

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В. О. МИХАЙЛЮК, В. І. ІЗОТОВ, П. В. ШТЕЙН

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних, лабораторних
та індивідуальних робіт за темою:

**"Оцінка наслідків радіаційного впливу
на адміністративно-територіальні одиниці при аваріях
на радіаційно-небезпечних об'єктах та застосуванні зброї"**

Рекомендовано Методичною радою НУК

Електронне видання на CD-ROM

Миколаїв 2010

УДК 351.86.614.8

Рецензент кандидат технічних наук, професор Березуцький В.В.

Електронний аналог друкованого видання:

Михайлюк В.О., Ізотов В.І., Штейн П.В. Методичні вказівки до виконання практичних, лабораторних та індивідуальних робіт за темою: "Оцінка наслідків радіаційного впливу на адміністративно-територіальні одиниці при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах та застосуванні зброї". – Миколаїв: НУК, 2010. – 51 с.

Кафедра безпеки життєдіяльності та цивільного захисту

Методичні вказівки призначенні для студентів вузів, які вивчають дисципліни "Безпека життєдіяльності" та "Цивільна оборона", за всіма спеціальностями, а також для викладачів цих дисциплін.

ВИКОРИСТАНІ СКОРОЧЕННЯ

АЕС – атомна електростанція
АТО – адміністративно-територіальна одиниця
ВВР – водо-водяний реактор
ГПХ – гостра променева хвороба
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту
ЗКЗ – засоби колективного захисту
ЗС – захисні споруди
ІВ – іонізуючі випромінювання
КТ – контрольні точки
МАГАТЕ – міжнародна асоціація гідро-, атомних, теплових електростанцій
НРБУ – норми радіаційної безпеки України
НС – надзвичайна ситуація
ОЕ – об'єкт економіки
ПРУ – протирадіаційне укриття
ПЯР – продукти ядерного розпаду
РА – радіаційна аварія
РБ – радіаційна безпека
РЗ – радіоактивне забруднення (зараження)
РЛ – радіаційна лінійка
РНО – радіаційно-небезпечний об'єкт
РО – радіаційна обстановка
РР – радіоактивні речовини
РХ – радіоактивна хмара
СІ – міжнародна система одиниць
ЦЗ – цивільний захист
ЦО – цивільна оборона
ЯВ – ядерний вибух
ЯЗ – ядерна зброя
ЯР – ядерний реактор

ВСТУП

У відповідності до закону України "Про захист населення і територій від НС техногенного та природного характеру" одним із основних заходів у сфері захисту населення є радіаційний захист. Він містить заходи з виявлення та оцінки радіаційної обстановки (РО), організацію і здійснення дозиметричного контролю, розробку типових режимів радіаційного захисту людей, їхнього забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту (ЗІЗ та ЗКЗ), організацію та проведення спеціальної обробки. До джерел радіаційного зараження (РЗ) можна віднести накопичену певними державами ядерну зброю, широке використання радіоактивних речовин (РР) – джерел іонізуючих випромінювань (ІВ) у різних галузях науки, техніки та господарчої діяльності, ядерні вибухи (ЯВ) та аварії на об'єктах уранової, радіохімічної промисловості, атомних електростанціях (АЕС), місцях переробки та поховання радіоактивних відходів тощо. РР генерують ІВ, біологічна дія яких через ефекти іонізації та подальший розвиток хімічних реакцій в структурах біологічних клітин, може привести до їхньої загибелі.

Всі види ІВ поділяють на дві групи: хвильові (електромагнітні), до яких належать рентгенівське (R) і гамма (γ) – випромінювання та корпускулярні чи випромінювання різного роду ядерних частинок (α – частинки, β – частинки, нейтрони). Будь-який вид ІВ спричиняє біологічні зміни в організмі, як при зовнішньому (джерело знаходиться поза організмом), так і при внутрішньому опроміненні (РР потрапляють у середину організму). При зовнішньому опроміненні найбільш небезпечними є гамма, бета, рентгенівське та нейтронне випромінювання, які проникають у біологічні тканини на велику глибину і руйнують їх. Стосовно внутрішнього опромінення зауважимо, що від нього не можливо захиститися після того, як радіонукліди потрапили в середину організму. Це може відбуватися при вживанні води чи продуктів, вдиханні повітря забруднених РР, а також шляхом резорбції через шкіру, або відкриті рани. В наслідок дії ІВ в організмі порушується нормальний перебіг біологічних процесів і обмін речовин, що може призвести до гострої променевої хвороби або ураження окремих органів.

1. СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ, ЩО СКЛАДАЄТЬСЯ ЗА ЇХНІМИ НАСЛІДКАМИ

1.1. Поняття про радіаційну обстановку

Радіаційна обстановка – це сукупність умов, які виникають в результаті аварії на радіаційно небезпечних об'єктах (РНО), застосування ядерної зброї (ЯЗ), що характеризуються значними масштабами та ступенем РЗ місцевості,

акваторій, об'єктів і впливають на життєдіяльність населення, територію, роботу ОЕ. Масштаби і ступінь РЗ місцевості залежить в основному від: кількості, потужності аварійних ЯР на АЕС (кількості, потужності і виду ЯВ); часу, який пройшов з моменту аварії на АЕС (ЯВ); метеорологічних та інших умов.

