикаторними трубками прийнято вважати середньоквадратичне відхилення.

Середньоквадратичне відхилення S обчислюють за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{C} - C_i)^2}{n-1}}$$

де \bar{C} – середнє арифметичне значення результатів одиничних вимірів;

C_i – результати одиничних вимірів;

n – кількість вимірів.

Збіжність результатів вважається задовільною, якщо величина S не перевищує 15 %, що, як правило, свідчить також про відсутність грубих випадкових похибок при аналізі. Навпроти, будь-яка значна розбіжність дає підставу підозрювати грубі похибки, наприклад підсмоктування повітря при аналізі, коли індикаторна трубка була вставлена в ущільнюючу втулку насоса

нещільно. При незадовільній збіжності результати вимірів, отриманих із грубими погрішностями, відкидають, проводять повторні виміри й повторюють розрахунок S .

Висновок із 2 питання: Проведення хімічної розвідки та контролю здійснюється з використанням різних засобів і методів їх відбору, використанням переносних (пересувних) і стаціонарних засобів виявлення концентрації НХР, у тому числі експрес-методів, від промислового призначення до побутових. Для експрес-аналізу НХР використовують селективні, швидкі методи з використанням індикаторних трубок.

Висновок із лекції: Безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) залежить від багатьох факторів, серед яких: фізико-хімічні властивості сировини, напівпродуктів і продуктів; характер технологічного процесу; конструкція та надійність обладнання; умови зберігання і транспортування небезпечних хімічних речовин; стан контрольно-вимірювальних систем; ефективність засобів протиаварійного захисту та інших факторів. Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезень небезпечних хімічних речовин у значній мірі залежить від рівня організації профілактичної роботи, своєчасності та якості планово-запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту.

Запитання для самоконтролю:

1. Як, та в залежності від чого, поділяються аварії з викидом НХР?
2. Що таке первинна та вторинні хмари НХР?
3. Чим характеризується перший тип аварій з викидом НХР?
4. Відмінності умов виникнення аварій з викидом НХР першого, другого та третього типів.
5. Чим характеризується четвертий тип аварій з викидом НХР?
6. Від чого залежать масштаби ураження в аваріях з викидом НХР?
7. Від яких факторів залежить безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів?

8. Якими заходами досягається виявлення хімічної обстановки?

9. Завдання штабу з ліквідації аварії з викидом небезпечних хімічних речовин.

10. Газоаналізатори визначення НХР в повітрі.

11. Метрологічні характеристики індикаторних трубок.

Література:

1. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.

2. 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.

ТЕМА 8. ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ РЕЧОВИНИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ХНО

1. Властивості отруйних речовин

Сильнодіючі отруйні речовини (СДОР) – це токсичні хімічні речовини, що застосовуються в господарських цілях і здатні при витіканні зі зруйнованих чи ушкоджених технологічних ємностей, сховищ і устаткування, викликати масові ураження людей.

За своїми вражаючими властивостями СДОР поділяються на такі групи:

- речовини з переважно задушливою дією (хлор, фосген, хлорпікрин та ін.);

- речовини переважно загальноотруйної дії (окис вуглецю, ціаністий водень та ін.);

- речовини задушливої та загальноотруйної дії (аміак, акрилонітрин, азотна кислота й окиси азоту, сірчистий ангідрид, фтористий водень);

- речовини, які діють на генерацію, проведення і передачу нервового імпульсу – нейротропні отрути (сірковуглець, тетраетилсвинець, фосфорорганічні сполуки й ін.);

- речовини задушливої і нейротропної дії (аміак, гептил, гідразин та ін.);

- метаболічні отрути (окис етилену, дихлоретан та ін.).

Токсичність – це властивість СДОР, яка визначає їх отруйність, що характеризується смертельною, вражаючою і граничною концентрацією.

За ступенем токсичності СДОР, які надходять в організм через органи дихання і шлунково-кишковий тракт, поділяють на шість груп.

| Групи токсичності | Середня смертельна концентрація, мг/м ³ |
|-----------------------------|--|
| Надзвичайно токсичні | менше 1 |
| Високотоксичні | 1-5 |
| Сильнотоксичні | 6-20 |
| Помірнотоксичні | 21-80 |
| Малотоксичні | 81-160 |
| Практично нетоксичні | більше 160 |

До надзвичайно і високотоксичних СДОР відносяться сполуки миш'яку, ртуті, кадмію, талію, свинцю, цинку, нікелю, заліза, фосфору, хлору, броду, синильної кислоти і деякі інші сполуки.

До сильнотоксичних хімічних речовин відносяться сірчана, азотна, соляна, ортофосфорна, оцтова й ін. кислоти, луги, аміак, їдкий калій, натрій, хлористий і бромистий метил, деякі сильнотоксичні сполуки (нітротолуол, нітробензол).

Особливу групу представляють пестициди – препарати для боротьби зі шкідниками сільського господарства, багато з яких досить токсичні для людини.

Як кількісну характеристику вражаючої дії різних токсичних для людей і тварин сполук використовують поняття токсодози.

Токсодоза – кількість речовини (в одиницях маси), віднесена до одиниці об'єму і до одиниці часу. Токсодоза характеризує кількість токсичної речовини, поглинутої організмом за певний інтервал часу.

Хімічна зброя. Її дія заснована на використанні бойових токсичних хімічних речовин і токсинів, які уражають організм людини чи тварини. 22 квітня 1918 р. у районі містечка Іпр німецькі війська провели першу газобалонну атаку (використовуючи для цієї мети хлор), у результаті якої в перші години загинуло близько 6 тис. чол., а 15 тис. одержали ураження різного ступеня складності.

За тактичним призначенням ОР поділяються на: смертельні, тимчасові, подразливі.

ОР смертельної дії:

- **нервово-паралітичні (ві-ікс, зарин, зоман);**
- **шкірноаривної дії (іприт, азотистий іприт);**
- **загальноотруйні ОР (синильна кислота, хлор-ціан);**
- **задушливі ОР (фосген);**
- **ОР, які тимчасово виводять з ладу (Бі-зет);**
- **позрадливі ОР (хлорацетофенон, адамсит, Сі-Ес).**

Токсини – хімічні речовини білкової природи рослинного, тваринного чи мікробного походження. Мають високу токсичність і здатність справляти уражаючу дію на людей і тварин. До них належить ботулічний токсин, який є найсильнішою з усіх відомих у наш час отрут смертельної дії. Смерть настає через 1-10 годин від паралічу серцевого м'яза і дихальної мускулатури.

2. Моделі розповсюдження НХР в повітрі

На теперішній час існує декілька рівнів моделей для кількісного опису процесу розсіяння викиду газоподібних речовин в атмосфері:

- 1) прості напівемпіричні моделі;
- 2) гаусівські моделі дисперсії домішок в атмосфері та моделі розсіяння, засновані на інтегральних законах збереження;
- 3) моделі, побудовані на чисельному рішенні системи рівнянь газодинаміки (моделі чисельного моделювання класу CFD – Computational Fluid Dynamics).

Прості напівемпіричні моделі раціонально використовувати в умовах відсутності достатньо продуктивної обчислювальної техніки і прикладних програм. Проте вони не дозволяють визначити концентрацію у заданій точці простору в заданий момент часу, і дають лише спрощення представлення про рух фронту і розміри зони забруднення.

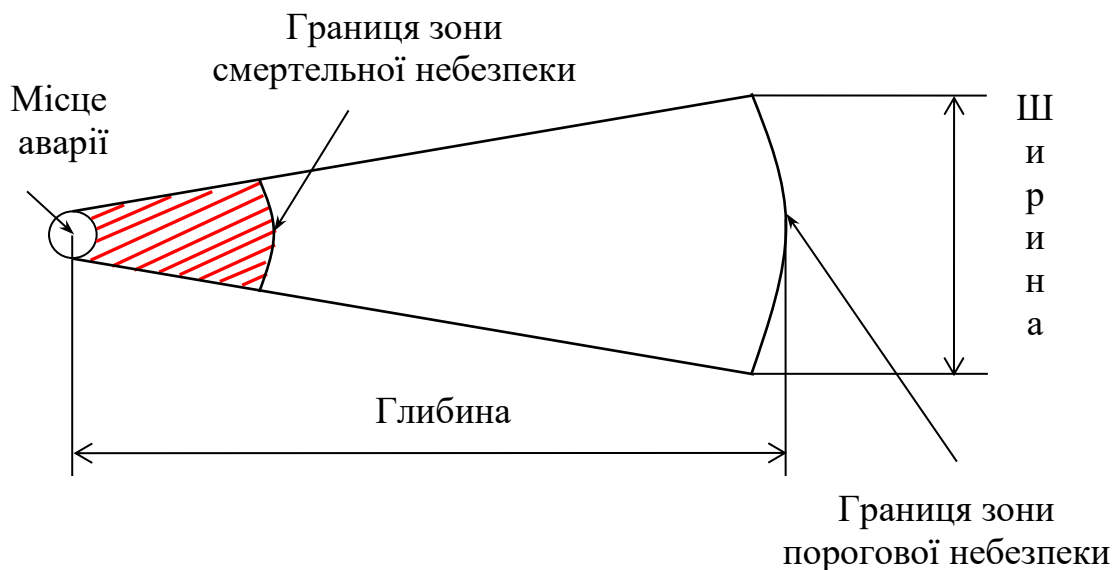


Рис. 8.1. Схема розташування зон, забруднених до критичних значень.

Перспективними є моделі, побудовані на чисельному рішенні системи рівнянь газодинаміки (моделі чисельного моделювання класу CFD – Computational Fluid Dynamics). Моделювання здійснюється за допомогою спеціальних програм, таких як FlowVision, Ansis тощо. Ці програмні комплекси дозволяють з високою точніс-

ттю змоделювати процес розповсюдження НХР в просторі під час аварії. Проте використання таких програм потребує попередньої побудови 3D-моделей місця аварії та прилеглих територій, використання комп'ютерів з високою продуктивністю та значних затрат часу для моделювання.

Найбільш простими для оперативного прогнозування є моделі на основі Гаусівської залежності:

$$\tilde{N}(x, y, z) = \frac{M}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

де $\tilde{N}(x, y, z)$ – концентрація речовини в точці з координатами x, y, z ;

M – маса речовини;

H – висота розміщення джерела забруднення;

σ_y, σ_z – дисперсії функції, їх поточні значення залежать від стану стійкості приземного шару атмосфери, шорсткості підстилаючої поверхні;

u – середня швидкість (м/с) руху речовини в напрямку вітру (вісь x);

k_x, k_y, k_z – горизонтальні і вертикальні складові коефіцієнту обміну (m^2/c).

Методики розрахунку концентрації небезпечної речовини на основі Гаусівської моделі дозволяють розв'язати рівняння:

$$C = f(x, y, z, t)$$

де t – час від початку аварії.

Ще більш перспективною є модель «розсіювання важкого газу». Ця модель використовується в програмних комплексах АЛОНА та «ТОКСИ». Розрахунки, проведені за методикою «ТОКСИ-3.1», показують, що невеликий розбіг у вхідних даних може давати суттєве відхилення результатів прогнозування від реальної обстановки. Так, для визначення часу, протягом якого НХР надходить в атмосферу необхідно знати: кількість самої НХР в обладнанні – Q , теплоємність НХР в рідкому стані – C_p , температуру кипіння НХР – $T_{\text{кип}}$, температуру навколишнього середовища – T , та теплоту випаровування НХР – $\Delta H_{\text{кип}}$,

$$t = \frac{Q}{q} \left(1 - \exp \left(\frac{C_p(T - T_{\text{кип}} + |T - T_{\text{кип}}|)}{2\Delta H_{\text{кип}}} \right) \right)$$

Далі потрібно встановити значення швидкості надходження НХР в атмосферу:

$$q = 5,83 \cdot S_{\text{max}} \sqrt{\mu} 10^{-6} \cdot \rho_H$$

де ρ_H – густина газоподібної НХР.

Час викиду НХР з резервуару при його розгерметизації залежить від температури кипіння, зовнішньої температури та розмірів отвору. На рисунку 8.2 показано час викиду 6000 кг аміаку у навколишнє середовище, при різних розмірах отвору розгерметизації у верхній частині ємкості без розливу на підстилаючу поверхню. Чим більший розмір отвору, тим швидше НХР залишає резервуар та швидше створює зону, забруднену до смертельних концентрацій.

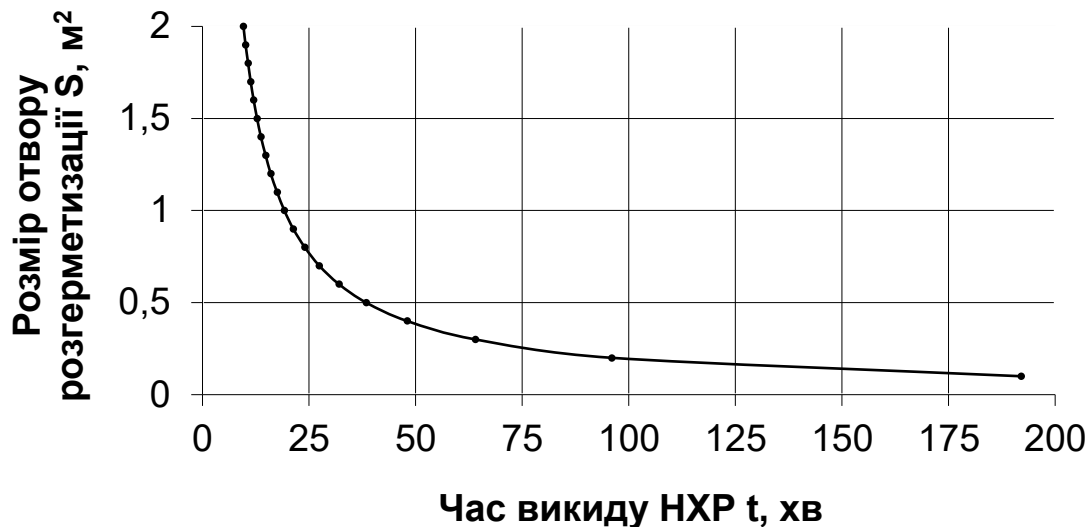


Рисунок 8.2. Залежність часу викиду НХР від розміру отвору розгерметизації

3. Оцінка хімічної обстановки при аваріях з викидом СДОР

Гранична токсодоза – інгаляційна токсодоза, яка викликає початкові симптоми ураження.

Еквівалентна кількість СДОР – це така кількість хлору, масштаб зараження яким при інверсії еквівалентний

масштабу зараження при даному ступені вертикальної стійкості кількістю даної речовини, яка перейшла в первинну (вторинну) хмару.

Площа зони фактичного зараження СДОР – площа території, зараженої СДОР у небезпечних для життя межах.

Площа зони можливого зараження СДОР – площа території, в межах якої під дією зміни напрямку вітру може переміщуватися хмара СДОР.

Швидкість випаровування розлитого СДОР залежить від товщини шару розливу. В свою чергу, товщина шару вільного розливу СДОР, якщо ємність не має обвалування, приймається за 0,05 м, а висота шару СДОР, що розлився в піддон або в обвалування, $h = H - 0,2$ м, де H – висота піддону (обвалування).

Ступінь вертикальної стійкості повітря характеризується трьома складовими: інверсією, конвекцією, ізотермією.

Інверсія (нижні шари повітря холодніші за верхні) виникає при ясній погоді, малих швидкостях вітру (до 4 м/с).

Інверсія перешкоджає розсіюванню повітря на висоті і створює сприятливі умови для зберігання високих концентрацій СДОР.

Конвекція (нижній шар повітря нагрітий сильніше за верхній, і відбувається переміщення його по вертикалі) виникає при ясній погоді, малих (до 4 м/с) швидкостях вітру. Конвекція розсіює хмару, заражену СДОР, знижує її уражаючу дію.

Ізотермія (температура повітря в межах 20-30 м від земної поверхні майже однакова) звичайно спостерігається в хмарну погоду і при сніговому покриві. Ізотермія сприяє тривалому застою парів СДОР на місцевості.

Оцінка хімічної обстановки

Під оцінкою хімічної обстановки розуміють визначення масштабу і характеру зараження СДОР, аналіз їх впливу на діяльність об'єктів, сил ЦО і населення.

Основними вихідними даними для оцінки хімічної обстановки є:

- загальна кількість СДОР на об'єкті і дані щодо розміщення їх запасів у ємностях та технологічних трубопроводах;

- кількість СДОР, викинутих в атмосферу, характер їх розливу на поверхні;

- висота піддону або обвалування складських ємностей;

- метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 м, ступінь вертикальної стійкості повітря.

Оцінка хімічної обстановки включає:

- визначення глибини зони зараження;
- визначення площі зони зараження і нанесення на план місцевості;
- визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту;
- визначення тривалості вражаючої дії СДОР;
- визначення можливих втрат людей.

Визначення глибини зони зараження СДОР.

Розрахунок глибини зони (можливої глибини) зараження ведеться в залежності від кількісних характеристик викиду і швидкості вітру. Кількісна характеристика викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначається за еквівалентними значеннями, тобто в перерахунку на таку кількість хлору, дія якого буде такою самою, як і певна кількість існуючого СДОР.

Визначення еквівалентної кількості речовини визначається окремо по первинній і вторинній хмарі. Причому еквівалентна кількість речовини по первинній хмарі залежить від кількості викинутої при аварії СДОР, умов зберігання (наприклад, для стиснутих газів коефіцієнт дорівнює 1), відношення граничної токсодози хлору до граничної токсодози іншої СДОР, ступеню вертикальної стійкості повітря та температури повітря. Всі залежності подані у вигляді коефіцієнтів, крім кількості СДОР, та наведені в відповідних таблицях.

Еквівалентна кількість речовини по вторинній хмарі залежить від тих самих параметрів, але ще й від фізико-хімічних властивостей СДОР (що характеризує випаровування), швидкості вітру, часу, що пройшов після початку аварії, та товщини шару розливу СДОР.

Розрахунок глибин зон зараження окремо первинною та вторинною хмарою СДОР ведеться за допомогою таблиць, у яких наведені максимальні значення глибин зон зараження в залежності від еквівалентної кількості речовини і швидкості вітру. Повна глибина зони зараження, обумовлена впливом первинної і вторинної хмари СДОР, визначається як сума глибини зони зараження, що обумовлена впливом первинної хмари та половини глибини зони зараження, що обумовлена впливом вторинної хмари.

$$Г = Г' + 0,5Г''.$$

Гранично можливе значення глибини переносу повітряних мас визначається добутком часу від початку аварії та швидкості

переносу переднього фронту зараженого повітря при даних швидкості вітру і ступеню вертикальної стійкості повітря, які також визначаються за допомогою таблиць.

Визначення площі зони зараження

Зона зараження має форму витягнутого еліпсу. Внаслідок коливань напрямку вітру вона розширюється. Тому кут розповсюдження хмари приймається при швидкості вітру до 0,5 м/с за коло, від 0,5 до 1 м/с за півкола витягнутого в напрямку вітру а при швидкості вітру від 1,1 до 2 м/с зона зараження має вигляд сектору з кутом 90°. Площа зони (S_m) можливого зараження хмарою СДОР визначається за геометричними міркуваннями за формулою:

$$S_m = 8,72 \times 10^{-3} \times \Gamma^2 \times \varphi, \quad (8)$$

де Γ – глибина зони зараження, км;

φ – кут зони можливого зараження.

Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту.

Час підходу хмари СДОР до заданого об'єкту залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = R_z/v,$$

де t – час підходу хмари СДОР, год;

R_z – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км;

v – швидкість переносу переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год.

4. План локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій – ПЛАС

Для ХНО з відомою технологією заздалегідь відомі можливі типи аварійних ситуацій, або їх можна визначити з відомостей про аварії на аналогічних ХНО. Одночасно, можна зауважити, що під час аварії часу на розробку планів дій не вистачає й такі плани повинні бути розроблені завчасно для різних варіантів розвитку можливої аварії. Метою плану локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій є планування дій (взаємодії) персоналу підприємства щодо локалізації і ліквідації аварій і зм'якшення їхніх наслідків.

ПЛАС складається з:

- аналітичної частини, у якій проводиться аналіз небезпек, можливих аварій і їх наслідків;
- оперативної частини, що регламентує порядок взаємодії і дій персоналу, спецпідрозділів і населення (при потребі) в умовах аварії.

Зміст оперативної частини міняється залежно від рівня аварії, на який вона поширюється.

ПЛАС ґрунтується:

- на прогнозуванні сценаріїв виникнення аварій;
- на постійному аналізі сценаріїв розвитку аварій і масштабів їх наслідків;
- на оцінці достатності існуючих заходів, що перешкоджають виникненню і розвитку аварії, а також технічних засобів локалізації аварій;
- на аналізі дій виробничого персоналу і спеціальних підрозділів щодо локалізації аварійних ситуацій (аварій) на відповідних стадіях їхнього розвитку.

Аналіз небезпеки підприємства проводиться на підставі розгляду його стану відповідно до вимог типового Положення, міжгалузевої і галузевої нормативної документації, рекомендацій довідкової і науково-технічної літератури, а також з урахуванням аварій і аварійних ситуацій, що відбувалися на аналогічних підприємствах (об'єктах).

Оперативна частина ПЛАС розробляється для керівництва діями персоналу підприємства та спеціалізованих підрозділів з метою запобігання аварійних ситуацій і аварій на відповідних стадіях їхнього розвитку або локалізації їх з метою зведення до мінімуму наслідків аварії для людей, матеріальних цінностей і навколишнього середовища, запобігання її поширення на підприємстві і за його межі, рятування і виводу людей із зони ураження і потенційно небезпечних зон.

Оперативна частина ПЛАС має:

- план підприємства;
- опис дій персоналу;
- список і схему оповіщення посадових осіб, які повинні бути терміново оповіщені про аварійну ситуацію (аварію);
- список робітників, які залучаються до локалізації аварії, осіб, які дублюють їхні дії при відсутності перших з будь-яких причин, із указівкою місць їхньої постійної роботи, проживання і телефонів;

-
- перелік інструментів, матеріалів, засобів індивідуального захисту, що повинні бути використані при локалізації аварії, із указівкою місць їхнього зберігання;
 - обов'язки відповідального керівника робіт, виконавців і інших посадових осіб щодо локалізації аварії;
 - інструкцію щодо аварійної зупинки.

Запитання для самоконтролю:

1. Що таке та для чого призначені сильнодіючі отруйні речовини?
2. Як СДОР поділяють на групи за вражаючими властивостями?
3. Чим характеризується токсичність речовин?
4. На які групи за токсичністю поділяються СДОР?
5. Що таке токсодоза?
6. Чим бойові отруйні речовини хімічної зброї відрізняються від СДОР?
7. Які відомі бойові отруйні речовини?
8. Визначення «гранична токсодоза» та «еквівалентна токсодоза».
9. Чим відрізняються площі можливого та фактичного зараження?
10. Яка буває та на що впливає ступінь вертикальної стійкості повітря?
11. Що означає, що включає оцінка хімічної обстановки та які основні вихідні дані для цього?
12. Від чого залежить значення еквівалентної кількості речовини в первинній та вторинній хмарі?
13. Як визначаються глибини зон зараження первинною та вторинною хмарою СДОР та повної глибини?
14. Що таке план локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій, його мета та склад?
15. На чому ґрунтується ПЛАС?
16. Що входить в аналітичну та оперативну частини ПЛАС ХНО?

Література:

1. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 438 с.

ТЕМА 9. МІКРООРГАНІЗМИ ЯК ЕПІДЕМІОЛОГІЧНІ АГЕНТИ БІОЛОГІЧНИХ НЕБЕЗПЕК

1. Мікроорганізми як чинники біологічних небезпек

Людина живе не ізольовано від природного середовища. Навкруги ж, крім корисних живих організмів, існують організми, які негативно діють на людину та навколишній світ (тварин, комах, рослинність). Наймовірно велика кількість таких організмів має такий малий розмір, що їх не побачиш неозброєним оком.

Мікроорганізми – це дрібні, переважно одноклітинні істоти, роздивитись яких можна тільки в мікроскоп. Вони характеризуються величезною розмаїтістю видів та здатні існувати в різних умовах.

Більшість мікроорганізмів виконують корисну роль у кругообігу речовин у природі, використовуються в харчовій і мікробіологічній промисловості, під час виробництва пива, вин, ліків.

Деякі види мікроорганізмів є хвороботворними, або патогенними. Вони викликають хвороби рослин, тварин і людини.

Такі хвороби, як проказа, чума, тиф, холера, малярія, туберкульоз і багато інших у давні часи забирали тисячі життів сіючи страх серед населення. Людство тривалий час не знало, що ці хвороби викликаються мікроорганізмами. Не було і засобів боротьби із цими хворобами. Тому **інфекційні захворювання людини іноді набували масового поширення, що отримало назву епідемії або пандемії.**

Інфекційні захворювання – це порушення нормальної життєдіяльності організму, яке виникає внаслідок проникнення, розмноження і впливу на організм людини або тварини хвороботворних мікроорганізмів. Заразні (інфекційні) хвороби були поширені серед людей в доісторичні часи.

Поширення інфекційних хвороб приходиться шляхом:



Попереджувальний
знак біологічної
небезпеки

-
- повітряно-крапельним – під час кашлю, чхання, посиленого видиху;
 - трансмісійним – за допомогою переносників (блохи, комахи, мухи);
 - контактним – при тісному спілкуванні з хворими.

Поширення заразних хвороб серед тварин називається **епізоотією**, а рослин – **епіфітотією**.

Людство наполегливо шукало розгадку страшних хвороб.

Давньогрецький учений Демокріт (460-370 р. до н. е.) висловив думку, що хвороби спричиняються крихітними організмами, що проникають у тіло людини і тварин. Це було геніальне передбачення, що підтвердилося лише через 2000 років.

У 1348-1350 р. у Старому світі від **епідемії чуми** загинуло 7,5 млн чоловік, тобто майже половина населення, яке жило в той час на території Європи. Під час епідемії чуми (1364 р.) у Москві серед живих залишилося так мало людей, що вони не могли поховати мертвих. Протягом усього Середньовіччя віспа, бактеріальна дизентерія, висипний тиф, проказа і грип завдавали великої шкоди населенню. Спустошливий характер мали й епізоотичні хвороби, під час яких загинуло мільйони тварин.

Зі стародавніх часів і до XVII ст. ученими різних країн було висловлено багато ідей про причини інфекційних захворювань і способи боротьби з ними.

Хоча, багато учених давнини висловлювали ідею про існування дрібних живих істот, що проникають в організм і викликають захворювання, цих істот ніхто не бачив.

Вперше вдалося побачити бактерії за допомогою створеного ним мікроскопу голландцеві А. Ван Левенгуку. Це сталося в 1676 р.

Висновок із 1 питання: Мікроорганізми, або мікроби – мікроскопічні організми, тобто занадто маленькі, щоб бути видимими неозброєним оком. Вивченням мікроорганізмів займається мікробіологія. Мікроорганізми можуть бути **бактеріями**, **найпростішими**, **грибками**, але не вірусами або пріонами, бо останні загалом класифікуються як неживі, хоча мікробіологія вивчає і ці об'єкти. Мікроорганізми часто описуються як одноклітинні організми; проте, серед них є деякі багатоклітинні види.

Мікроорганізми живуть майже усюди на Землі, де є рідка вода, зокрема у вологому ґрунті, у гарячих джерелах, у верхніх

шарах океанської води і глибоко усередині скель в межах земної кори. Мікроорганізми критично важливі для харчового ланцюжка в природі, особливо переробки поживних речовин в усіх екосистемах. Оскільки деякі мікроорганізми можуть також фіксувати азот, вони – важлива частина азотного циклу. Проте, патогенні мікроби можуть вторгатися до інших організмів і спричиняти інфекційні хвороби.

2. Механізм епідеміологічного впливу мікроорганізмів

Випадкове відкриття Левенгука стало початком нової науки – **мікробіології**. Її засновником вважають видатного французького ученого Л. Пастера (1822-1895). За фахом Пастер був хіміком. Захопившись біологією, він встановив, що кожне інфекційне захворювання виникає внаслідок патогенної діяльності особливого виду мікробів і запропонував способи боротьби з ними.

Геніальність Пастера полягає в тому, що він використовував принцип послаблення збудника. Послаблений збудник, не викликаючи захворювання, сприяє створенню імунітету в організмі людини або тварини, якій зроблено щеплення.

Пошуками збудників інфекційних хвороб займався не менш видатний лікар Р. Кох. Він відкрив збудників сибірської виразки, туберкульозу і холери.

Мікробіологія вивчає мікроорганізми, їхню систематику, морфологію, генетику, роль у кругообігу речовин у природі, патогенну дію, яка призводить до хвороб людини, тварин і рослин.

Мікроорганізми дуже різноманітні. Їх іноді називають просто мікробами (від гр. micros – малий і bios – життя).

Серед патогенних мікроорганізмів розрізняють:

- **Бактерії** – мікроорганізми рослинного походження одноклітинні, які дуже швидко розвиваються.
- **Віруси** – дрібні організми в 1000 разів менші за бактерій, що розмножуються тільки в живих тканинах.
- **Ріккетсії** – внутрішньоклітинні паразити за розмірами середні між бактерією та вірусом – живуть у тканинах живих організмів.

• **Грибки** – мають рослинне походження, більш складні, ніж бактерії.

• **Найпростіші** – складаються з однієї клітини. Найчастіше вони живуть у водоймах.

Незважаючи на свою назву, найпростіші мають складнішу будову, ніж окрема клітина. До найпростіших відносяться **Трипаносоми**, які мають розмір 12-100 мкм, є паразитами крові і тканин людини і хребетних тварин. Переносники – кровосущі комахи (муха цеце). Викликають захворювання трипаносомоз, яким хворіють люди і тварини (симптоми: лихоманка, ураження лімфатичних вузлів, сильний головний біль, проблеми з концентрацією уваги, тахікардія та ін.). Захворювання людей називають сонною хворобою. На останніх стадіях вона призводить до судомних нападів, паралічів, коми і неминучої смерті.

До хвороб, що викликають найпростіші, відноситься і малярія. Переносником малярійного плазмодію є малярійні комарі, які живуть в тропічних лісах.

Лише в двадцятому сторіччі вчені встановили, що такі важкі захворювання, як малярія, сонна хвороба, що переслідували людину з давніх часів, спричиняються паразитами найпростішими.

Бактерії – типові представники мікроорганізмів. Бактерії, що мають форму правильних кульок, називаються **коками**. Групи коків, об'єднані в стрічки, називають **стафілококами або стрептококами**. До коків зараховують збудники різних інфекційних хвороб. Дуже багато бактерій мають форму паличок, наприклад, що живе в нашому організмі кишкова паличка (*Escherichacoli*) – збудник тифу (*Salmonellatyphi*), дизентерії (*Shigelladysenteriae*). **Більшість бактерій мають величину 0,5-1 мкм**, дріжджові гриби – 5-10 мкм.

Бактерії всюдисуші і витривалі. Їх знаходили у воді гейзерів з температурою близько 100 °С, у вічній мерзлоті Арктики, де вони пробули понад 2 млн років; не гинуть вони й у відкритому космосі, не страшний для них і вплив смертельної для людини дози радіації. Розмножуються бактерії розподілом надвоє, у сприятливих умовах – через кожні 20 хв.

Бактеріологія – розділ мікробіології, що вивчає бактерії.

Бактеріальними захворюваннями є чума, туберкульоз, холера, правець, проказа, дизентерія, менінгіт та ін.

Від **чуми** в середні віки загинуло 25 млн людей (четверта частина Європи). Помирало від неї 95 % заражених. Ця хвороба наводила на людей панічний жах.

Вважається, що в ХХ ст. небезпека чуми зникла. Але й досі на африканському континенті з'являються поодинокі випадки захворювання цією хворобою.

Чума – гостра природно-очагова інфекційна хвороба. Характеризується – тяжкою інтоксикацією; лихоманкою; ураженням шкіри, лімфовузлів, легенів.

Збудником чуми є чумна паличка, розміром 0,5-1,5 мм, яка швидко росте при температурі 28 °С. Чумка дуже швидко пристосовується до середовища і інтенсивно розмножується.

Переносником чуми є пацюки, інші гризуни та хижакі, які харчуються ними (кішки, лисиці, собаки). Зараження переносять кровосуси комахи (воші, кліщі, блохи).

При укусі чумною блохою – на шкірі через 2-6 днів утворюється пустула чи язва; потім розвивається пневмонія, створюються бубони – малі або великі; альвеоли заповнюються ексудатом з великою кількістю чумних паличок.

Симптоми: температура підіймається до 39 °С, спостерігається головний біль, головокружіння, м'язові болі, блювота з кров'ю, порушення свідомості, переляк, марення, порушена координація рухів.

Холера в Європу була занесена в 1816 р., до 1917 р. у царській Росії холерою перехворіло понад 5 млн осіб, половина з них померла. Зараз випадки холери трапляються вкрай рідко.

Холера – гостре інфекційне захворювання, характеризується гострим запаленням кишечника, яке переходить в різке отруєння всього організму, що веде до смерті. Захворювання здатне до епідемії. Холера з давнини відома в Індії, смертність при епідемії близько 40 % людей.

Холерний вібріон має вигляд загнутої палички на одному кінці джгутик, який забезпечує рух. Збудник холери виділяє сильну отруйну речовину. Він на сонці гине протягом 10 хв, при кип'ятінні відразу. Активний хлор – діє миттєво. В харчових продуктах зберігається довго (10 днів), у маслі – 30 днів. Джерело зараження – хвора людина, маса блювання, сеча. Вібріон Холери може спостерігатись – 3 і більше років. Вібріон Холери потрапляє з їжею, водою, брудними руками.

Під впливом отрути порушується процес всмоктування рідини у тонкому кишечнику. В кишечнику накопичується велика кількість води, солей. Це призводить до блювання, проносу, згущення крові, порушується кровообіг, відбувається розлад нервової системи. Обезводнення призводить до того, що тіло швидко слабшає, пульс прискорений, температура знижена 35-34 °С, м'язи тверді і щільні як деревина.

Дизентерія – гостре інфекційне захворювання, загальна інтоксикація ураження слизової оболонки товстого кишечника.

Частіше всього збудники дизентерії – бацили потрапляють з молоком.

Симптоми – пронос, зхудлість, виснаження, запалення слизової оболонки товстої кишки дедалі посилюється, вона набрякає покривається виразками, тоншає. Поступово запалення поширюється на тонкий кишечник шлунок, підшлункову залозу, викликає захворювання цих органів. Отрута поширюється на нервову систему, печінку, кровоносну систему, серце. Лікування тим успішніше, чим раніше почалось. Профілактика: засоби особистої гігієни.

Сибірська виразка – інфекційне захворювання людей та тварин. Проявляється – високою температурою, на тілі та слизових оболонках виникають корбункули, в легенях та кишечнику кровоточивість.

Збудником є паличка, яка витримує 30 хв. кипіння та знаходження в дезінфекційному розчині – 40 днів. Передача можлива від сільськогосподарських тварин та від укусів слепенів.

Інкубаційний період – 2-3 дні. Потім на місці входу мікроба – червона зудяча пляма, на місці пухир з кров'яною рідиною, при цьому температура підіймається до 40-41 °С, спостерігається головний біль, смертність складає 15 %. Може бути в двох формах:

- *Легенева форма* – стиснення грудей, кашель, біль, нежить, кров'яні мокротиння. Лікування в запущених випадках результату не дає, виникає смерть.

- *Кишкова форма* – ураження тонких кишок, створюються виразки, різка біль у животі, блювота жовчу, здуття живота.

Туберкульоз поширене й у багатьох випадках летальне інфекційне захворювання з хронічним перебігом і частою багатосистемністю уражень. Трапляється як серед людей, так і серед тварин. Його спричинюють різні види бактерій.