Радіаційно небезпечні об'єкти – це ОЕ, де під час аварій та руйнувань можливе радіаційне ураження людей, тварин і рослин, а також РЗ довкілля. До них належать АЕС, підприємства уранової, радіохімічної промисловості, ОЕ, де використовуються радіоактивні джерела і таке інше.

Радіаційні аварії – це аварії з викидом (виходом) РР – радіонуклідів, або ІВ за межі, не передбачені проектом для нормальної експлуатації РНО, в кількостях більше встановлених меж їх безпечної експлуатації. Як вже зазначалося, одним з основних РНО є атомні електростанції. Основа будь-якої АЕС – ядерний реактор, де відбувається керована ядерна реакція поділу урану. Під час тривалої роботи ЯР (кампанії) в його активній зоні накопичується велика кількість продуктів ядерного розпаду (ПЯР). Перед завершенням кампанії у відпрацьованому ядерному паливі ПЯР складаються із різних радіонуклідів, більшість з яких є "довгоживучими" (частина "короткоживучих" за цей час встигає вже розпастися), а певна частина (більше 20%) – леткими та газоаерозольними. При цьому різко підвищується активність ядерного палива (приблизно в 100 млн. разів). Активна зона ЯР і сховища відпрацьованого ядерного палива – найбільш потужні, але не єдині джерела ІВ на АЕС. Важливими джерелами радіації є технологічні контури з теплоносієм (звичайна вода, рідкий метал тощо), системи охолодження реактора, парогенератори, турбіни та інші системи, пристрої і конструкції, де під впливом нейтронів виникає наведена радіоактивність.

Основними дозиметричними характеристиками, за допомогою яких оцінюється дія радіації на людину, є експозиційна, поглинута і еквівалентна дози її опромінення.

Експозиційна доза – енергія радіоактивного випромінювання, яка створює іонізацію в одиниці маси атмосферного повітря. Експозиційна доза характеризує потенційну небезпеку впливу ІВ при загальному і рівномірному опроміненні тіла людини. Одиниця вимірювання експозиційної дози в СІ – K_d / кг, позасистемна одиниця – рентген (Р), $1P = 2,58 \cdot 10^{-4} K_d / \text{кг}$.

Поглинута доза – це кількість енергії, яка поглинута одиницею маси опроміненої речовини. Поглинута доза – є основною дозиметричною характеристикою для оцінки радіаційної небезпеки, оскільки ступінь ураження організму залежить від кількості поглинутої енергії. Одиницею поглинутої дози в СІ є грей (Гр). Використовується також позасистемна одиниця – рад. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж} / \text{кг} = 100 \text{ рад}$.

При опроміненні живих організмів виникають різні біологічні ефекти, різниця між якими при одній і тій же поглинутій дозі пояснюється різними

видами опромінення. Тому прийнято порівнювати біологічні ефекти, що спричиняють будь-які ІВ, з ефектами від R та γ – випромінювань, тобто йдеться про еквівалентну дозу, яка враховує біологічну дію конкретного виду випромінювання. За еквівалентною дозою визначається шкода здоров'ю людини від дії ІВ конкретного складу. В СІ, за одиницю еквівалентної дози прийнято Зіверт (Зв). Застосовується також позасистемна одиниця еквівалентної дози ІВ – бер (біологічний еквівалент раду). $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$. Коефіцієнт який показує, у скільки разів вид випромінювання, що оцінюється, біологічно небезпечніший за R та γ – випромінювання при однаковій поглинутій дозі, має назву коефіцієнта якості випромінювання (Q). Для R , γ та β – випромінювання $Q = 1$, для нейтронів $Q = 10$, для α – випромінювання $Q = 20$. Таким чином, еквівалентна доза визначається добутком поглинутої дози на коефіцієнт якості випромінювання: $D_{\text{екв}} = D_{\text{пог}} \cdot Q$, $1 \text{ бер} = 1 \text{ рад} \cdot Q$, $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \cdot Q$.

Основним параметром, за яким в остаточному підсумку оцінюється радіаційний збиток, тобто ступінь зниження життєдіяльності та здоров'я людей, є еквівалентна ефективна доза опромінення (індивідуальна, колективна або очікувана колективна). Цей параметр визначається через вимірювання або обчислювання величини, яка в інтегральній формі характеризує вплив ІВ на людину. Зазначена вимірювана або обчислювана величина (потужність дози, концентрація РР та ін.), за аналогією з терміном "похідні рівні втручання для захисту населення", які застосовуються міжнародною асоціацією гідро-, атомних, теплових електростанцій (МАГАТЕ), можуть бути названі "похідними параметрами радіаційної обстановки". У цьому випадку підкреслюється, що існує основний параметр, яким є доза опромінення, а всі інші, тобто потужність дози, концентрація РР, ступінь РЗ, є похідними, допоміжними, хоча кожний із цих параметрів має цілком зрозумілий фізичний зміст і важливе самостійне значення.