Туберкульозні бактерії відкрив Р. Кох у 1882 р., але остаточно ця хвороба не переможена.

Правець уражає нервову систему. Хвороба переможена за допомогою профілактичних щеплень.

Випадки захворювання **проказою** стали рідкими. Хворих на цю хворобу, як і раніше, розміщують у лепрозорії.

Віруси (від лат. virus – отрута) – дрібні неклітинні частинки, що складаються з нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК) і білкової оболонки. Форма їх паличкоподібна, сферична та ін. Розмір від 20 до 300 нм і більше. Віруси – внутрішньоклітинні паразити: розмножуючись тільки в живих клітинах, вони використовують їхній апарат синтезу білків та нуклеїнових кислот і переключають клітину на синтез зрілих вірусних часток. **Віруси дрібніші за бактерії у 50 разів.** Їх не можливо побачити у світловому мікроскопі, їх не затримують найтонші порцелянові фільтри. Віруси поширені всюди. Викликають хвороби рослин, тварин і людини. Вивченням вірусів займається наука **вірусологія.**

Отже, віруси мають і наступні особливості, в порівнянні з бактеріями. Для вірусів характерна така властивість, як вміння проходити через фільтри. Учень Пастера Шарль Шамберлан використовував для фільтрування рідин, у яких бактерії розмножувалися, особливий порцеляновий фільтр, який затримує найдрібніші з усіх відомих бактерій. Але віруси проходили крізь нього. Саме такий фільтр було використано для доведення, що збудник сказу має не бактеріальний характер.

Віруси, на відміну від бактерій, не здатні існувати і розмножуватися самотійно. Кожна бактерія є клітиною, що володіє своїм обміном речовин. Бактерії здатні рости і розмножуватися на штучних живильних середовищах. **Віруси як справжні клітинні паразити цілком залежать від обміну речовин у клітині-господині.** Клітина, в яку потрапив вірус, змушена синтезувати складові речовини вірусу, з яких незабаром монтуються нові екземпляри вірусів.

Бактерії і живі клітини організму завжди містять одночасно два типи нуклеїнових кислот: рибонуклеїнова (РНК) і дезоксирибонуклеїнова (ДНК) кислоти. Віруси містять тільки один тип нуклеїнової кислоти – або РНК (найчастіше), або ДНК.

Віруси здатні «нав'язувати» свою генетичну інформацію спадкоємному апаратові ураженої ним клітини.

Віруси заражаючи клітину і змушують її розмножувати вірус, що, як правило, закінчується загибеллю клітини. Віруси, на відміну від бактерій, розмножуються лише в живих клітинах. Тому віруси вивчають на рівні організму піддослідної тварини або культури клітин.

Вірусними захворюваннями є віспа, сказ, грип, енцефаліт, кір, свинка, краснуха, гепатит та ін.

Древні рукописи донесли до нас опис страшних епідемій **віспи, у яких загинуло до 40 % хворих**. Англієць Е. Дженнер у 1796 р. запропонував свій метод віспощеплення (вакцинація), поклавши тим початок боротьби з цією недугою. Але тільки в 1980 р. ВОЗ оголосила про те, що віспа переможена.

Сказ – смертельна хвороба людини і тварин, відома з глибокої давнини. Найчастіше сказ буває в собак. Хворіють на сказ також вовки, кішки, пацюки, ворони та інші тварини.

Щеплення – єдиний надійний засіб проти сказу. Перше щеплення проти сказу було зроблено Л. Пастером у 1885 р. Дитина, що була дуже покусана скаженим собакою, не занедужала. Людину, що захворіла, вилікувати від сказу неможливо. Прихований (інкубаційний) період хвороби триває від 8 днів до року. Тому при будь-якому укусі тварини необхідно звертатися до лікаря.

Хвороба Ебола – вірусне смертельне інфекційне захворювання з джерелами, розташованими у вологих лісах африканського континенту. Відбуваються численні кровотечі з розвитком ускладнень.

Тяжкий гострий респіраторний синдром (англ. SARS) – вірусне інфекційне захворювання, особливий варіант коронавірусної інфекції, здатний до небезпечного епідемічного поширення, з переважанням повітряно-крапельної передачі інфекції з ураженням дихальної системи та з появою атипової пневмонії. Легкість зараження, швидкість поширення, тяжкий перебіг, висока летальність – особливості, які дозволяють віднести SARS до тих інфекційних захворювань, які виявили здатність чинити серйозний вплив на здоров'я населення. Перший етап визнання початку епідемії – 27 листопада 2002 року, коли канадська глобальна розвідувальна мережа з охорони здоров'я запустила систему попередження населення Землі про початок серйозної епідемії в Китаї.

У 1981 р. у Сан-Франциско (США) було виявлено людей, хворих незвичайними формами запалення легень і пухлин. Захворювання закінчувалося смертю. Як з'ясувалося, у цих хворих був різко ослаблений імунітет (захисні властивості) організму. Ці люди почали гинути від мікробів, що викликають у звичайних умовах лише легке нездужання. Хворобу назвали СНІД – синдром набутого імунодефіциту.

Віруси СНІДу були водночас відкриті в 1983 р. біологами у Франції і США. З'ясовано, що вірус СНІДу передається під час переливання крові нестерильними шприцами, а також статевим шляхом, під час вигодовування дитини грудним молоком.

Перші півроку-рік, а іноді й протягом декількох років після зараження в людини не помітно жодних ознак хвороби, але вона є джерелом вірусу і може заразити навколишніх. Дотепер ліків проти СНІДу не знайдено. СНІД називають «чумою ХХ ст.»

Епідемія грипу описана Гіппократом ще в 412 р. до н. е.

У ХХ ст. було зареєстровано 3 пандемії грипу. У січні 1918 р. в Іспанії з'явилися повідомлення про епідемію грипу, що одержала назву «іспанка». **«Іспанка»** обійшла увесь світ, заразивши близько 0,5 млрд людей, оминаючи лише загублені в океані островці, і забрала 40 млн життів – більше, ніж Перша світова війна.

У 1957 р. близько 1 млрд людей занедужали «азіатським грипом», загинуло понад 1 млн людей. У 1968-1969 р. на планеті Земля лютував «гонконгський грип».

Число епідемій грипу, як не дивно, з кожним сторіччям зростає. У XV ст. було 4 епідемії, у XVII ст. – 7, у XIX ст. – вже 45.

Чому дотепер немає надійних щеплень проти грипу? Виявляється, що вірус грипу дуже швидко модифікується, видозмінюється. Не встигли лікарі зробити вакцину проти однієї форми грипу, як збудник хвороби з'являється вже в новому вигляді.

Рикетсії (від імені американського вченого Ricketts) – дрібні хвороботворні бактерії, розмножуються в клітинах хазяїна (так само, як віруси). Викликають рикетсіози (**висипний тиф, ку-лихоманку** та ін.) у людини і тварин.

Рикетсіоз – те саме, що ку-лихоманка.

Ку-лихоманка (рикетсіоз Q) – гостра інфекційна хвороба людини і тварин, що спричинюється рикетсіями. Ознаки

захворювання: головний біль, слабкість, безсоння, біль у м'язах. У тварин протікає безсимптомно. Людина заражується від тварин.

Спірохети – мікроорганізми, клітини яких мають форму тонких звитих ниток. Живуть у ґрунті, стоячих і стічних водах. Патогенні спірохети – збудники **сифілісу, поворотного тифу, лептоспірозу та ін. хвороб**. Спірохетози, захворювання людини і тварин, спричинюються патогенними спірохетами.

Актиноміцети – мікроорганізми з рисами організації бактерій і найпростіших грибів. Поширені в ґрунті, водоймах, повітрі. **Деякі види є патогенними, викликають такі хвороби, як актиномікоз, туберкульоз, дифтерію** та ін. Деякі актиноміцети утворюють антибіотики, вітаміни, пігменти і т.п. Використовуються в мікробіологічній промисловості.

Інфекційні хвороби характеризують за допомогою двох коефіцієнтів: коефіцієнтом заражуваності та коефіцієнтом летальності. Перший визначає скільки осіб в середньому заражає один хворий, якщо він менший за одиницю – розповсюдження хвороби легко призупинити. Другий коефіцієнт характеризує відсоток смертельних випадків серед заражених осіб. Однак обидва коефіцієнта, крім виду патогенного організму, залежать від умов в суспільстві: на перший – впливає індивідуальний захист, а також введення карантину та дотримання особами його вимог, а на другий – наявність методів та засобів ефективного лікування хворих.

Висновок із 2 питання: Мікробіологія – розділ біології, що займається вивченням мікроорганізмів, здебільшого вірусів, бактерій, грибків, одноклітинних водоростей і найпростіших. Ця різномірна, штучно об'єднана група мікроскопічно малих організмів складає предмет однієї науки в силу того, що для їхнього вивчення використовуються методи, спочатку розроблені для дослідження бактерій. В основі мікробіологічних методів лежить одержання чистих культур, вирощених з однієї клітини. (Способи культивування клітин багатоклітинних організмів теж запозичені з бактеріології.) В курси медичної мікробіології включають також імунологію та вивчення більш великих паразитів, таких, як хробаки і комахи.

Мікробіологія – галузь науки, яка займається дослідженням морфології, фізіології, біохімії, молекулярної біології, генетики, екології мікроорганізмів, їх ролі і значення в кругообігу речовин, у патології людини, тварин і рослин.

3. Біологічна зброя

Біологічна (бактеріологічна) зброя – засоби масового знищення людей, тварин, рослинності з допомогою збудників хвороб. Використання біологічної зброї відоме ще з римських війн при осаді міст Греції, Єгипту, Сирії, Єрусалиму. Трупні, заражених хворобами, людей, тварин, гризунів закидали на ворожі території. Під час II Світової війни біологічну зброю використовували японці. США – у В'єтнамі використовували віруси бубонної чуми.

26 сесія Генеральної Асамблеї ООН в 1971 р. заборонила використання бактеріологічної зброї. З цим погодилась 41 країна.

Основні збудники інфекційних хвороб, які можуть бути використані в бактеріологічній зброї: сибірська виразка (спори бактерій), бруцельоз, холера, чума, сап, віспа, тиф, дизентерія, грип та інші.

Засоби використання бактеріологічних засобів ураження

Для зараження повітря, ґрунту, води, техніки, транспорту та інших засобів діяльності використовують бактеріальні засоби у вигляді живих чи сухих бактеріальних рецептур, а також у вигляді заражених гризунів, комах, кліщів тощо. Можливі наступні методи зараження:

За допомогою біологічних боєприпасів **вибухової дії**. Тут розпилення мікробної рецептури виконується методом вибуху.

За допомогою **розбризкуючих пристроїв** – генераторів аерозолів мікробних культур з будь-яких засобів транспорту.

Диверсійними методами зараження, націленими на об'єкти:

- джерела водопостачання;
- харчові продукти, фураж;
- вентиляційні канали споруд (театри, метро);
- плантації злакових культур.

В цих живих організмах бактерії й віруси зберігаються дуже довго і в будь-який час готові до дії. Вони є переносниками дуже тяжких захворювань, які можуть призводити до епідемії.

Висновок по лекції: Знання біологічних небезпек – одна з умов успішного захисту людини від небезпек взагалі і біологічних зокрема.

Запитання для самоконтролю:

1. Що таке мікроорганізми?
2. Чим корисні та чим небезпечні мікроорганізми?
3. Що таке патогенні мікроорганізми?
4. Як називається стан, коли інфекційні захворювання набувають масового поширення?
5. Історія розвитку понять походження хвороб.
6. Види мікроорганізмів.
7. Характеристика патогенних бактерій та інфекційних хвороб, які вони викликають.
8. Епідемії чуми в середньовіччі.
9. Характеристика вірусів та інфекційних хвороб, які вони викликають.
10. Пандемія іспанського грипу в 1918 році.
11. Що таке рикетсії та які інфекційні хвороби вони викликають?

Література:

1. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
2. Пішак В. П., Радько М. М., Воробйов О. О., Бабюк А. В., Романів Л. В. Безпека життєдіяльності: підручник / За редакцією Радька М. М. – Чернівці: Книги – XXI, 2008. – 360 с.

ТЕМА 10. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ІЗ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ, ТЕХНІКИ, ОДЯГУ, ВІДКРИТИХ ЧАСТИН ТІЛА

1. Організація та порядок проведення дезактивації

Дезактивація – це таке видалення радіоактивних речовин із заражених об'єктів, яке виключає ураження людей і забезпечує їх безпеку.

Об'єктами дезактивації можуть бути:

- житлові і промислові будівлі;
- ділянки території;
- обладнання;
- транспорт і техніка;
- одяг;
- предмети домашнього вжитку, продукти харчування.

Кінцева мета – забезпечити безпеку людей, виключити або зменшити шкідливий вплив іонізуючого випромінювання на організм людини.

При проведенні дезактиваційних заходів необхідний суворо диференційований підхід до визначення об'єктів, які слід знезаражувати в першу чергу, виділивши з них найбільш важливі для життєдіяльності людей (особливо при обмежених силах та засобах).

Способи проведення дезактивації можна поділити на:

- рідинні;
- безрідинні.

Рідинний – видалення радіоактивних речовин (РР) струменем води чи пари, або в результаті фізико-хімічних процесів між рідким середовищем і радіоактивними речовинами.

Безрідинний – механічне видалення РР:

- змитання;
- відсмоктування;
- здування;
- зняття забрудненого шару.

Ефективність рідинного способу залежить від витрати і напору води, відстані до поверхні, що обробляється, і тих добавок, які застосовуються.

Наприклад, найбільший коефіцієнт дезактивації досягається при направленні струменя рідини під кутом 30-450° до поверхні, яка обробляється.

Для зменшення розходу води або розчинів для дезактивації доцільно використовувати щітки.

При проведенні робіт треба використовувати такі речовини, які дозволяють підвищити ефективність видалення радіоактивних частинок. До них відносяться **поверхнево-активні миючі засоби**, відходи промисловості, які містять в своєму складі луги, речовини окислювально-хлоруючої дії, а також органічні розчинники, сорбенти, іонообмінні речовини.

Суттєво підвищують миючі властивості води поверхнево-активні речовини (ПАР). **Їх добавка від 0,1 до 0,5 % сприяє відриву і виведенню в дезактивуючий розчин радіоактивних частин.**

До ПАР відносять:

- мило;
- гардинол;
- сульфонол;
- препарати ОП-7 і ОП-10.

Препарати ОП-7 і ОП-10 широко застосовуються в промисловості в якості емульгаторів та для змочування. Їх застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів для обробки споруд, обладнання, техніки, одягу та засобів індивідуального захисту.

До органічних розчинників відносять:

- дихлоретан;
- бензин;
- гас;
- дизельне пальне.

Дезактивувати ними рекомендується головним чином металеві поверхні (станки, машини, механізми, техніку, транспорт). В цьому випадку РР змивають ганчірками, щітками, пензликами, змоченими у розчинниках.

Комплексна дезактивація передбачає обробку одного і того ж об'єкту різними способами. Так, в Чорнобилі обладнання і приміщення знезаражувались спочатку за допомогою пілососів, а потім за допомогою дезактивуючих розчинів. Така ж послідовність зберігалась при дезактивації полімерної підлоги приміщень після локальних аварійних радіоактивних забруднень порошковими препаратами.

В умовах масового забруднення може виникнути необхідність багаторазової очистки в зв'язку із вторинним

забрудненням одних і тих же об'єктів та недостатньою ефективністю одноразової обробки.

Процес дезактивації проходить у дві стадії.

Перша полягає в подоланні зв'язку між носіями радіоактивних забруднень і поверхнею об'єкту, який обробляють. У випадку глибинного забруднення спочатку проводять видобування глибинних радіоактивних елементів на поверхню, після цього забруднення переходить з глибинного в поверхневе, а потім видаляється.

Друга стадія процесу дезактивації полягає в транспортуванні (видаленні) радіоактивних забруднень з поверхні об'єкту, що обробляється.

Дезактиваційні роботи на промислових підприємствах поділяють на:

- першочергові роботи;
- роботи другої черги.

В першу чергу проводиться дезактивація основних проїздів, які з'єднують промислові і службові приміщення, вантажно-розвантажувальні ділянки, під'їзні шляхи, транспорт.

В другу чергу – дезактивація всієї території об'єкту, прилегла місцевість, стіни і дахи будівель.

З асфальтових проїздів і проходів (з яких починається дезактивація) радіоактивний пил змивають або змитають за допомогою поливально-миючих і пожежних машин, авторозливних станцій (АРС), мотопомп і інших засобів, які дозволяють проводити обробку поверхні направленим струменем води. Крім того, радіоактивні речовини можна видаляти за допомогою автомобільних пилососів.

Територія об'єкту і проїзди без твердих покриттів знезаражуються:

- зрізанням і видаленням забрудненого ґрунту (снігу) на глибину 5-10 см, трамбований сніг – 6 см, розрихлений сніг – до 20 см, при цьому забруднений ґрунт або сніг вивозять в безпечне місце або спеціально обладнані могильники;

- засипанням самоскидами і бульдозерами (ізоляція) зараженої поверхні території;

- влаштуванням проходів крізь забруднені ділянки укладанням збірних металевих покриттів, залізобетонних плит.

Дезактивація доріг і проїздів не усуває повністю небезпеки опромінення людини, але все ж значно її знижує.

Зовнішню дезактивацію споруд починають з дахів, потім з рукавів обмивають стіни, звертаючи особливу увагу на вікна, стики і інші місця, де може затримуватись радіоактивна пилюка.

Дезактивація транспортних засобів і техніки може бути:

- часткова;
- повна.

Часткову виконує водійський і обслуговуючий склад. Вони обробляють ті місця і вузли машин, з якими доводиться контактувати в процесі обслуговування.

Повна дезактивація проводиться за межами зараженої зони на станціях і майданчиках знезараження або на пунктах спеціальної обробки (ПуСО), як це було у Чорнобилі. Тут вимоги більш жорсткі. Весь процес проходить при дотриманні суворих правил безпеки, під постійним дозиметричним контролем. Для обробки застосовуються спеціальні миючі розчини. Роботи проводять спеціалісти.

Повна дезактивація здійснюється наступними методами:

- змиванням РР розчином для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою забрудненої поверхні щітками дегазаційних машин і приладів;
- змиванням РР струменем води під тиском;
- знищенням РР газокапельним потоком;
- знищенням РР витиранням забрудненої поверхні тампонами, які змочені в розчині для дезактивації, водою і розчинниками;
- змитанням радіоактивного пилу віниками, щітками, тощо;
- знищенням радіоактивного пилу методом відсмоктування.

Дезактивація одягу, взуття і засобів індивідуального захисту також може бути частковою і повною. Все залежить від конкретних умов, ступеню забруднення і обстановки, що склалася.

Якщо населенням проводиться часткова санітарна обробка, то одночасно проводиться і часткова дезактивація. Під час виконання таких дій в зоні зараження одяг, взуття та засоби захисту не знімають. Після виходу в незаражений район, їх знімають, але дезактивацію проводять в респіраторі або протигазі.

Часткова дезактивація полягає у тому, що людина сама видаляє радіоактивні речовини. Для цього одяг, взуття та засоби індивідуального захисту розвішують на щитах, шнурах, гілках дерев і ретельно, протягом 20-30 хв. обмітають віниками, чистять щітками або вибивають палками. Цей спосіб дезактивації можна застосовувати до всіх видів одягу і взуття, за винятком виробів з гуми, прогумованих матеріалів, синтетичних плівок і шкіри, які протираються ганчірками, змоченими водою або розчинами для дезактивації.

Додаткове знезараження проводиться на майданчиках дезактивації, які розгортають поблизу санітарно-миючих пунктів або майданчиків санітарної обробки.

При дезактивації, яка викликає пилоутворення, люди повинні мати гумові рукавиці, респіратор або протигаз. Якщо вказані засоби відсутні, на обличчя одягають багатошарову марлеву пов'язку або пов'язку з тканини.

Поверх одягу надівають халат або комбінезон, на ноги – гумові чоботи.

Заходи безпеки при проведенні дезактивації.

Основне правило, котрого треба дотримуватись при організації і проведенні робіт по дезактивації, – зниження доз опромінення і скорочення термінів перебування на забрудненій території або роботи на забрудненій техніці.

Висновок із 1 питання: Необхідно підтримувати психологічну стійкість. Люди повинні чітко знати правила поведінки на зараженій території, розуміти міру реальної загрози від передозування, вміти володіти елементарними способами захисту, добре розуміти значення робіт по дезактивації – все це надасть спокій та впевненість в діях населення в екстремальних ситуаціях.

2. Організація та порядок проведення дегазації

Дегазація – це знищення (нейтралізація) хімічно-небезпечних речовин та отруйних речовин або їх видалення з поверхні таким чином, щоб зараження знизилось до допустимих норм або зникло повністю.

Основний принцип знезараження отруйних та токсичних речовин полягає в тому, що речовини кислого характеру

дегазуються речовинами, що мають лужну реакцію (гашене вапно, їдкий натр) і навпаки.

Відомо багато способів дегазації, але найчастіше застосовують три основні способи:

- механічний;
- фізичний;
- хімічний.

Механічний – видалення отруйних або сильнодіючих отруйних речовин з будь-якої поверхні, території, техніки, транспорту і інших окремих предметів.

Фізичний – верхній шар пропалюють паяльною лампою або спеціальними вогнеутворюючими пристроями (вогнеметами, запалювальними авіаційними баками та ін.).

Хімічний дістав найбільше розповсюдження.

Базується на застосуванні:

- речовин окислювальної і хлорувальної дії:
- хлорного вапна;
- двоосновної солі гіпохлориду кальцію (ДС – ГК);
- двотретьосновної солі гіпохлориду кальцію (ДТС – ГК);
- моноетаноламіну;
- дихлораміну;

речовин основного характеру:

- їдкого натрію;
- аміаку;
- гашеного вапна;
- сірчистого натрію;
- карбонату натрію;
- двовуглекислого амонію.

Як правило, заражений шар ґрунту зрізають і вивозять в спеціально відведені місця для поховання, або засипають піском, землею, гравієм, щебнем. Під час проведення дегазації машини ставлять ступінчасто, уступом вправо або вліво, в залежності від отриманого завдання та напряму вітру.

При цьому уступ роблять з навітряної сторони.

При необхідності, дегазацію проводять кілька машин, які слідуєть в колоні на відстані 25-30 м одна від одної. Під час дегазації будинків та споруд машини можуть розташовуватись по колу.

Дегазація території – трудомісткий процес, тому, як і у випадку з радіоактивними речовинами, спочатку знезаражують

не всю площу підприємства, закладу, а тільки ті місця, де можливе пересування людей, тварин та техніки. Решту ділянок огорожують попереджувальними знаками, як табельними, так і виготовленими на місцях. Їх виставляють розвідувальні підрозділи, або пости ЦЗ. Межі забруднених ділянок можуть вказуватись написами на стінах будинків, парканах або на деревах.

Висновок із 2 питання: Деякі види сильнодіючих отруйних речовин вступають в реакцію з речовинами, які застосовують для дегазації. При цьому виділяється велика кількість тепла, що може привести до пожеж та вибухів. Тому в таких випадках отруйну речовину, що розлилась, доцільно знезаражувати сумішшю речовини для дегазації та піску або землі.

3. Організація та порядок проведення дезінфекції

Дезінфекція – це знищення в зовнішньому середовищі збудників заразних хвороб.

Існує 3 види дезінфекції:

- профілактична;
- поточна;
- заключна.

Профілактична проводиться постійно, до виникнення захворювань серед населення, і передбачає виконання звичайних гігієнічних норм (миття рук, посуду, прання білизни, вологе прибирання приміщень).

Поточна передбачає реалізацію комплексу протиепідемічних заходів і полягає у виконанні санітарно-гігієнічних правил, проведенні знезараження різних об'єктів середовища, а також виділень хворої людини (фекалій, сечі, мокрот). Вона є обов'язковою і направлена на попередження розповсюдження інфекційних хвороб за межі осередку ураження.

Заклучна – здійснюється після госпіталізації хворого або його смерті.

Дезинфекцію можна проводити наступними способами:

- фізичним;
- хімічним;
- комбінованим.

Фізичний спосіб базується на руйнуванні хвороботворних мікробів під дією високих температур. Наприклад, за допомогою пари, кип'ятіння, прання, прасування.

Хімічний спосіб базується на застосуванні дезінфікуючих розчинів, які знищують хвороботворні мікроби.

Комбінований спосіб основний і самий надійний. При цьому руйнування хвороботворних мікробів і токсинів проводиться одночасним впливом хімічних речовин і високої температури розчину.

Здебільшого використовують препарати, які містять хлор:

- хлорне вапно;
- монохлорамін;
- ДТС – ГК;
- лізол;
- карболову кислоту.

При дезінфекції, як і при дегазації одягу, взуття, засобів захисту, застосовуються два способи:

- пароповітряний;
- пароформаліновий.

Термін обробки залежить від кількості і стану майна, ступеню і характеру зараження.

Кип'ятіння застосовують здебільшого для дезінфекції бавовняного одягу, білизни, засобів індивідуального захисту і іншого майна, що виготовлене з гуми та прогумованої тканини. Вегетативні форми мікробів гинуть в гарячій воді при 60-70 °С, спорові – знищуються тільки при температурі киплячої води. Для пришвидшення процесу дезінфекції рекомендується додавати 1-2 % кальцинованої соди або 0,3 % порошку СФ-2.

Висновок із 3 питання: Знезараження проводять, як правило, в засобах індивідуального захисту і захисному одязі. Працювати в приміщенні, де знаходиться заражений одяг, одній людині забороняється. Не можна розстьобувати або знімати засоби захисту, лягати, сидати на забруднені предмети або доторкатись до них; приймати їжу, пити воду, курити і відпочивати на робочих місцях.

Використане ганчір'я і інші матеріали, котрі контактували із зараженими предметами, знезаражують, а потім закопують.

Людам, які виконують роботу із дезінфекції, повинні бути зроблені щеплення від найбільш небезпечних інфекційних захворювань.

Для полегшення та прискорення спеціальної обробки використовують різноманітні як військові, так і народногосподарські технічні засоби:

- комплекти спеціальної обробки;
- автомобільні розливні станції;
- теплові машини;
- димові машини;
- дезінфекційно-душові установки;
- комунальні та пожежні автомобілі;
- сільськогосподарські машини для обробки рослин;
- землерийні машини.

Для ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з РХБ небезпекою, на озброєнні підрозділів ОРС ЦЗ знаходяться машини для спеціальної обробки. До цієї групи спеціальної техніки належать, зокрема, дезінфекційно-душові установки та автомобільні розливні станції. Крім задач, пов'язаних з ліквідацією РХБ аварій, ці машини використовують для обладнання містечок життєзабезпечення в районах надзвичайних ситуацій, підвезення питної води та для миття особового складу рятувальних підрозділів і постраждалого населення.

Висновок із лекції: Забезпечення захисту населення і території від наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних зокрема з викидами в навколишнє середовище радіоактивних та хімічних речовин, а також з розповсюдженням збудників небезпечних хвороб є одним з найважливіших завдань державної політики України та ДСНС зокрема. Ризики виникнення зазначених надзвичайних ситуацій з плином часу, здебільшого, через старіння промислового обладнання будуть тільки збільшуватись. Для того, щоб виключити вплив на людину радіоактивних, отруйних, сильнодіючих і небезпечних хвороботворних мікробів, забезпечити нормальну життєдіяльність, необхідно проводити спеціальну обробку, тобто виконувати комплекс робіт із знезараження території, техніки, одягу, відкритих частин тіла.

Запитання для самоконтролю:

1. Дезактивація та об'єкти дезактивації.

-
2. Яка мета та способи проведення дезактивації?
 3. Від чого залежить ефективність рідинного способу дезактивації?
 4. Які добавки додають в дезактивуючі розчини та з якою метою?
 5. Стадії процесу дезактивації.
 6. Як поділяють дезактиваційні роботи на промислових підприємствах?
 7. Способи дезактивації територій, будівель, транспортних засобів.
 8. Чим відрізняється часткова дезактивація від повної?
 9. Що має на увазі термін «дегазація»?
 10. Способи дегазації.
 11. Які склади розчинів використовують при дегазації?
 12. Що має на увазі термін «дезінфекція»?
 13. Види дезінфекції.
 14. Способи дезінфекції.

Література:

1. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ КУРСУ

Лабораторна робота 1.

Прилади радіаційної розвідки. Дозиметр-радіометр МКС-У

Теоретична частина

За масштабами, тривалістю і уражаючою дією особливо небезпечними є аварії на об'єктах атомної і енергетичної промисловості, застосування ядерної зброї. Саме під час цих надзвичайних ситуацій оцінка небезпечних факторів оргнолептично неможлива через загрозу життю. Саме тому дозиметричному контролю та розвідці відводиться особлива увага.

Для проведення дозиметричного контролю та оцінки обстановки застосовуються спеціальні прилади.

Після ядерних вибухів чи аварій з викидом радіоактивних речовин обов'язковою умовою є оцінка радіаційної обстановки методом прогнозування та за даними радіаційної розвідки. Радіаційну розвідку, тобто вимір рівня радіації, проводять безпосередньо у зоні забруднення за допомогою спеціальних дозиметричних приладів.

Оцінка радіаційної обстановки

Оцінка радіаційної обстановки включає:

- оцінку рівня радіації та визначення небезпеки для населення і формувань, що беруть участь у ліквідації наслідків аварії;
- визначення масштабів і ступеня радіоактивного забруднення людей, атмосфери, місцевості, споруд, техніки, продуктів харчування і води – для оцінки необхідності проведення дезактивації та санітарної обробки, а також визначення можливості споживання продуктів харчування після радіаційного забруднення.

Для цього вимірюють потужність експозиційної дози випромінювання, визначають наявність радіоактивного пилу, джерел радіації, в т.ч. вторинних.

Одиниці вимірювання потужності дози опромінення

Ступінь зараження місцевості радіоактивними речовинами характеризується рівнем радіації.

Рівень радіації або потужність дози показує, яку дозу може отримати людина за одиницю часу. *Вимірюється у сучасних*

приладах – у Зівертах за годину (Зв/год), міліЗівертах за годину (мЗв/год) або у мікроЗівертах за годину (мкЗв/год).

Вимірювання ступеню зараження необхідне для визначення небезпеки для людей та тварин, створеної зараженими об'єктами, а також для встановлення можливого режиму споживання заражених продуктів харчування, води, фуражу.

Норми радіаційного випромінювання у мирний час складає 0,3 мкЗв/год. В воєнний час місцевість вважається зараженою, якщо рівень радіації вимірюваний на висоті 0,7-1 м від землі, складає 50 мЗв/год і вище.

Допустимі дози радіації

Рентген – це доза, при якій в 1 см³ сухого повітря при температурі 0 °С і тиску 760 мм рт. ст. утворюється біля 2 млрд пар іонів. Для оцінки небезпеки для людей – еквівалентна доза у Зівертах.

Дози радіації, що не призводять до зниження працездатності людей:

- 0,50 Зв – при одноразовому опроміненні протягом не більше 1-ї доби;
- 1,00 Зв – при багаторазовому опроміненні протягом 10 – 30 діб;
- 2,00 Зв – при багаторазовому опроміненні протягом 3-х місяців;
- 3,00 Зв – при багаторазовому опроміненні протягом 1-го року.

Дозиметри-радіометри

Дозиметр-радіометр ДП-5Б був призначений для вимірювання:

- потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;
- поверхневої щільності потоку бета-часток.

Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози, від 0,05 мР/год до 200 Р/год.

Дозиметр-радіометр МКС-У замінив ДП-5Б.

Прилад МКС-У

Прилади радіаційної розвідки призначені для вимірювання потужності іонізуючих випромінювань та ступеня зараження місцевості й об'єктів радіоактивними речовинами.

Потужність експозиційної дози γ -випромінювання в

приладі МКС-У визначається в мікроЗівертах за годину для тієї точки простору, в якій знаходиться при вимірюваннях блок детектування приладу.

Дозиметр-радіометр МКС-У призначений для вимірювання:

- потужності еквівалентної дози гама- та рентгенівського випромінювань;
- поверхневої щільності потоку бета-часток. Діапазон вимірювання потужності: – еквівалентної дози, від
- 0,10 мкЗв/год до 10 Зв/год . Похибка 15 %.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд МКС-У

Основні частини приладу – вимірювальний пульт та блок детектування.

Зовнішній вигляд пульту та блоку детектування:

1 – пульт; 2 – блок детектування; 3 – з'єднувальний кабель.

Блок детектування (зонд)

Блок детектування (зонд) виконано у вигляді сталевого циліндричного корпусу, на який нанесений символ «+» з боку знаходження детектору гама випромінювання. Реєстрація бета-випромінювання здійснюється через вікно на торці блоку детектування, яке при реєстрації гама-випромінювання закрито металевим екраном з вікном для індикації бета-випромінювання, котрий фіксується в трьох положеннях.

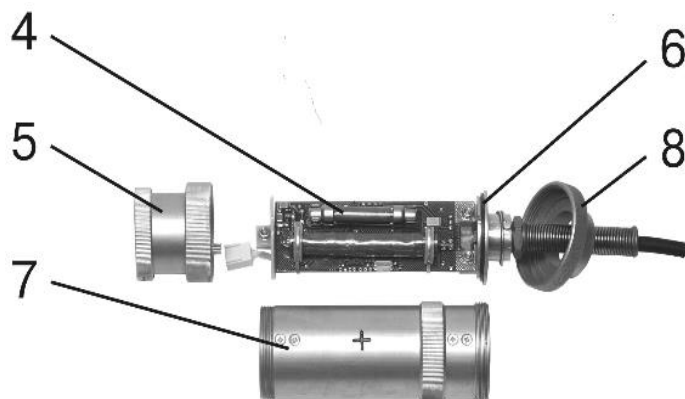


Рисунок 2. Зонд приладу МКС-У зі знятим корпусом:

4 – блок детектування, складається з лічильника гама-випромінювання СТС-5;

5 – лічильник бета частинок – газорозрядний лічильник СІ-ЗБГ;

Корпус приладу складається з: 6 – основа; 7 – гільза; 8 – накидна гайка;

Опис МКС-У

Живлення приладу здійснюється від п'яти пальчикових батарейок типу АА або від мережі. Комплект живлення забезпечує безперервну роботу приладу в нормальних умовах не менше 70 год. Прилад можна підключати до зовнішніх джерел постійного струму напругою 3,6 і 12 В (сонячної батареї) і 12 або 24 В (акумулятору автомобіля).

Призначення і принцип дії всіх модифікацій вимірювачів потужності дози (рентгенометрів) МКС-У та ДП-5В, що випускався раніше однакові, відмінності полягають у конструктивному виконанні, елементах живлення та в електричній схемі.

Підготовка дозиметра до роботи

Підготовка дозиметра до роботи. Для цього необхідно:

- вийняти пульт дозиметра з ящика;
- вийняти блок детектування з футляра пульта і приєднати до нього штангу, для цього потрібно вставити торцеве з'єднання штанги в сполучне гніздо, натиснути й повернути до фіксації.

Включити дозиметр, короткочасно натиснувши кнопку ВКЛ. При цьому дозиметр повинен відразу працювати в режимі вимірювання потужності дози фотонного іонізуючого випромінювання, про що свідчитимуть символ «γ» і одиниці

виміру « $\mu\text{Sv/h}$ » на рідкокристалічному індикаторі, а також звукові сигнали при реєстрації кожного гамма-кванта. Не пізніше ніж через 5 с на рідкокристалічному індикаторі має висвітитися орієнтовне значення гамма-фону.