Зв'язок між шуканою величиною еквівалентної дози опромінення й похідними параметрами визначається низкою факторів, зокрема умовами опромінення, характером і радіонуклідним складом забруднення і т.і. Для кожного похідного параметра вона виражається відповідним співвідношенням. Наприклад, зв'язок між еквівалентною дозою зовнішнього опромінення й концентрацією РР у повітрі виражається формулою:

$$D_3 = K_1 D \int_0^{t_1} C(t) dt ,$$

де D_3 – еквівалентна доза зовнішнього опромінення; $C(t)$ – концентрація РР у повітрі, як функція від часу; K_1 – коефіцієнт, що погоджує розмірності та враховує відношення гальмових здатностей біологічної тканини й повітря, t_1 – час знаходження в радіоактивній хмарі.

Співвідношення для визначення дози внутрішнього опромінення має вигляд:

$$D_B = \frac{K_2 W f}{\lambda_{эф}} (1 - y^{-\lambda_{эф} t_2}) \int_0^{t_1} C(t) dt,$$

де D_B – еквівалентна доза внутрішнього опромінення; W – кількість повітря, вдихуваного людиною в одиницю часу; f – коефіцієнт органотропності; $\lambda_{эф}$ – ефективна константа розпаду радіонукліда (з урахуванням константи біологічного виведення); t_1 – час знаходження в радіоактивній хмарі; t_2 – час внутрішнього опромінення, K_2 – коефіцієнт пропорційності; y – поточна координата.

Наведені вище та подібні їм співвідношення використовуються при моделюванні радіаційного впливу на персонал АЕС і населення, під час аналізу та визначення рівня радіаційного ризику.

Важливим фактором при впливі ІВ на організм людини є час опромінення. За інших рівних умов доза ІВ буде тим більше, чим більше час опромінення, отже доза накопичується з часом. Ступінь ураження організму залежить також від розміру опроміненої поверхні – з її зменшенням знижується і біологічний ефект поразки.

При малих дозах опромінення (приблизно 0,1 Зв.) будь-яких змін в органах і тканинах організму людини, тобто ефектів, які можна визначити не спостерігається. Клінічно визначаються незначні короточасні зміни складу крові тільки при одноразовому опроміненні дозою 0,25...0,75 Зв. При невеликих дозах уражена тканина відновлює свою функціональну діяльність. Великі дози при довготривалій дії ІВ можуть спричинити або незворотне враження окремих органів, або всього організму. В зв'язку з цим, встановлено допустимі дози опромінення які, не приводять до стійкої поразки організму:

а) в мирний час:

– для виробничого персоналу категорії А (особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами ІВ) за 1 рік – 20 мЗв;

– для виробничого персоналу категорії Б (особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами ІВ, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення) за 1 рік – 2 мЗв;

– для населення категорії В (все інше населення України) у нормальних умовах за 1 рік – 1 мЗв;

б) у воєнний час:

– при одноразовому опроміненні (до 4-х діб) – 0,5 Зв (50 Р);

– при багаторазовому опроміненні, до 30 діб – 1 Зв (100 Р);

– при багаторазовому опроміненні, до 3 місяців – 2 Зв (200 Р);

– при багаторазовому опроміненні, до 1 року – 3 Зв (300 Р).

Зовнішнє і внутрішнє опромінення людини спричиняє виникнення гострої променевої хвороби (ГПХ). Залежність тяжкості променевої хвороби від

величини доз опромінювання показано в табл. 1. З перебільшенням допустимих доз опромінення спостерігається розвиток ГПХ.

Виробництво, транспортування, зберігання і використання РР чітко регламентуються спеціальними правилами технології, техніки безпеки і контролю за їх застосуванням. Однак при аваріях на ЯР можуть бути пошкоджені або зруйновані елементи конструкцій АЕС, технологічні лінії, через що статися пожежа, викид радіонуклідів в навколишнє середовище тощо. Характер і масштаби радіоактивного забруднення місцевості при аваріях на АЕС залежать від типу реактора, ступеня його руйнування, метеоумов, рельєфу місцевості і, головним чином, від характеру вибуху (тепловий чи ядерний). Існує різниця у підходах до захисту людей, у разі якщо відбувається тепловий вибух із руйнуванням реактора, чи він відбувається внаслідок вибухової ядерної реакції.

Перший варіант – аварії на АЕС з тепловим вибухом і руйнуванням ЯР в результаті чого відбувається викид радіонуклідів у атмосферу, гідросферу та літосферу, що спричиняє РЗ навколишнього середовища. Хмара радіонуклідів, яка знаходиться в повітрі у стані пари або аерозолі, переміщується від місця викиду у напрямку дії та зі швидкістю середнього вітру і поступово осідає на поверхню місцевості, де формується слід радіоактивної хмари (РХ) – зона РЗ. На сліді РХ відокремлюють наступні зони РЗ: відчуження, безумовного відселення, зону гарантованого відселення і зону підвищеного радіологічного контролю.

Зона відчуження – це територія, з якої негайно після аварії здійснюється евакуація населення і припиняється господарська діяльність.

Зона безумовного (обов'язкового) відселення – це територія навколо АЕС, на якій щільність забруднення ґрунту довгоживучими радіонуклідами цезію (понад доаварійного рівня) дорівнює $15,0 \text{ Ки/км}^2$ і більше, або стронцію – $3,0 \text{ Ки/км}^2$ і більше, або плутонію – $0,1 \text{ Ки/км}^2$ і більше, де розрахована ефективна доза опромінення населення з урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів у рослини перебільшує (понад дози, яка одержана в доаварійний період) $5,0 \text{ мЗв}$ ($0,5 \text{ бер}$) у рік.

Ки (Кюрі) – позасистемна одиниця активності. За одиницю активності прийнято одне ядерне перетворення в секунду (розпад в секунду). В СІ ця одиниця має назву бекерель (Бк). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

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

Зона підвищеного радіологічного контролю – це територія з щільністю забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від $1,0$ до $5,0 \text{ Ки/км}^2$, або стронцію від $0,02$ до $0,15 \text{ Ки/км}^2$, або плутонію від $0,005$ до $0,01 \text{ Ки/км}^2$, де ефективна

доза опромінення з урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перебільшити 0,5 мЗв (0,05 бер) на рік.

Другий варіант – це аварія з повним руйнуванням ЯР та його ядерний вибух – може мати місце внаслідок стихійного лиха, падіння літаючого апарата на АЕС, вибуху звичайних чи ядерних боєприпасів у воєнний час або диверсії. В цьому випадку зараження навколишнього середовища відбувається, як при наземному ЯВ при застосуванні зброї. На території розповсюдження сліду РХ такого вибуху, як і при наземному ЯВ, відокремлюють такі зони (рис. 1): надзвичайно небезпечного РЗ (зона Г), небезпечного РЗ (зона В), сильного РЗ (зона Б), помірного РЗ (зона А) і зону радіаційної небезпеки (зона М). Характеристики зон РЗ (зараження) місцевості при аваріях на АЕС з ЯВ реактора наведено в табл. 2.

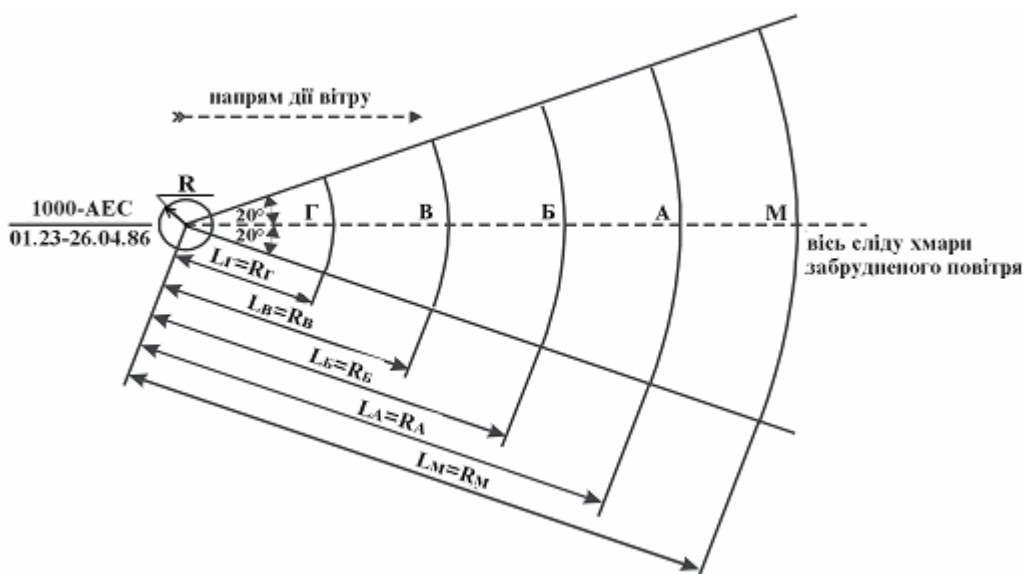


Рис. 1. Схема зон можливого РЗ місцевості при аварії на АЕС (при одноразовому викиді РР):

Г – надзвичайно небезпечного РЗ, В – небезпечного РЗ, Б – сильного РЗ, А – помірного РЗ і зона М – радіаційної небезпеки

Для визначення впливу РЗ місцевості на життєдіяльність населення, діяльність сил цивільного захисту (ЦЗ), роботу ОЕ виявляють і оцінюють РО. Виявлення РО – нанесення на карту зон можливого забруднення. Оцінка РО – рішення таких задач, як визначення можливих доз опромінення, допустимої тривалості часу перебування в зонах РЗ, допустимого часу входу в ці зони тощо.