Режим вимірювання поверхневої густини потоку бета-частинок

Для переходу дозиметра в режим вимірювання поверхневої густини потоку частинок бета-випромінювання 3 Натиснути кнопку « γ / β » і утримувати її в натиснутому положенні. При цьому на рідкокристалічному індикаторі повинні висвітитися символ « β » і одиниці виміру « $10^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ », а кожна зареєстрована бета-частинка повинна супроводжуватися звуковим сигналом.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Не починати виконання практичних завдань, не ознайомившись з порядком та правилами їх виконання.
2. Не відкривати без дозволу викладача прилади та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.
3. Практичні завдання виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

ЗАВДАННЯ:

1. Перевірити комплектацію приладу МКС-У.
2. Підготувати прилад МКС-У до вимірювань.
3. Виміряти середню потужність еквівалентної дози гама-випромінювання на ділянці, яку призначив викладач.
4. Скласти звіт. У звіті мають бути відображені такі питання: мета заняття, основні теоретичні положення щодо виявлення радіаційного забруднення, призначення і склад приладу МКС-У, результати вимірювань, висновок.
5. Спеціальна вправа «Підготовка до роботи приладів радіаційної розвідки і дозиметричного контролю».
 1. Прилад МКС-У на столі.
 2. За командою «Прилад до роботи підготувати і перевірити!» підключаються елементи живлення МКС-У, слухач проводить перевірку роботи приладу.
 3. Виконання вправи завершується доповіддю про готовність приладів до роботи.

Оцінювання: час виконання: «відмінно» – 2 хв. 45 с, «добре» – 3 хв, «задовільно» – 3 хв. 30 с.

Помилки, які знижують оцінку на 1 бал:

- не виконувалась встановлена послідовність підготування приладу до роботи;

Помилки, які визначають оцінку, як «незадовільно»:

- недотримана полярність підключення елементів живлення;

- перед підключенням джерел живлення перемикач під діапазонів і ручка «Режим» не були поставлені у вихідне положення;

- не проведена імітація звірки показників приладу від контрольного препарату з формуляром.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У. Настанова щодо експлуатування ВІСТ.412129.004 НЕ.

2. Інтернет-ресурс: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnisti/slugbova_pidgotovka/navchalno_metoduchne_zabezpechennya/profilna_pidgotovka/26.pdf

Лабораторна робота 2. Дозиметр-радіометра МКС-05 «ТЕРРА»

Дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА» призначений для вимірювання еквівалента дози і потужності еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінень, а також поверхневої щільності потоку частинок бета-випромінювання.

Дозиметр використовується для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; для екологічних досліджень; для контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, прилеглих до них територій, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.

Основні технічні дані і характеристики МКС-05

| Назва | Одиниця вимірювання | Нормоване значення |
|--|---|--------------------|
| Діапазон вимірювань потужності експозиційної дози фотонного іонізуючого випромінювання | мкЗв/год | 0,1 – 9999 |
| Діапазон вимірювань експозиційної дози фотонного іонізуючого випромінювання | мЗв | 0,001 – 9999 |
| Діапазон вимірювань поверхневої щільності потоку частинок бета-випромінювання | част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв}$) | $10 - 10^5$ |
| Діапазон енергій реєстрованих бета-частинок | МеВ | 0,5 – 3,0 |
| Діапазон вимірювань часу накопичення експозиційної дози оператором з дискретністю вимірювань 1 хв. | год. | 100 |
| Час встановлення робочого режиму дозиметра, не більше | хв | 1 |
| Маса дозиметра, не більше | кг | 0,15 |

Опис конструкції дозиметра

Дозиметр виконаний у вигляді моноблоку, в якому розміщені детектор гамма- і бета-випромінювань, друкована

плата управління і індикації, а також елементи живлення.

Детектор гамма і бета-випромінювань перетворює випромінювання в послідовність імпульсів напруги, кількість яких пропорційна інтенсивності реєстрованого випромінювання.

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з заокругленими кутами.

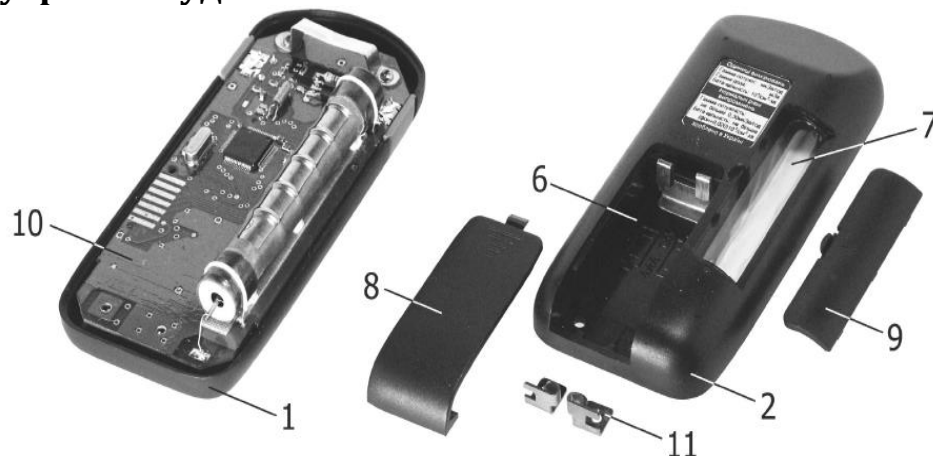
Корпус приладу (рисунок) складається з верхньої (1) та нижньої (2) кришок.

Зовнішній вигляд МКС-05



У середній частині верхньої кришки (1) дозиметра розташовано панель індикації (3), ліворуч і праворуч над нею – дві клавіші (4) управління роботою дозиметра, а в верхній частині кришки (1) – гучномовець (5).

Внутрішня будова МКС-05



У 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 властивостей пружності матеріалу.

В середині корпусу знаходиться друкована плата (10), на якій розташовані всі елементи електричної схеми, за винятком гучномовця (5).

На нижній кришці (2) приладу нанесена інформаційна таблиця.

Для правильного підключення елементів живлення на дні відсіку живлення (6) нанесені знаки полярності.

Робота 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 реалізована на базі мікропроцесора і служить для управління режимами роботи дозиметра, управління формувачем анодної напруги, цифрової обробки імпульсних послідовностей від детектора іонізуючих випромінювань, формування сигналів, що управляють цифровим рідкокристалічним індикатором, а також може показати ознаки режимів вимірювання.

Детектором іонізуючих випромінювань служить газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера. Він призначений для детектування гамма- і бета-випромінювань, параметри яких вимірюються дозиметром.

Чотирьохрозрядний цифровий рідкокристалічний індикатор служить для візуалізації результатів вимірювань в різних режимах роботи дозиметра.

Порядок роботи з дозиметром

Для увімкнення дозиметра необхідно короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ. Про включення дозиметра свідчить інформація, що висвічується на цифровому рідкокристалічному індикаторі, мигання світлодіоду під цифровим індикатором та звукова сигналізація зареєстрованих гамма-квантів.

Для вимкнення дозиметра необхідно повторно натиснути та утримувати в натиснутому стані протягом 4 с кнопку РЕЖИМ.

Вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання

Режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання вмикається пріоритетно з моменту увімкнення дозиметра. Ознакою цього режиму є мигаючий світлодіод навпроти відповідного мнемонічного позначення під цифровим рідкокристалічним індикатором. При цьому на цифровому індикаторі вже на перших секундах будуть висвітлюватися результати вимірювань, які відразу дадуть можливість оперативної оцінки рівня випромінювання.

До отримання достовірної статистично обробленої інформації цифровий індикатор буде блимати. Тривалість статистичної обробки залежить від інтенсивності випромінювання. Одиниці виміру виражені в мкЗв/год.

Для вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання дозиметр необхідно зорієнтувати метрологічною міткою «+» у напрямку досліджуваного об'єкта. Кришка-фільтр повинна закривати вікно, за яким знаходиться детектор.

Результатом вимірювань ПЕД вважати середнє арифметичне п'яти останніх вимірів після припинення мигання цифрового індикатора. Кожен зареєстрований гамма-квант буде супроводжуватись звуковим сигналом.

Інтервали і піддіпазони вимірювань будуть встановлюватися автоматично в залежності від інтенсивності випромінювання, що вимірюється.

Для оперативної оцінки рівня випромінювання процес статистичної обробки інформації можна перезапустити примусово. Для цього необхідно натиснути і утримувати в натиснутому стані протягом 2 с кнопку ПОРІГ. В результаті приблизну оцінку рівня гамма-фону можна буде зробити протягом 10 с.

Програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації по ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання

Програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації по ПЕД здійснюється в режимі вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання.

Для програмування необхідно натиснути та утримувати в натиснутому стані кнопку ПОРІГ до початку мигання молодшого розряду на цифровому рідкокристалічному індикаторі (близько 6 с).

Послідовним короткочасним натисканням та відпусканням кнопки ПОРІГ задають потрібне значення молодшого розряду.

Перехід до програмування значення наступного розряду досягається короткочасним натисканням кнопки РЕЖИМ, при цьому буде спостерігатись мигання цього розряду. Програмування значення наступних розрядів проводиться аналогічно.

Фіксація значення введеного порогового рівня здійснюється після програмування всіх розрядів короткочасним натисканням кнопки РЕЖИМ.

ЗАВДАННЯ:

1. Перевірити комплектацію приладу МКС-05.
 2. Підготувати прилад МКС-05 до вимірювань.
 3. Виміряти середню потужність еквівалентної дози гама-випромінювання на ділянці, яку призначив викладач.
 4. Виміряти середню щільність потоку бета-випромінювання на поверхні, яку призначив викладач.
 5. Скласти звіт. У звіті мають бути відображені такі питання: мета заняття, основні теоретичні положення щодо виявлення радіаційного забруднення, призначення і склад приладу МКС-05, результати вимірювань, висновок.
 6. Спеціальна вправа «Підготовка до роботи приладів радіаційної розвідки і дозиметричного контролю».
 1. Прилад МКС-05 на столі.
 2. За команду «Прилад до роботи підготувати і перевірити!» включає прилад МКС-05, слухач проводить перевірку роботи приладу.
 3. Виконання вправи завершується доповіддю про готовність приладів до роботи.
- Оцінювання: час виконання: «відмінно» – 1 хв, «добре» – 1 хв. 5 с, «задовільно» – 1 хв. 20 с.
- Помилка, яка визначає оцінку, як «незадовільно»: недотримана полярність підключення елементів живлення.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Дозиметр-радіометр універсальний МКС--05 "ТЕРРА". Настанова щодо експлуатування ВІСТ.412129.006-05 НЕ.
2. Інтернет-ресурс: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/slugbova_pidgotovka/navchalno_metoduchne_zabezpechennya/profilna_pidgotovka/26.pdf

Лабораторна робота 3. Прилади хімічної розвідки

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Індикація небезпечних хімічних речовин – це процес виявлення, визначення і ідентифікації НХР в різних середовищах. Виявлення – процес встановлення факту присутності НХР (якісний аналіз). Визначення – встановлення кількісного вмісту НХР (кількісний аналіз). Ідентифікація – встановлення конкретних хімічних речовин з групи речовин, що володіють подібними властивостями.

Індикація може здійснюватися двома способами:

- експрес-аналіз (з використанням переносних засобів);
- лабораторний аналіз (з використанням лабораторного обладнання).

Для індикації НХР застосовують різноманітні методи. Найбільш широко використовуються такі методи:

- *хімічні методи індикації;*
- *фізичні та фізико-хімічні методи індикації;*
- *біохімічні методи індикації.*

Хімічні методи індикації НХР

Хімічні методи індикації НХР засновані на реєстрації індикаційного ефекту хімічної реакції речовини, що аналізується, з певними реактивами. НХР при взаємодії з певними реактивами здатні давати осадові або колірні реакції. Ці реакції забезпечують виявлення НХР в концентраціях, безпечних для здоров'я людей, тобто повинні бути високочутливими і, по можливості, специфічними.

Специфічність реакції визначається здатністю реактиву взаємодіяти тільки з одним певним НХР або певною групою речовин, подібних за хімічною структурою та властивостями. У першому випадку – це специфічні реактиви, у другому – групові.

Хімічну індикацію НХР здійснюють шляхом реакції на папері (індикаторні папірці), адсорбентах або в розчинах.

При виконанні реакції на папері використовують такі реактиви, які при взаємодії з НХР викликають зміну кольору індикаторного паперу. При просочуванні зараженого повітря через індикаторну трубку НХР поглинається адсорбентом, концентрується в ньому, а потім реагує з реактивом з утворенням забарвлених сполук. Це дозволяє визначати за допомогою індикаторних трубок такі концентрації НХР, які не можна виявити іншими способами.

Біохімічні методи індикації НХР

Біохімічні методи індикації НХР засновані на здатності деяких НХР порушувати діяльність ряду ферментів. Цей метод дозволяє визначити активність ферментів в організмі людини і визначити концентрацію інгібіторів, тобто речовин, що пригнічують ферменти.

Практичне значення має холінестеразна реакція для визначення фосфорорганічних сполук (ФОС).

Основна функція ферменту в тому, щоб швидко знизити концентрацію ацетилхоліну. ФОС пригнічують активність холінестерази – ферменту, гідроліз ацетилхолін. Це властивість ФОС і використовується для індикації. Стандартний препарат холінестерази піддають дії речовини з досліджуваного об'єкта, а потім по зміні кольору індикатора зіставляють час гідролізу ферментом певної кількості ацетилхоліну в досвіді і контролі. Головною перевагою біохімічного методу індикації є його висока чутливість. Наприклад, в повітрі ФОС визначаються в концентрації 0,0000005 мг/л. Принцип дії фотометричного газоаналізатора заснований на тому, що аналізоване повітря просмоктується через індикаторну стрічку приладу, яка просякнута рідким реагентом, який взаємодіє з певним компонентом і дає забарвлені продукти. Зміни забарвлення стрічки служать мірою концентрації аналізованої газової суміші.

Військовий прилад хімічної розвідки (ВПХР)



Військовий прилад хімічної розвідки ВПХР призначений для виявлення і визначення концентрацій отруйних і сильнодіючих отруйних речовин та ґрунтується на **методі хімічного експрес-аналізу**. Залежно від індикатора і зміни його забарвлення, визначають тип отруйної речовини (ОР), а порівняння інтенсивності одержаного забарвлення з кольоровим еталоном дає можливість визначити приблизну кон-

центрацію небезпечної хімічної речовини або щільність забруднення.

Військовий прилад хімічної розвідки (ВПХР) призначений для виявлення і оцінки концентрації отруйних речовин у повітрі, на місцевості, техніці, транспорті.

За допомогою ВПХР можна визначити зарин, зоман, Ві-Ікс, іприт, фосген, дифосген, синильну кислоту, хлорціан.

Номенклатура засобів виявлення хімічної обстановки

Засоби виявлення хімічної обстановки можна розділити на засоби безперервної дії і засоби періодичної дії.

До засобів безперервної дії відносяться засоби та прилади автоматичного хімічного контролю. Засоби періодичної дії включають прилади хімічної розвідки, хімічні лабораторії і пробовідбірники.

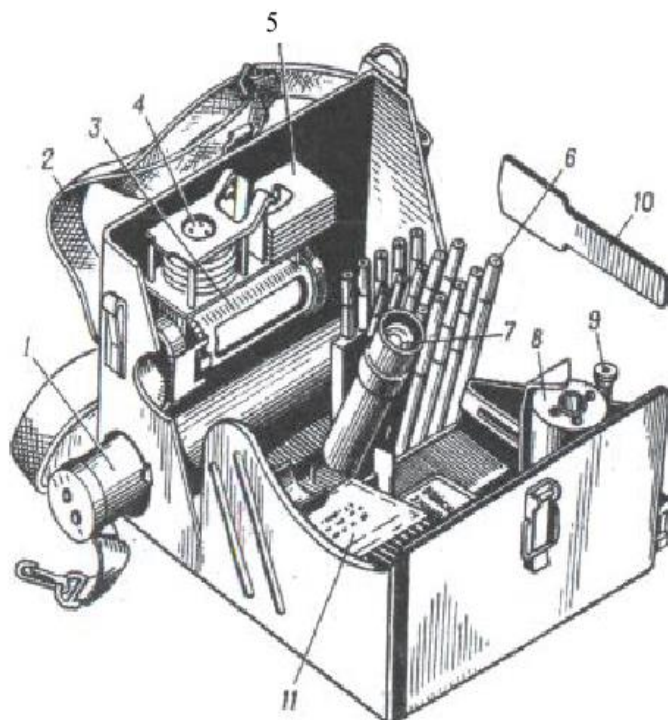
Прилади хімічної розвідки:

- військовий прилад хімічної розвідки ВПХР;
- напівавтоматичний прилад хімічної розвідки ППХР;
- універсальний переносний газоаналізатор УГ-2;

Автоматичні прилади хімічної розвідки:

- автоматичні газосигналізатори типу ГСА.

Прилади хімічної розвідки застосовують для визначення наявності та концентрації отруйних і сильнодіючих отруйних речовин в атмосфері, на місцевості, спорудах, обладнанні, транспорті, одязі, продуктах харчування і воді.



Військовий прилад хімічної розвідки (ВПХР)

- 1 – ручний насос;
- 2 – плечовий ремінь;
- 3 – насадка до насоса;
- 4 – захисні ковпачки до насадки;
- 5 – протидимові фільтри;
- 6 – піропатрони до грілки;
- 7 – електричний ліхтарик;
- 8 – грілка;
- 9 – штир;
- 10 – лопатка;
- 11 – касети з індикаторними трубками.

Призначення приладу ВПХР

Військовий прилад хімічної розвідки ВПХР призначений для виявлення і визначення концентрацій отруйних і сильнодіючих отруйних речовин та ґрунтується на методі хімічного експрес-аналізу. Залежно від індикатора і зміни його забарвлення, визначають тип отруйної речовини (ОР), а порівняння інтенсивності одержаного забарвлення з кольоровим еталоном дає можливість визначити приблизну концентрацію небезпечної хімічної речовини або щільність забруднення.

Військовий прилад хімічної розвідки (ВПХР) призначений для виявлення і оцінки концентрації отруйних речовин у повітрі, на місцевості, техніці, транспорті.

За допомогою ВПХР можна визначити зарин, зоман, Ві-Ікс, іприт, фосген, дифосген, синильну кислоту, хлорціан.