Найбільш складне забруднення місцевості спостерігається при повному руйнуванні реакторів на АЕС, а також наземних вибухах і вибухах на водних перешкодах. РР, що визначають РО в районі розміщення АЕС в зонах РЗ, створюють суттєвий вплив на режими проживання і роботи населення та проведення аварійно-рятувальних робіт. РЗ при повітряних вибухах істотної небезпеки не становить.

Аварія на АЕС – це не миттєвий ЯВ, а процес, що розвивається і має певні фази розвитку, які визначають існуючу РО. Для оцінки РО з метою прийняття відповідних заходів захисту (за рекомендацією МАГАТЕ) аварію на АЕС поділяють на три послідовні тимчасові фази розвитку: ранню, середню та пізню. Перша (рання) фаза розвитку аварії – це термін часу від моменту початку аварії до припинення викиду (викидів) в атмосферу та закінчення формування сліду РХ. Тривалість цієї фази може бути від декількох годин до декількох діб (наприклад, на ЧАЕС – 10 діб). На цій фазі аварії відбувається неконтрольований викид летких та газоаерозольних ПЯР (на відміну від ЯВ, в основному довгоживучих радіонуклідів). РХ, що утворилася, тривалий час перебуває в атмосфері, вона може переміщуватися вітром на значні відстані. Під час руху РР повільно осідають на землю, утворюючи слід РХ. На цій фазі аварії при оцінці РО необхідно враховувати, що основний внесок в склад дози опромінення населення дають:

- прямі γ – випромінювання радіоактивних благородних газів з РХ;
- контактні β – та γ – опромінення від радіоактивних опадів, що потрапили на шкіряні покриви, одяг людини та на місцевість;
- надходження в організм з вдихуванням повітрям аерозольних РР, особливо ізотопів йоду ("йодова небезпека" – на всій першій і частково другій фазі аварії).

Друга (середня) фаза розвитку аварії – це період часу, який триває після припинення викиду (викидів) і закінчення формування сліду РХ до значного зниження ступеня РЗ місцевості. Тривалість цієї фази складає один рік. На цій фазі аварії й далі відбувається спад рівня радіації, спочатку за рахунок природного розпаду короткоживучих, а в основному за рахунок розпаду довгоживучих радіонуклідів. Тому рівень радіації в цьому випадку зменшується приблизно в два рази, якщо збільшується у сім разів час після аварії. Спад рівня радіації підлягає залежності, що визначається формулою:

$$P_t = P_1 \cdot t^{-n}, \quad (1.1)$$

де P_t – рівень радіації на будь-який час після аварії; P_1 – рівень радіації на 1 годину після аварії; t – час, що минув після аварії; n – показник ступеня (при аварії на АЕС з водо-водяним реактором, складає $n = 0,4$).

Крім того, зниження ступеня РЗ місцевості визначається за рахунок переносу РР вітром, змиванням дощовими і талими водами, дифузією у ґрунт, дезактиваційними роботами тощо. Внаслідок цього ступінь РЗ за річний цикл зменшиться у десятки разів (з досвіду ЧАЕС приблизно у 55 разів). При оцінці РО на цій фазі аварії необхідно враховувати, що основний внесок у склад дози опромінення населення дають в цілому РР, які випадають на землю та різні споруди, а також ті, що надходять до організму при вживанні забруднених продуктів і води. При цьому відзначають спочатку – період "йодової небезпеки" (1,5...2,0 місяці), а потім – "цезієвий період" (триває багато років).

Третя (пізня) фаза розвитку аварії – це період часу від моменту значного зниження ступеня РЗ (через 1 рік після аварії) до досягнення ним величини

допустимих (безпечних) меж. Тривалість цієї фази може розтягнутися на багато років. Вона є перехідною від аварійної ситуації до нормальної. Оцінка РО на АЕС для цієї фази аварії практично не відрізняється від прийнятої для ЯВ, бо враховуються аналогічні фактори (в основному ті ж, що й для другої фази). В цілому при оцінці РО у випадку аварії на АЕС необхідно враховувати наступні види радіоактивного впливу на населення (у порядку черговості за фазами розвитку аварії):

- зовнішнє опромінення при проходженні РХ аварійного викиду;
- внутрішнє опромінення при вдиханні РЗ повітря;
- контактне опромінення від радіоактивного повітря, що потрапляє на шкіряні покриви та одяг;
- зовнішнє опромінення від РЗ поверхні землі, будівель, споруд тощо;
- внутрішнє опромінення під час вторинного забруднення повітря (утворення пилу);
- внутрішнє опромінення через вживання РЗ продуктів та води.

Основним завданням першого етапу термінового реагування на РА, який триває декілька годин (не більше 24 годин) є екстрена оцінка РО для визначення та запровадження першочергових заходів, спрямованих на захист населення.

1.2. Екстрена оцінка РО при аварії на АЕС

На підставі викладеного вище побудовано методику виявлення та екстреної оцінки РО при аварії на РНО (на АЕС). При розрахунках приймаються наступні допущення: викид РР відбувається одноразово і одночасно від всіх аварійних реакторів; напрям і швидкість вітру – постійні.

Виявлення РО полягає у нанесенні на карту зон можливого забруднення (рис.1) і здійснюється в послідовності, що наведено нижче:

1. На карту (схему) наносять точку – центр РНО і наводять характеристики вибуху. Потім з центру накреслюють коло з $R = 0,2...0,3$ км (розмір промайданчика).

2. Із центру РНО в напрямку середнього вітру проводять вісь сектору та будують сектор з центральним кутом 40° , який утворюється двома дотичними до визначеного кола під кутом 20° (бічні сторони сектору).

3. Весь сектор поділяють на 5 зон РЗ радіусами, величини яких дорівнюють довжинам цих зон (Г, В, Б, А, М), і визначаються за табл. 3, в залежності від потужності та кількості аварійних реакторів.

4. Наносять можливі зони РЗ, для чого визначеними радіусами накреслюють дуги в межах сектору, які і будуть зовнішніми межами цих зон.

Межі зон наносять на карту (схему) відповідним кольором: зона М – червоним, зона А – синім, зона Б – зеленим, зона В – коричневим, зона Г – чорним.

5. Визначають в якій зоні РЗ і в якій точці цієї зони може опинитися ОЕ чи АТО, що досліджується. Ця точка визначається в залежності від відстані, на

якій знаходиться АТО (ОЕ) від геометричного центру АЕС і визначеної довжини зони, де він знаходиться.

6. На осі зони РЗ визначають контрольні точки: КТ-2 – в центрі АТО (ОЕ), КТ-1 – на ближній межі адміністративно – територіальній одиниці (АТО) об'єкта економіки (ОЕ), КТ-3 – на дальній межі.

Кількість контрольних точок визначається за необхідністю, але якщо відстань між ближньою і дальньою межами АТО (ОЕ) менше 10 км, то можна обійтися тільки однією основною КТ – в центрі АТО (ОЕ).

Оцінка РО містить рішення низки задач, і здійснюється в такій послідовності:

1. Визначають час початку РЗ у контрольних точках за формулою:

$$t_{\Pi} = R/V_{\text{сер}}, \text{ год},$$

де t_{Π} – час початку РЗ, год.; R – відстань від АТО до АЕС, км; $V_{\text{сер}}$ – швидкість середнього вітру, км/год.

2. Визначають прогнозовані рівні радіації в контрольних точках на 1 годину після аварії (P_1).

Використовуючи таблицю 4 в залежності від відстані до АЕС, потужності та кількості аварійних реакторів, визначають рівень радіації на осі сліду радіоактивної хмари (у КТ) через 1 годину після аварії (P_1).

Якщо значення відстані (R) не співпадає з табличним значенням, то необхідно провести інтерполяцію значень за формулою:

$$f(x) = f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \cdot (x - a),$$

де x – шукане значення аргументів; a, b – межові значення відрізка, якому належить x ; $f(a), f(b)$ – значення функції в межових точках відрізка ab ; $f(x)$ – значення функції шуканого аргументу.

3. Визначають фактичні рівні радіації (P_t) у позначених точках за даними розвідки або шляхом розрахунку за формулою:

$$P_t = P_1 \cdot K_t,$$

де P_t – фактичний рівень радіації на певний час, Зв/с; P_1 – рівень радіації через 1 годину після аварії, Зв/с; K_t – коефіцієнт перерахунку рівнів радіації на будь-який час, що пройшов після аварії на АЕС.

За таблицею 5, в залежності від часу випадання радіоактивних опадів (t_{Π}) у КТ, визначають K_t – коефіцієнт перерахування.

Якщо значення t_{Π} в КТ не співпадає з табличним, то необхідно провести інтерполяцію значень.

4. Визначають можливу дозу опромінення персоналу ОЕ, населення за перші 48 годин після аварії у КТ на відкритій місцевості і в житлових будинках за формулою:

$$D_t = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл}},$$

де P_1 – рівень радіації у КТ через 1 годину після аварії; Зв/с; A_t – коефіцієнт накопичення дози; $\kappa_{\text{осл.}}$ – коефіцієнт ослаблення доз випромінювання місцевості будинками, спорудами і транспортними засобами.

За таблицею 6, в залежності від часу початку опромінення ($t_{\text{п}}$) у КТ і часу кінця опромінення, на який ведеться розрахунок (48 год), знаходять величини коефіцієнта накопичення дози радіації (A_t). Якщо значення $t_{\text{п}}$ у КТ не співпадає з табличним, то необхідно провести інтерполяцію значень. $\kappa_{\text{осл.}} = 1$ – для відкритої місцевості, а $\kappa_{\text{осл.}}$ для будинків, споруд знаходять за допомогою таблиці 7.