Призначення елементів ВПХР

Насос призначений для прокачування досліджуваного повітря через індикаторні трубки. В рукоятці штока є ампуловідкривач. На головці насоса розміщений ніж для надрізання і заглиблення при обламуванні кінців індикаторних трубок.

Індикаторні трубки (ІТ) – скляні запаяні трубки, в середині яких знаходяться ампули з реактивами і наповнювачами.

ІТ маркіровані кольоровими кільцями, що показують, яку ОР можна визначати за допомогою даної трубки. Вони укладені в паперові касети по 10 штук.

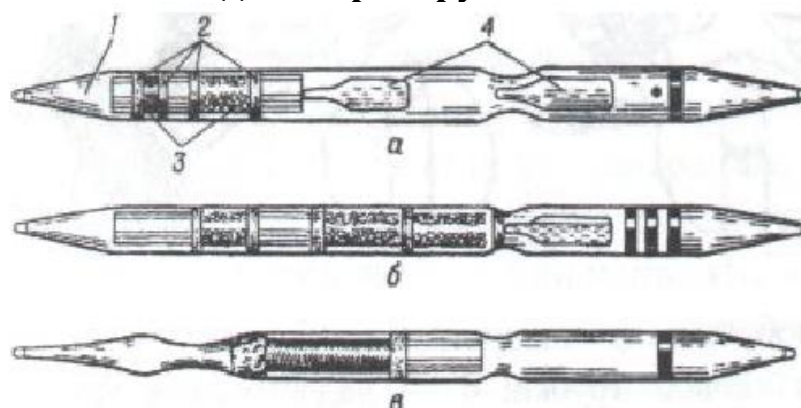
Насадка до насоса призначена для роботи з насосом у диму, при визначенні ОР на місцевості, різних об'єктах, у ґрунті і сипких матеріалах.

Грілка призначена для підігрівання індикаторних трубок під час виявлення ОР при температурі навколишнього повітря від -40 °С до +15 °С. Грілкою користуються при визначенні іприту при температурі нижче +15 °С, зоману – нижче 0 °С, а також для відтаювання ампул в індикаторних трубках.

Протидимні фільтри застосовують при визначенні ОР у диму, повітрі, в якому є речовини кислого характеру, в сипких матеріалах, а також для відбору проб диму.

Захисні ковпачки призначені для розміщення в них проб ґрунту, сипких матеріалів і захисту внутрішньої поверхні лійки насадки від зараження краплями стійких ОР.

Індикаторні трубки



У комплекті ВПХР є три види індикаторних трубок:

- з одним червоним кільцем і червоною крапкою для визначення зарину, зоману, VX-газів (Ві-Ікс);
- з трьома зеленими кільцями для визначення фосгену, дифосгену, синильної кислоти і хлорціану;
- з одним жовтим кільцем для визначення іприту.

Типові помилки при застосуванні індикаторних трубок

| Неправильно | Правильно |
|--|---|
| 1. Виміри роблять у недосліджених виробничих умовах, не оцінивши попередньо метеорологічні характеристики повітря й газовий фон (вплив супутніх домішок) | Концентрацію речовин у газових середовищах вимірюють при метеорологічних параметрах середовища, зазначених у НТД на ІТ. Попередньо в недосліджених умовах роблять разову оцінку повітря по стандартним методикам, визначаючи супутні домішки. Тим самим оцінюють можливість застосування ІТ для аналізу |
| 2. Виміри роблять в умовах, що виходять за межі робочих, без урахування функцій | Додержуйтеся вказівок по експлуатації ІТ й газоаналізаторів у нестандартних умовах |

| | |
|--|--|
| 3. У якості повітропрокачуючого пристрою використовується аспіратор, не передбачений документацією по застосуванню даної трубки | Застосовуйте аспіратори, зазначені в інструкції для експлуатації ІТ конкретних типів. Довільна заміна насосів і трубок різних виробників може привести до помилкових результатів |
| 4. Розкрита індикаторна трубка вставлена в ущільнюючу втулку насоса не тим кінцем | Приєднуйте ІТ до насоса кінцем з перетяжкою або кінцем, на який указує стрілка, зображена на трубці |
| 5. Розкривають трубки будь-якими підручними засобами | Розкривайте трубки за допомогою спеціальних пристосувань, передбачених конструкцією пробовідбірника або наявних у комплекті поставки |
| 6. Індикаторну трубку вставляють в ущільнюючу втулку насоса із зусиллям | Трубку варто вставляти в обтюратор насоса щільно, але без зусилля, круговими рухами, тримаючи її близько до кінця, що вставляється. Періодично видаляйте з ущільнювальної втулки насоса шматочки скла |
| 7. Необхідна при аналізі фільтруюча трубка (ТФ) не використовується або приєднана до ІТ неправильно (не тим кінцем або не в тій послідовності, не тим відрізком з'єднувального шланга) | Уточнити необхідність застосування ІТ разом із ТФ. При необхідності використання приєднувати ТФ до вільного кінця ІТ кінцем з наповнювачем. У деяких випадках – ТФ треба за ІТ (уточнюється в інструкції із застосування ІТ). При аналізі сірковмісних сполук, і вуглеводнів застосовують силіконові сполучні шланги |

| | |
|---|--|
| 8. Виміри індикаторними трубками в комплекті із пробовідбірним зондом проводять відразу ж після включення зонду | Виміри роблять після 10-20 хв. «холостого» просмоктування аналізованого повітря через газовий тракт зонда. При цьому встановлюють метеорологічні характеристики потоку й можливість застосування індикаторної трубки |
| 9. Трубки для аналізу, розкриті заздалегідь | Виміри за допомогою ІТ короткочасної дії варто проводити відразу ж після розкриття |
| 10. Взяті до уваги будь-які отримані показання ІТ | Перед обробкою результатів вимірів їх варто правильно оцінити |
| 11. Показання ІТ не приводять до стандартних умов | Привести показання до стандартних умов (20 °С, 101,3 кПа) |
| 12. Фільтруючі трубки, передбачені для застосування з декількома ІТ, але не виробили свій ресурс, залишають на тривале зберігання з метою їхнього подальшого застосування | фільтруючі трубки, що не виробили свій ресурс, варто закрити заглушками для подальшого застосування протягом робочої зміни |
| 13. Використану індикаторну трубку залишають на зберігання як доказ | Занести показання індикаторної трубки до протоколу. Використані трубки підлягають знищенню |
| 14. Повторно застосовують використану ІТ (у випадку, якщо не спостерігалось спрацьовування трубки або якщо індикаційний ефект згодом зникає) | Використані трубки підлягають знищенню |

Визначення отруйних речовин

Визначення ОР проводять в протигазі та захисному одязі. Визначення ОР виконують залежно від їх небезпеки у такій послідовності:

- спочатку *зарину, зоману, VX-газів* (трубки з червоною полосою та крапкою);
- потім – *фосгену, дифосгену синильної кислоти і хлорціану* (трубки з трьома зеленими полосами);
- в останню чергу – *іприту* (трубки з жовтою полосою).

Для визначення ОР типу Сі-Ес і Бі-Зет призначені трубки ІТ-46. До комплекту вони не входять і постачаються окремо.

Порядок роботи з індикаторними трубками

- а – надрізання кінчика трубки;
- в – розбивання внутрішніх ампул;
- б – надломування трубки;
- г – прокачування повітря через трубку.

Визначення ОР у повітрі

Для визначення ОР нервово-паралітичної дії в небезпечних концентраціях (0,00005-0,1 мг/л і більше) необхідно взяти дві індикаторних трубки з червоним кільцем і крапкою. Користуючись ножем, на головці насоса надрізати, а потім відламати кінці індикаторних трубок, далі ампулорозкривачем з червоною рисою і крапкою розбити верхні ампули обох трубок, для цього вставити відкриту ІТ маркованим кінцем в отвір ампулорозкривача насоса з маркуванням того ж кольору, насос при цьому потрібно держати вертикально, а ІТ підводити в отвір ампулорозкривача знизу повертаючи ІТ, натиснути ним на штир ампулорозкривача так, щоб розбити в трубці ампулу, при цьому вміст ампули повинен зволожити наповнювач трубки. Потім витягнути ІТ і, взявши за верхні марковані кінці, 2-3 рази струснути їх навідліг. Одну із трубок немаркованим кінцем вставити в насос і прокачати 5-6 разів через неї повітря, через другу – контрольну – повітря не прокачувати.

Потім ампулорозкривачем розбити нижні ампули обох трубок і після струшування їх спостерігати за зміною забарвлення наповнювачів. Збереження червоного кольору наповнювача в дослідній трубці після пожовтіння його в контрольній вказує на наявність ОР у небезпечних концентраціях; одночасне

пожовтіння наповнювача в обох трубках – на відсутність ОР у небезпечних концентраціях.

Вміст цих же ОР у малонебезпечних концентраціях ($5 \cdot 10^{-7}$ мг/л) визначають у такій же послідовності, але роблять 50-60 качків насосом, нижні ампули розбиваються не одразу, а через 2-3 хв. після прокачування повітря. Крім цього, в жарку погоду (35 °С і вище) нижню ампулу в контрольній трубці розбивають через 15 с з моменту струшування дослідної трубки.

ОР в малих концентраціях присутні, якщо до моменту утворення жовтого забарвлення в контрольній трубці збережеться червоний колір верхнього шару наповнювача дослідної трубки. Зміна кольору до жовтого або рожево-оранжевого вказує на відсутність ОР нервово-паралітичної дії в малонебезпечних концентраціях.

Незалежно від одержаних результатів обстежують повітря на наявність фосгену, хлорціану і синильної кислоти за допомогою індикаторної трубки з трьома зеленими кільцями. **Послідовність роботи** така: надпиляти трубку, обламати кінці, розбити ампулу, вставити трубку не маркованим кінцем у насос, зробити 10-15 качків насосом; дивитися на забарвлення верхнього і нижнього шарів наповнювача; верхній шар забарвлюється від фосгену і дифосгену, нижній – від хлорціану або синильної кислоти (або і хлорціану і синильної кислоти, одночасно) і порівняти забарвлення наповнювача з еталоном, нанесеним на касеті для індикаторних трубок з трьома зеленими кільцями.

При необхідності визначити, від якої ОР виникло забарвлення нижнього шару, потрібно надпиляти другу трубку, обламати кінці, розбити ампулу, вставити немаркованим кінцем у насос, зробити 10-15 качків. Подивитися на забарвлення. Відсутність рожево-малинового забарвлення в трубці свідчить про наявність у повітрі тільки синильної кислоти.

Після цього визначають наявність у повітрі парів іприту індикаторною трубкою з одним жовтим кільцем, для цього: обламати кінці, вставити в насос, зробити 60 качків, вийняти трубку із насоса, витримати 1 хв. і визначити ступінь небезпеки ОР відповідно до еталону на касеті для індикаторних трубок з одним жовтим кільцем.

Для виявлення ОР у диму із застосуванням протидимного фільтра необхідно підготувати ІТ згідно з інструкцією ОР і

вставити насос, надіти насадку на головку насоса, закріпити протидимний фільтр, зробити необхідну кількість качків; зняти фільтр і насадку, вийняти ІТ і визначити ступінь небезпеки за рекомендаціями для даної ОР.

Під час обстеження повітря при низьких температурах наявність ОР нервово-паралітичної дії за допомогою індикаторних трубок з червоним кільцем і крапкою, роботу виконують у такій послідовності: вставити патрон грілки в центральний отвір корпусу грілки, штирем грілки через отвір у ковпачку патрона розбити ампулу, що знаходиться в ньому (штир повинен бути заглиблений в патрон повністю), повертаючи штир, пересвідчитися в тому, що ампула розбита, після чого штир вийняти; вставити дві ІТ (одна дослідна, інша контрольна) у бокові гнізда грілки до відтавання ампул (тривалість відтавання залежно від температури становить від 0,5 до 3 хв), після відтавання трубки вийняти; надпиляти і обламати кінці трубок, розбити верхні ампули, 2-3 рази енергійно струснути і прокачати повітря через дослідну трубку 5-6 разів, контрольну трубку тримати в штативі; після прокачування повітря вставити трубки немаркованими кінцями в гнізда грілки на 1 хв, після цього розбити нижні ампули дослідної і контрольної трубок і струснути їх; спостерігати за зміною забарвлення наповнювача трубок.

Визначення наявності бойових отруйних речовин індикаторними трубками з трьома зеленими кільцями при мінусових температурах і трубками з жовтим кільцем при температурі нижче 15 °С проводиться із застосуванням грілки. Трубки підігрівають у грілці 1-2 хв, потім визначають зараженість повітря так, як описано для кожної групи ОР.

Необхідно пам'ятати, що перегрівання трубок призводить до їх псування.

Напівавтоматичний прилад хімічної розвідки ППХР

Напівавтоматичний прилад хімічної розвідки ППХР призначений для вирішення практично тих же завдань, що і ВПХР.

Принцип його роботи аналогічний принципу роботи ВПХР. Відмінність полягає в тому, що повітря просмоктується через ІТ за допомогою ротаційного насоса, що працює від електродвигуна постійного струму, а при низьких температурах ІТ підігріваються за допомогою електрогрілки. Прилад живиться від електричної мережі автомашини з напругою 12 В.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Не починати виконання практичних завдань, не ознайомившись з порядком та правилами їх виконання.
2. Не відкривати без дозволу викладача прилади та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.
3. З скляними індикаторними трубками працювати обережно, виконуючи правила безпеки при роботі зі склом.
4. Практичні завдання виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

ЗАВДАННЯ:

1. Перевірити комплектацію приладу ВПХР.
2. Підготувати прилад ВПХР до вимірювань.
3. Виміряти концентрацію нервово-паралітичних газів в повітрі.
4. Виміряти концентрацію іприту, фосгену та синильної кислоти.
5. Скласти звіт з висновками. У звіті мають бути відображені такі питання: мета заняття, основні теоретичні положення щодо виявлення радіаційного та хімічного забруднення, призначення і склад приладу ВПХР.

Література:

1. Касьянов М. А., Гуляев В. П., Друзь О. М., Коструб В. О. Прилади радіаційної, хімічної розвідки та дозиметричного контролю, газоаналізатори. Навчальний посібник – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля., 2006. – 188 с.
2. Інтернет-ресурс:
<https://web.archive.org/web/20110321100408/http://www.kvartzit.ru/vphr.html>

Лабораторна робота 4. Сигналізатор-аналізатор газів і парів «ДОЗОР-С-М»

Сигналізатор-аналізатор газів і парів «ДОЗОР-С-М» призначений для періодичного визначення в повітрі від одного до п'яти небезпечних хімічних компонентів у вигляді газів та парів. Газу, що визначаються приладом: горючі газу, CH_4 – метан, пропан-бутан, гексан (пара бензину, спирти), CO – чадний газ, CO_2 – вуглекислий газ, O_2 – кисень, H_2S – сірководень, NO – оксид азоту, NO_2 – діоксид азоту, NH_3 – аміак, SO_2 – сірчистий газ.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд приладу

Принцип дії сигналізаторів «ДОЗОР-С» полягає в обробці електричних сигналів, що надходять від чутливих елементів вимірювального перетворювача. Чутливий елемент приладу є твердоелектролітною електрохімічною коміркою з діоксиду цирконію ZrO_2 . Він розташований у потоці газів. Газу протікають навколо одного (вимірювального) електрода, а інший (порівняльний) електрод знаходиться в контакті із зовнішнім повітрям (атмосферою).

Вихідна напруга з чутливого елемента посилюється підсилювачем ПВ і надходить на вхід блоку БПС.

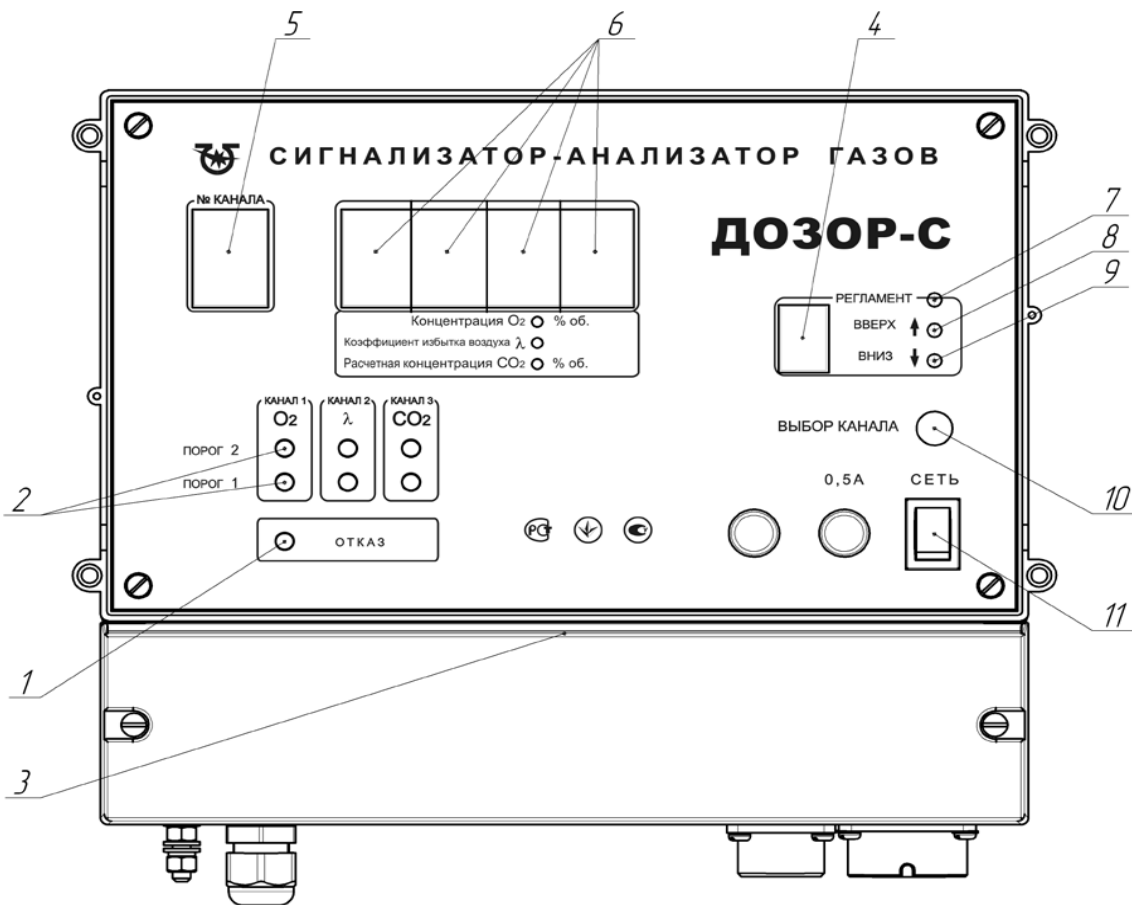






Рисунок 2. Розташування органів управління, індикації та сигналізації:

- 1 – індикатор світлової сигналізації «ВІДМОВА»;
- 2 – індикатори світлової сигналізації порогових пристроїв;
- 3 – звукова сигналізація (на нижній панелі);
- 4 – цифровий дисплей номеру сервісного режиму:
 -  – «ТЕСТ»;
 -  – «НАЛАШТУВАННЯ ПОРОГУ 1» (мінімальне робоче значення);
 -  – «НАЛАШТУВАННЯ ПОРОГУ 2» (максимальне робоче значення);
 -  – (відсутність цифри) – "РОБОЧИЙ СТАН";
- 5 – цифровий дисплей номеру каналу;
- 6 – цифровий дисплей концентрації газу (або величини параметра, що налаштовується в режимі «ТЕСТ», «НАЛАШТУВАННЯ ПОРОГУ 1», «НАЛАШТУВАННЯ ПОРОГУ 2»);
- 7 – багатофункціональна кнопка "РЕГЛАМЕНТ";
- 8, 9 – кнопки підлаштування «ВВЕРХ» та «Вниз»;
- 10 – кнопка «ВИБІР КАНАЛУ»;
- 11 – вимикач живлення «МЕРЕЖА».