5. Визначають можливу дозу опромінення персоналу ОЕ та населення за 10 діб після аварії у КТ при знаходженні людей на відкритій місцевості та у житлових будинках. Визначення можливої дози за 10 діб після аварії здійснюється аналогічно, як і для 48 годин.

6. Визначають допустиму тривалість роботи формувань ЦЗ на забрудненій території з урахуванням встановленої дози опромінення.

Для визначення допустимої тривалості роботи (T) формувань ЦЗ в осередку ураження, необхідно знати: час входу в осередок після аварії, рівень радіації при вході та встановлену дозу опромінення. Далі розраховують співвідношення:

$$D_{\text{вст.}} \cdot \kappa_{\text{осл.}} / P_{\text{в}},$$

де $D_{\text{вст.}}$ – встановлена доза опромінення, Зв; $P_{\text{в}}$ – рівень радіації на час входу в зону РЗ, Зв/с; $\kappa_{\text{осл.}}$ – коефіцієнт ослаблення випромінювання, який визначається за табл. 7.

Визначивши наведене співвідношення і, знаючи час входу в осередок ураження ($t_{\text{п}}$), за табл. 8 знаходять допустиму тривалість роботи на радіоактивно забрудненій місцевості. Завершальним етапом оцінки РО є висновки, в яких визначається вплив РЗ на життєдіяльність населення, найбільш доцільні варіанти дій в умовах РЗ, заходи з організації захисту людей і ліквідації наслідків забруднення (зараження).

1.3. Оцінка РО при застосуванні ядерної зброї

1.3.1. Особливості оцінки РО при ЯВ

Як вже було наведено вище, основна відмінність радіаційної аварії від ЯВ полягає в іншій ізотопній складі радіонуклідів. У зв'язку з цим рівень радіації в зоні РЗ при ЯВ спадає швидше, ніж при радіаційних аваріях. Для ЯВ показник ступеня у залежності (1.1) $n = 1,2$. Якщо прийняти за вихідний рівень радіації через 1 годину після ЯВ, то через 7 годин він знизиться в 10 разів (замість 2 разів при аваріях на АЕС) а через 49 годин – в 100 разів (замість 5 разів при аваріях на АЕС). Природно, що і значення коефіцієнта для перерахунку рівнів радіації на будь-який час (K_t) будуть іншими.

При ЯВ час вибуху можна визначити методом "двох вимірів рівнів радіації через певний інтервал часу" з використанням при рішенні задач спеціально складеними таблицями. При аваріях же на АЕС про час аварії буде оголошено не тільки з застосуванням системи оповіщення ЦЗ НС, але й всіх каналів засобів масової інформації.

У випадку ЯВ для захисту персоналу ОЕ, населення та забезпечення роботи запланованих об'єктів передбачено режими радіаційного захисту. При аварії на АЕС дані режими використовувати було б не цілком доцільно, тому що таблиці з рекомендаціями для них складено з урахуванням коефіцієнтів половинного ослаблення на випадок ЯВ. Але ж відомо, що коефіцієнти половинного ослаблення при аварії на АЕС відрізняються від коефіцієнтів половинного ослаблення при ЯВ. Це пояснюється тим, що в ізотопному складі РР на сліді РХ перебуває менша кількість короткоживучих ізотопів у зв'язку з їхнім постійним розпадом під час роботи реактора. Багато ж з довгоживучих ізотопів, які не встигають розпадатися (з моменту аварії реактора) накопичуватимуться у реакторі. У зв'язку із цим рівень γ – випромінювання в зоні РЗ, що утворюється в наслідок РА, буде значно відрізнятися від рівня γ – випромінювання при ЯВ у бік зменшення. Будинки, споруди, сховища, укриття матимуть більшу захищеність від γ – випромінювання при аварії на РНО, чим при ЯВ. При ЯВ радіоактивному зараженню піддається не тільки район, що прилягає до місця вибуху, але й місцевість, яка знаходиться від нього на багато десятків і сотень кілометрів. При цьому на великих площах може виникати зараження, яке створюватиме небезпеку для населення і відповідних формувань протягом тривалого часу. Найбільш сильне РЗ місцевості відбувається при підземних, наземних вибухах і вибухах на водяних перешкодах. При повітряних вибухах РЗ істотної небезпеки не спричиняє.

На масштаби і ступінь зараження, а також на положення радіоактивного сліду з усіх метеоумов найбільше впливають швидкість і напрямок середнього вітру. Він є середнім за швидкістю і напрямком для всіх шарів атмосфери в межах висоти підйому хмари ЯВ. Інші метеоумови можуть привести лише до деякої зміни ступеню зараження. Вражаюча дія РЗ місцевості визначається, головним чином, загальним зовнішнім опроміненням. Потрапляння РР на шкіру чи у середину організму може лише трохи збільшити вражаючий ефект зовнішнього опромінення. Тому характеристикою вражаючою дії РЗ місцевості є доза випромінювання, котру може одержати населення (відповідні формування) за час перебування в заражених районах.