Підготовка приладу до роботи

Перед увімкненням сигналізатора необхідно перевірити правильність увімкнення зовнішніх електричних з'єднань, наявність пломб та їх збереження, відсутність механічних пошкоджень, правильність заземлення блоку БПС.

Увімкнути вимикачем «МЕРЕЖА» живлення сигналізатора, при цьому повинен загорітися світловий індикатор вимикача «МЕРЕЖА» і на цифровому дисплеї концентрації газу з'являться символи « » – режим ініціалізації мікроконтролера сигналізатора.

Через 5 с на цифровому дисплеї з'явиться повідомлення «НАГР» – режим нагрівання чутливого елемента.

Після нагрівання чутливого елемента сигналізатор перейде в режим «РОБОЧИЙ СТАН», а на цифровому дисплеї з'явиться значення концентрації газу в місці встановлення приладу.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Не починати виконання практичних завдань, не ознайомившись з порядком та правилами їх виконання.
2. Не вмикати без дозволу викладача прилади та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.
3. Практичні завдання виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

ЗАВДАННЯ:

1. Перевірити комплектацію приладу ДОЗОР-С.
2. Підготувати прилад ДОЗОР-С до вимірювань.
3. Виміряти концентрацію газів в повітрі.
4. Скласти звіт з висновками. У звіті мають бути відображені такі питання: мета заняття, основні теоретичні положення щодо виявлення хімічного забруднення, призначення і склад приладу ДОЗОР-С, результати вимірювання, висновки.

Література:

1. Дослідження загазованості повітряного середовища виробничих приміщень. Методичні вказівки до лабораторної роботи. Харків – 2017.- 16 с.
2. Газоаналізатор-течешукач ДОЗОР-С-П. Інтернет-ресурс: <http://ias.kharkov.ua/products/gazoanalizator-techeiskatel-dozor-s-p/>
3. Защита от оружия массового поражения: Справочник / Под ред. В. В. Мясникова. – М.: Воениздат, 1984. – С. 135-139, 181-327.

**Розрахункова графічна робота.
Прогнозування масштабів зараження сильнодіючими
отруйними речовинами (СДОР) при аваріях
на хімічно небезпечних об'єктах**

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

В Україні функціонує 931 об'єкт, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності 308 тис. тонн небезпечних хімічних речовин. Найбільш розповсюджені: аміак – 202 тис. т та хлор 4 тис. т. На інші небезпечні хімічні речовини, серед яких фосген, формальдегід, хлороводень тощо, припадає 101 тис. тон.

При ушкодженнях і руйнуваннях ємностей, в яких зберігаються, транспортуються чи переробляються небезпечні хімічні речовини, можуть відбутися аварійні викиди цих отруйних речовин. Такі аварії тривають короткий час, але за цей час можуть призвести до загибелі великої кількості населення, яке мешкає поблизу, та персоналу самих об'єктів. За таких умов потрібно діяти швидко за заздалегідь розробленим на такий випадок планом.

Для прогнозування наслідків аварій з небезпечними хімічними речовинами ДСНС розроблена методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті від 29 листопада 2019 року за № 1000.

В методиці використані такі терміни:

- прогнозування – завчасне визначення ймовірності виникнення і динаміки розвитку надзвичайних ситуацій на підставі аналізу можливих причин їх виникнення, які зумовлені дією джерел надзвичайних ситуацій у минулому і на тепер, та оцінювання можливих наслідків;

- небезпечна хімічна речовина (НХР) – хімічна речовина, безпосередня або опосередкована дія якої на людину може спричинити загибель, гостре або хронічне захворювання людей, завдання шкоди навколишньому середовищу;

- порогова токсодоза Pct50 – найменша інгаляційна токсодоза НХР, що викликає в людини, яка не забезпечена засобами захисту органів дихання, початкові симптоми ураження;

- руйнування хімічно небезпечного об'єкта – стан хімічно небезпечного об'єкта, за якого внаслідок катастрофи або

стихійного лиха відбулася повна розгерметизація всіх ємностей і руйнування технологічних комунікацій;

- зона можливого хімічного забруднення – територія, у межах якої в разі зміни напрямку вітру можливе переміщення хмари НХР з концентрацією, небезпечною для життя людини;

- зона хімічного забруднення – територія або акваторія, у межі якої потрапили НХР у концентраціях або кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому природному середовищу. ЗХЗ є сукупністю забруднених площ району аварії та площ, утворених первинною та/або вторинною хмарою НХР;

- прогнозована зона хімічного забруднення – розрахункова зона в межах зони можливого хімічного забруднення

- первинна хмара небезпечних хімічних речовин – хмара НХР, яка утворюється внаслідок миттєвого (1-2 хв) переходу в атмосферу всього об'єму ємності з НХР або її частини;

- вторинна хмара небезпечних хімічних речовин – хмара НХР, яка утворюється внаслідок випаровування розлитої НХР з поверхні;

- закритий рельєф місцевості – великі міста, гори, ліси віком 30 років та більше;

- ізотермія – ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту дорівнює температурі повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Зазвичай спостерігається в хмарну погоду і за снігового покриву;

- інверсія – ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно за годину до заходу сонця та зникає впродовж години після сходу сонця;

- конвекція – ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно через 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2-2,5 години до заходу сонця;

Оцінка хімічної обстановки передбачає визначення:

- масштабів хімічного забруднення;
- ступеня небезпеки хімічного забруднення;
- тривалості хімічного забруднення.

Основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є:

- радіус R_A , (км) та площа S_A (км²) району аварії;
- глибина Γ_1 (км) та площа S_1 (км²) поширення первинної хмари НХР;
- глибина Γ_2 та площа S_2 поширення вторинної хмари НХР.

Значення глибини поширення первинної хмари для деяких НХР Γ_{T1} (км), наведені в додатку 7, зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації.

Глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою

$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \times K_{t1} \times K_k \times K_m,$$

де Γ_{T1} – табличне значення глибини поширення первинної хмари (км);

K_{t1} – поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР. Значення, наведені в додатку 1;

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами. Для його визначення розраховується співвідношення заданої маси НХР Q_z до найближчого значення типової маси НХР Q_t (в додатку 7). Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежить від величини співвідношення Q_z / Q_t та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі. Значення коефіцієнта пропорційності наведені в додатку 2;

K_m – коефіцієнт впливу місцевості. Значення коефіцієнта K_m визначається із урахуванням комплексного показника K_p . Значення коефіцієнта впливу місцевості K_m наведені в додатку 3. Значення комплексного показника K_p наведені в додатку 4.

Під час розрахунків слід урахувувати, що якщо напрямок руху хмари НХР збігається з напрямком міських транспортних магістралей, то глибина поширення хмари НХР визначається як для степової місцевості, а якщо напрямок вітру не збігається з напрямком міських транспортних магістралей або у населених пунктах із безсистемною забудовою, то глибина поширення

хмари НХР визначається за даними для лісної місцевості змішаного типу, зазначеними в додатку 4.

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_{T2} (км), наведені в додатку 8 (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей, у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації, значення порогової токсодози $PCt50$ та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

З урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинну хмару, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_2 (км) визначається за формулою:

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T2} \times K_{t2} \times K_k \times K_m$$

де Γ_{T2} – табличне значення глибини поширення вторинної хмари;

K_{t2} – поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря. Значення поправного коефіцієнта K_{t2} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР, наведені в додатку 5;

K_k – коефіцієнт пропорційності та K_m – коефіцієнт впливу місцевості такі самі, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Площа первинної (вторинної) хмари НХР $S_{1(2)}$ (км²) визначається за формулою

$$S_{1(2)} = \frac{(\Gamma_{1(2)} + R_A)^2 \times \varphi}{60},$$

де $\Gamma_{1(2)}$ – глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км);

R_A – радіус району аварії (км);

φ – половина кута сектора (град.), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю P . Значення кута φ залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності P наведені в додатку 6.

Довірча ймовірність P визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $P = 0,9$;

- у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних про об'єкт в умовах викиду (вилливу) НХР $P = 0,5$;
- у разі наявності не всіх вихідних даних $P = 0,75$.

Кут сектора зараженої зони на схемі поширення первинної та вторинної хмари НХР зображується, як на рис. 1, а зони можливого та прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування на рис. 2.

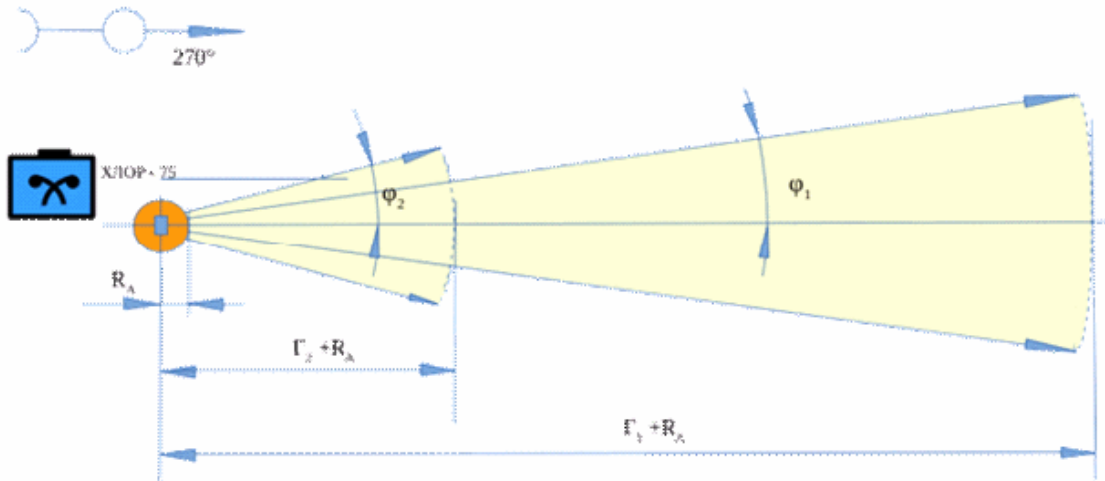


Рисунок 1. Схема поширення первинної та вторинної хмари НХР

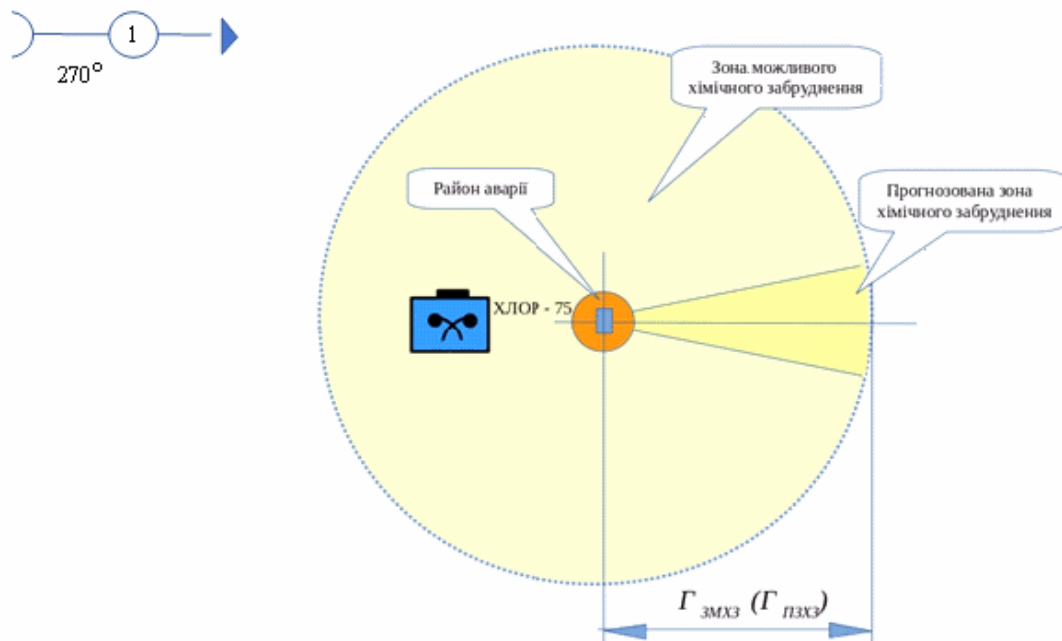


Рисунок 2. Зони можливого та прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування

Завдання: Оцінити хімічну обстановку, яка може скластися внаслідок аварії на другу годину після аварії. Скласти текст повідомлення для оповіщення населення.

Вихідні дані:

1. Місце аварії, вид і кількість СДОР

| Варіант | Місце аварії | Об'єкт | СДОР | К-сть, т |
|---------|--------------------------------------|-----------|-------|----------|
| 0 | ВАТ "Азот" | Резервуар | Аміак | 2000 |
| 1 | ВАТ "Азот" | Резервуар | Хлор | 40 |
| 2 | ЗАТ "Юрія" | Резервуар | Аміак | 5 |
| 3 | ТОВ "Черкаська продовольча компанія" | Резервуар | Аміак | 15 |
| 4 | ТОВ "Черкаська продовольча компанія" | Резервуар | Аміак | 30 |
| 5 | ЗАТ "Юрія" | Резервуар | Аміак | 10 |
| 6 | Залізнична станція | Цистерна | Аміак | 30 |
| 7 | ДП "Консервний комбінат" | Резервуар | Аміак | 9 |
| 8 | Залізнична станція | Цистерна | Хлор | 30 |
| 9 | ДП "Консервний комбінат" | Резервуар | Аміак | 4 |

2. Метеоумови під час аварії

| Підваріант | Ступень вертикальної стійкості повітря | Напрямок вітру | Швидкість вітру, м/с | Температура, °С |
|------------|--|----------------|----------------------|-----------------|
| 0 | інверсія | на Північ | 0,4 | 18 |
| 1 | ізотермія | на Пн-Зах. | 2 | 15 |
| 2 | конвекція | на Захід | 1 | 22 |
| 3 | інверсія | на Пн-Сх. | 0,5 | 20 |
| 4 | ізотермія | на Північ | 3 | 10 |
| 5 | конвекція | на Захід | 1,5 | 0 |
| 6 | інверсія | на Захід | 0,8 | 15 |
| 7 | ізотермія | на Пн-Сх. | 1 | 25 |
| 8 | конвекція | на Схід | 1 | 20 |
| 9 | інверсія | на Південь | 0,7 | 10 |

Методика виконання:

1. Розрахувати границі зони хімічного забруднення при заданих варіантом умовах.

2. Нанести на мапу (додаток 9) зону хімічного зараження згідно розрахунків. Для цього від об'єкту, де відбулася аварія, в напрямку вітру провести лінію. Ця лінія є бісектрисою кута f . Відкласти на лінії відстань G_n з врахуванням масштабу.

3. За результатами оцінки хімічної обстановки зробити висновки і намітити необхідні заходи по організації сповіщення робітників, службовців, населення прилеглих районів, розробити заходи з організації евакуації людей, надання медичної допомоги, проведення дегазації, санітарної обробки.

Література:

1. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті від 29 листопада 2019 року за № 1000.

ДОДАТКИ

Додаток 1.

Значення поправного коефіцієнта K_{t1} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР

| Назва НХР | Температура повітря, °С | | | | | |
|-----------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 |
| Аміак | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,4 |
| Хлор | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,4 |

Додаток 2.

Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

| Вертикальна стійкість повітря | Величина відношення Q_3 / Q_T | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Конвекція | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,7 |
| Ізотермія | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 2,8 | 3,3 |
| Інверсія | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,6 | 2,6 | 3,4 | 4,0 |

Додаток 3.

Значення коефіцієнта впливу місцевості K_m

| Значення комплексного показника K_p | Стан атмосфери в приземному шарі повітря | | |
|---------------------------------------|--|-----------|----------|
| | конвекція | ізотермія | інверсія |
| 0,1 | 0,8 | 0,8 | 0,9 |
| 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| 0,7 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 0,8 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 0,9 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 1,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 1,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,4 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 1,5 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 1,6 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

Додаток 4

Значення комплексного показника Кр

| Вид рослинності | Тип лісу | Вид рельєфу | | | | | |
|-----------------|----------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------|-------------|
| | | рівнинний | рівнинно-хвилястий | рівнинно-горбистий | горбисто-балочний | горбистий | перед-гір'я |
| Літо | | | | | | | |
| Лісиста | хвойні | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 |
| | змішані | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1,2 |
| Степова | | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1 |
| Зима | | | | | | | |
| Лісиста | хвойні | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 |
| | змішані | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 0,9 | 1,1 |
| Степова | | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |

Додаток 5

Значення поправного коефіцієнта Kt2, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР

| Назва НХР | Температура повітря, °С | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 |
| Аміак (під тиском) | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| Хлор (під тиском) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |

Додаток 6

Значення кута ϕ залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності Р

| Вид хмари НХР та час випаровування | Стан атмосфери у приземному шарі повітря | Значення Р | | |
|------------------------------------|--|------------|------|-----|
| | | 0,5 | 0,75 | 0,9 |
| Первинна хмара НХР | інверсія | 9 | 15 | 20 |
| | ізотермія | 12 | 20 | 25 |
| | конвекція | 15 | 25 | 30 |
| Вторинна хмара НХР | інверсія | 12 | 20 | 30 |
| | ізотермія | 15 | 25 | 40 |
| | конвекція | 20 | 35 | 50 |

Значення глибини поширення первинної хмари для деяких НХР Γ_{T1} (км)

| Маса НХР (Т) | Інверсія, швидкість вітру (м/с) | | | | Конвекція, швидкість вітру (м/с) | | | | Ізотермія, швидкість вітру (м/с) | | | | |
|--------------------|------------------------------------|--------|--------|-------|-------------------------------------|-------|------|------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 10 |
| | Аміак | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,32 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,21 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,06 |
| 10 | 1,44 | 0,92 | 0,71 | 0,59 | 0,39 | 0,27 | 0,22 | 0,19 | 0,77 | 0,52 | 0,41 | 0,35 | 0,21 |
| 30 | 2,93 | 1,87 | 1,44 | 1,19 | 0,67 | 0,47 | 0,39 | 0,34 | 1,43 | 0,96 | 0,77 | 0,65 | 0,39 |
| 50 | 4,08 | 2,6 | 2 | 1,66 | 0,87 | 0,61 | 0,5 | 0,43 | 1,92 | 1,29 | 1,02 | 0,87 | 0,52 |
| 100 | 6,4 | 4,08 | 3,14 | 2,6 | 1,23 | 0,87 | 0,71 | 0,61 | 2,84 | 1,92 | 1,52 | 1,29 | 0,77 |
| 150 | 8,33 | 5,31 | 4,08 | 3,39 | 1,5 | 1,06 | 0,87 | 0,75 | 3,58 | 2,41 | 1,92 | 1,63 | 0,96 |
| 300 | 13,05 | 8,33 | 6,4 | 5,31 | 2,13 | 1,5 | 1,23 | 1,06 | 5,32 | 3,58 | 2,84 | 2,41 | 1,43 |
| 500 | 18,17 | 11,59 | 8,91 | 7,4 | 2,75 | 1,94 | 1,59 | 1,37 | 7,12 | 4,79 | 3,8 | 3,23 | 1,92 |
| 1000 | 28,49 | 18,17 | 13,97 | 11,59 | 3,89 | 2,75 | 2,24 | 1,94 | 10,56 | 7,12 | 5,65 | 4,79 | 2,84 |
| 10000 | 126,81 | 80,9 | 62,2 | 51,61 | 12,34 | 8,72 | 7,12 | 6,16 | 39,25 | 26,44 | 20,98 | 17,81 | 10,56 |
| Хлор | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,41 | 0,98 | 0,75 | 0,63 | 0,41 | 0,29 | 0,24 | 0,2 | 0,81 | 0,55 | 0,43 | 0,37 | 0,22 |
| 10 | 6,29 | 4,36 | 3,35 | 2,78 | 1,29 | 0,91 | 0,75 | 0,65 | 3,01 | 2,03 | 1,61 | 1,37 | 0,81 |
| 30 | 12,83 | 8,9 | 6,84 | 5,68 | 2,24 | 1,58 | 1,29 | 1,12 | 5,64 | 3,8 | 3,01 | 2,56 | 1,52 |
| 50 | 17,87 | 12,39 | 9,53 | 7,9 | 2,9 | 2,05 | 1,67 | 1,45 | 7,54 | 5,08 | 4,03 | 3,42 | 2,03 |
| 100 | 28 | 19,42 | 14,93 | 12,39 | 4,1 | 2,9 | 2,36 | 2,05 | 11,2 | 7,54 | 5,99 | 5,08 | 3,01 |
| 150 | 36,43 | 25,26 | 19,42 | 16,12 | 5,02 | 3,55 | 2,9 | 2,51 | 14,11 | 9,51 | 7,54 | 6,4 | 3,8 |
| 300 | 57,1 | 39,6 | 30,45 | 25,26 | 7,11 | 5,02 | 4,1 | 3,55 | 20,95 | 14,11 | 11,2 | 9,51 | 5,64 |
| 500 | 79,52 | 55,16 | 42,4 | 35,19 | 9,18 | 6,48 | 5,29 | 4,58 | 28,03 | 18,88 | 14,98 | 12,72 | 7,54 |
| 1000 | 124,65 | 86,46 | 66,47 | 55,16 | 12,99 | 9,18 | 7,49 | 6,48 | 41,61 | 28,03 | 22,24 | 18,88 | 11,2 |
| 2000 | 195,4 | 135,53 | 104,19 | 86,46 | 18,38 | 12,99 | 10,6 | 9,18 | 61,77 | 41,61 | 33,02 | 28,03 | 16,63 |

Додаток 8.

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Г_{T2} (км)

| Маса НХР (т) | Інверсія, швидкість вітру (м/с) | | | | Конвекція, швидкість вітру (м/с) | | | | Ізотермія, швидкість вітру (м/с) | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 10 | |
| Аміак | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,37 | 0,33 | 0,31 | 0,3 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,22 | 0,21 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,19 |
| 10 | 1,52 | 1,37 | 1,29 | 1,24 | 0,24 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,75 | 0,71 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,64 |
| 30 | 2,98 | 2,69 | 2,53 | 2,43 | 0,4 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 1,34 | 1,28 | 1,24 | 1,22 | 1,22 | 1,14 |
| 50 | 4,08 | 3,68 | 3,46 | 3,32 | 0,51 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1,77 | 1,68 | 1,64 | 1,6 | 1,6 | 1,5 |
| 100 | 6,24 | 5,63 | 5,3 | 5,08 | 0,7 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 2,56 | 2,44 | 2,37 | 2,32 | 2,32 | 2,18 |
| 150 | 8 | 7,22 | 6,8 | 6,51 | 0,85 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 3,18 | 3,03 | 2,94 | 2,89 | 2,89 | 2,71 |
| 300 | 12,24 | 11,04 | 10,4 | 9,96 | 1,17 | 1,72 | 1,72 | 1,72 | 4,61 | 4,39 | 4,27 | 4,18 | 4,18 | 3,92 |
| 500 | 16,74 | 15,11 | 14,22 | 13,63 | 1,49 | 2,18 | 2,18 | 2,18 | 6,06 | 5,77 | 5,61 | 5,5 | 5,5 | 5,15 |
| 1000 | 25,62 | 23,11 | 21,76 | 20,85 | 2,06 | 3,02 | 3,02 | 3,01 | 8,77 | 8,36 | 8,12 | 7,96 | 7,96 | 7,47 |
| 10000 | 105,2 | 94,91 | 89,36 | 85,63 | 6,02 | 8,82 | 8,82 | 8,82 | 30,07 | 28,65 | 27,85 | 27,29 | 27,29 | 25,6 |
| Хлор | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,78 | 2,46 | 2,32 | 2,22 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 1,31 | 1,25 | 1,22 | 1,19 | 1,19 | 1,12 |
| 10 | 11,41 | 10,1 | 9,51 | 9,11 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 4,5 | 4,29 | 4,17 | 4,08 | 4,08 | 3,83 |
| 30 | 22,39 | 19,82 | 18,66 | 17,88 | 2,97 | 2,97 | 2,97 | 2,97 | 8,1 | 7,71 | 7,5 | 7,35 | 7,35 | 6,89 |
| 50 | 30,63 | 27,12 | 25,53 | 24,47 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 3,77 | 10,64 | 10,14 | 9,86 | 9,66 | 9,66 | 9,06 |
| 100 | 46,87 | 41,49 | 39,06 | 37,43 | 5,21 | 5,21 | 5,2 | 5,2 | 15,42 | 14,69 | 14,28 | 14 | 14 | 13,13 |
| 150 | 60,1 | 53,21 | 50,1 | 48 | 6,29 | 6,29 | 6,29 | 6,29 | 19,16 | 18,25 | 17,74 | 17,39 | 17,39 | 16,31 |
| 300 | 91,95 | 81,4 | 76,65 | 73,44 | 8,69 | 8,69 | 8,68 | 8,68 | 27,76 | 26,44 | 25,7 | 25,19 | 25,19 | 23,63 |
| 500 | 125,8 | 111,36 | 104,86 | 100,47 | 11,03 | 11,02 | 11,02 | 11,02 | 36,48 | 34,75 | 33,78 | 33,11 | 33,11 | 31,05 |
| 1000 | 192,46 | 170,38 | 160,42 | 153,72 | 15,24 | 15,23 | 15,22 | 15,22 | 52,86 | 50,36 | 48,95 | 47,97 | 47,97 | 44,99 |
| 2000 | 294,45 | 260,67 | 245,44 | 235,18 | 21,05 | 21,03 | 21,02 | 21,02 | 76,59 | 72,96 | 70,92 | 69,51 | 69,51 | 65,19 |

Мапа м. Черкаси з позначенням деяких хімічно-небезпечних об'єктів.



Таблиці довідкових даних для виконання розрахунку розміру зони забруднення при хімічних аваріях.

Список індикаторних трубок і приладів газового аналізу

| № п/п | Позначення | Вимірювана речовина | Діапазон вимірюваних концентрацій | Поріг чутливості | Пристрій для прокачування |
|--------------------------------------|------------|------------------------------|--|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| СПЕЦІАЛЬНІ ІНДИКАТОРНІ ТРУБКИ | | | | | |
| 1. | ІТМ-1Б | Оксиди азоту | | 0,5; 1,5; 5,0 мг/м ³ | ПГА- ВПМ КГП – ВП УПГК |
| 2. | ІТМ-2А | Оксиди азоту | 0-50 мг/м ³ | | такий самий |
| 3. | ІТМ-2Б | Оксиди вуглецю | 0-7 мг/м ³ | | ---***--- |
| 4. | ІТМ-3А | Сурм'янистий водень | | 0,1; 0,4 мг/м ³ | ---***--- |
| 5. | ІТМ-4 | Сірководень | 0-7 мг/м ³ | | ---***--- |
| 6. | ІТМ-5 | Керосин, бензин | 0-500 мг/м ³ | | ---***--- |
| 7. | ІТМ-5Б | Сума ароматичних вуглеводнів | 0-60 мг/м ³ | | ---***--- |
| 8. | ІТМ-7А | Триетиламін | 0-80 мг/м ³ | | ---***--- |
| 9. | ІТМ-8 | Гептил | | 0,1; 0,4 мг/м ³ | ---***--- |
| 10. | ІТМ-11 | Ртуть | 0,003 – 0,005; 0,006 – 0,01 мг/м ³ | | ВПХР ЛОТОС УПГК |
| 11. | ІТМ-12 | Аміак | 0-4 мг/м ³ | | ПГА- ВПМ КГП – ВП УПГК |
| 12. | ІТМ-13 | Ацетон | До 5 мг/м ³ , понад 15 мг/м ³ | | ПГА- ВПМ КГП – ВП УПГК |
| 13. | ІТМ-14 | Паливо ОТ – 700 | | | ПГА- ВПМ КГП – ВП УПГК |

| | | | | | |
|---|---------|--|---|----------------------------|---|
| 14. | ІТМ-15 | Сірчаний ангідрид | 2 мг/м ³ | | ПГА- ВПМ КГП – ВП УПГК |
| 15. | ІТМ-ПГ | Домішки масел в стиснутих газах | 0-5 мг/м ³ | | Спеціальний пристій для відбору проб про високих тисках |
| 16. | ІТМ-ВВД | Волога в стиснутих газах | Наявність | | ---***--- |
| ЗАГАЛЬНО-ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ | | | | | |
| 17. | ІТ-36 | Іприт | 0,002 – 0,03; 0,01; 0,3 мг/м ³ | | ВПХР ППХР ЛОТОС УПГК |
| 18. | ІТ-45 | Синильна кислота, хлорціан, фосген, дифосген | | порогові | ---***--- |
| 19. | ІТ-46 | Vz | 4*10 ⁻⁴ – 1*10 ⁻² мг/л | | ---***--- |
| 20. | ІТ-48 | Ci-Ap | 4*10 ⁻⁵ ; 1*10 ⁻³ ; 1*10 ⁻⁴ мг/л | | ---***--- |
| 21. | ІТ-49 | Ci-Ec | 2*10 ⁻⁴ ; 2*10 ⁻⁵ мг/л | | ---***--- |
| 22. | ІТ-51 | Зарин, зоман, V-гази | | 1*10 ⁻⁷ мг/л | ---***--- |
| 23. | ІТА | Амідол | | 1*10 ⁻³ мг/л | ---***--- |
| 24. | ІТ-Г1 | Гептил | 1*10 ⁻⁴ 1*10 ⁻³ 1*10 ⁻² мг/л | | ---***--- |
| 25. | ІТ-С2 | Самін | 0,003-0,3 мг/л | | ---***--- |

| | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---|--|--|--|
| 26. | ІТ-2Т | Окислювач | $5 \cdot 10^{-3}$ мг/л | | ---***--- |
| 27. | ІТ-44 | Зарин, зоман, V-гази | $5 \cdot 10^{-3}, 5 \cdot 10^{-7}$ мг/л | | ---***--- |
| 28. | ІТМ-13-37 | Люїзит (три жовтих кільця), азотистий іприт (два жовтих кільця) | 0,002 мг/л 0,001 мг/л | | ---***--- |
| 29. | ІТ-24 | Миш'яко- вистий водень | 0,005 мг/л | | ---***--- |
| 30. | АП-1 (індикаторна планка) | Vгази | аерозолі 30-50 мкм 100-150 мкм | | ---***--- |
| 31. | ІТМ-15-30 | Адамсит (три білих кільця), хлорацетон- фенон (одне біле кільце) | | | ---***--- |
| 32. | ІТ-28 | Оксиди вуглецю | | | ---***--- |
| ЕКОЛОГІЧНІ ІНДИКАТОРНІ ТРУБКИ | | | | | |
| 33. | КОМПЛЕКТ САГ-НП лабораторний | Нафтопродук- ти в ґрунті | 3-30000 мг/кг | | Комплект вимірю- вальних приладів |
| 34. | КОМПЛЕКТ САГ-НП /польовий/ | Нафтопродук- ти в ґрунті | 3-30000 мг/кг | | ---***--- |
| 35. | КИС-НП | Нафтопродук- ти у воді | 0,05-50 мг/л | | ---***--- |
| 36. | ІТ-ОМ | Домішки масел в стиснутих газах | 0,1-3,0 мг/м ³ | | Спеціальні пристрої для відбору проб при високих тисках |
| 37. | КІТ-Н ₂ S | Сірководень | 4,0-200,0 мг/м ³ | | УГ-2 |
| 38. | КІТ-Cl ₂ | Хлор | 0,5-50,0 мг/м ³ | | ---***--- |

| ПРОМИСЛОВІ ІНДИКАТОРНІ ТРУБКИ ДО ПРИЛАДУ УГ-2 (УПГК) | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|--|--|--------------|
| 39. | ІТ-СІРЧАНИЙ АНГІДРИД | Сірчаний ангідрид | 0,0-30,0; 0,0-200,0 мг/м ³ | | УГ-2 УПГК |
| 40. | ІТ-АЦЕТОН | Ацетон | 0,0-2000,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 41. | ІТ-ТОЛУОЛ | Толуол | 0,0-500,0; 0,0-2000,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 42. | ІТ-ХЛОР | Хлор | 0,0-15,0; 0,0-80,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 43. | ІТ-БЕНЗИН | Бензин | 0,0-1000,0; 0,0-5000,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 44. | ІТ-ОКИСЛИ АЗОТУ | Окисли азоту | 0,0-50,0; 0,0-200,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 45. | ІТ-ЕТИЛОВИЙ ЕФІР | Етиловий ефір | | | ---***--- |
| 46. | ІТ-ВУГЛЕВОДИ НАФТИ | Вуглеводи нафти | 0,0-1000,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 47. | ІТ-БЕНЗОЛ | Бензол | 0,0-25,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 48. | ІТ-КСИЛОЛ | Ксилол | 0,0-500,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 49. | ІТ-СІРКОВОДЕНЬ | Сірководень | 0,0-30,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 50. | ІТ-АМІАК | Аміак | 0,0-30,0; 0,0-300 мг/м ³ | | ---***--- |
| 51. | ІТ-ОКИС ВУГЛЕЦЮ | Окис вуглецю | 0,0-120,0; 0,0-400,0 мг/м ³ | | ---***--- |
| 52. | КІТ-АЦЕТИЛЕН | Ацетилен | 0,0-1400,0; 0,0-6000,0 мг/м ³ | | ---***--- |

Навчальне видання

**Анатолій АЛЕКСЄВ, Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ,
Сергій ЦВІРКУН, Сергій ЗАСУНЬКО, Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ**

НЕБЕЗПЕКИ РАДІАЦІЙНОГО, ХІМІЧНОГО ТА БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

для курсантів 1 курсу циклу загальної підготовки
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»,
спеціальність – 263 «Цивільна безпека»
за освітньо-професійними програмами
«Цивільна безпека» та «Охорона праці»

Підписано до друку **28.09.2022**
Обл.-вид. арк. 7,5. Ум. друк. арк. 11,88.
Замовлення № 27.
ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України
вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, 18034