РО може бути також виявлено та оцінено за прогнозом і даними радіаційної розвідки.

Оцінка прогнозованої РО полягає у визначенні розмірів зон РЗ розрахунковим шляхом і відображенні найбільш ймовірного положення цих зон на карті. Необхідно враховувати можливі відхилення фактичного сліду хмари РЗ від його положення, нанесеного на карту. У зв'язку ж з тим, що прогноз РЗ

місцевості носить орієнтований характер, з метою своєчасного забезпечення даними про фактичну РО його обов'язково уточнюють радіаційною розвідкою.

1.3.2. Оцінка РО прогнозуванням

Вихідними даними для прогнозування РО є: координати центру (епіцентру) ЯВ, його потужність, вид, час, а також напрямок і швидкість середнього вітру. Результати прогнозування РО наносять на карту (схему) у такій послідовності (рис.2).

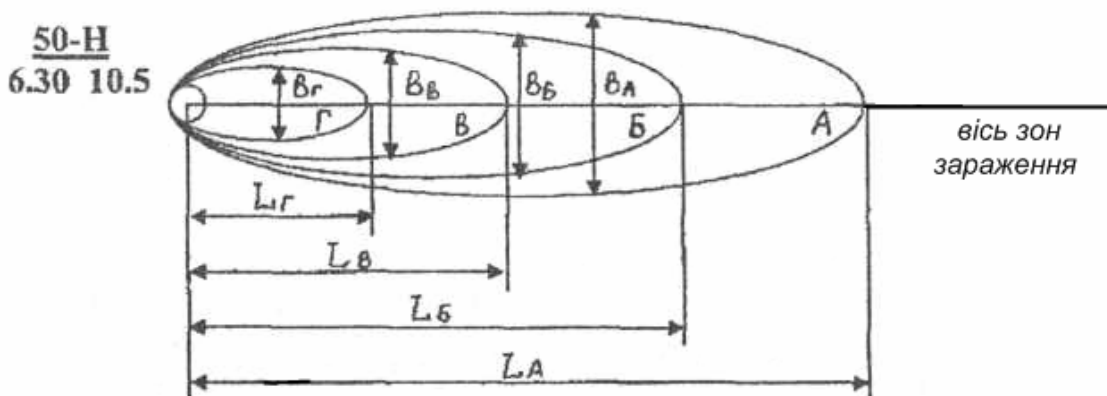


Рис. 2. Схема нанесення на карту прогнозованих зон зараження при одиночному ЯВ:

L_A, L_B, L_V, L_Γ – довжина зон А, Б, В, Г, км; B_A, B_B, B_V, B_Γ – ширина зон А, Б, В, Г, км

1. Спочатку точкою позначають центр (епіцентр) вибуху і довкола нього накреслюють коло.

2. Біля кола розташовують пояснюючий напис: у чисельнику – потужність (тис.т) і вид вибуху (Н – наземний, П_в – повітряний, П_з – підземний), у знаменнику – час і дату вибуху (години, хвилини і число, місяць).

3. Від центру (епіцентру) вибуху в напрямку середнього вітру накреслюють вісь прогнозованих зон зараження.

4. На осі сліду відзначають точками довжини відповідних зон і на перпендикулярах, що проведені через їхні середини, ширину кожної з зон зараження, які визначаються за табл. 9 в залежності від потужності вибуху та швидкості вітру.

5. Точки, що характеризують межу кожної прогнозованої зони, з'єднують лінією у вигляді еліпсу. Межі зон позначають А – синім, Б – зеленим, В – коричневим, Г – чорним кольором. Вісь зон зараження наносять на карту синім кольором.

1.3.3. Оцінка РО за даними розвідки

За даними розвідки оцінюється фактична РО. Вихідними даними для її виявлення є: рівні радіації в окремих точках місцевості та час їхнього виміру від моменту ЯВ. Ці дані є підставою для нанесення меж фактичних зон зараження. Оцінка фактичної РО здійснюється в наступній послідовності:

1. Перераховують виміряні рівні радіації на 1 годину після ЯВ:

$$P_1 = P_{\text{вим}} \cdot K_t, \text{ Зв/с},$$

де $P_{\text{вим}}$ – вимірний рівень радіації через t годин після вибуху, Зв/с; K_t – коефіцієнт перерахування рівнів радіації на час t , розрахований за формулою $K_t = t^{+1,2}$, або знайдений за табл. 10.

2. Наносять на карту величини рівнів радіації на 1 годину після вибуху в точках виміру.

3. Позначають межі зон зараження, для чого всі точки з рівнями радіації $2,08 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (8 Р/год), $20,8 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (80 Р/год), $62,4 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (240 Р/год), $208 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (800 Р/год) (що дорівнюють їм, чи близькі за значеннями) з'єднують плавними лініями для зовнішніх меж зон зараження А, Б, В, Г синім, зеленим, коричневим і чорним кольором відповідно (рис. 3).

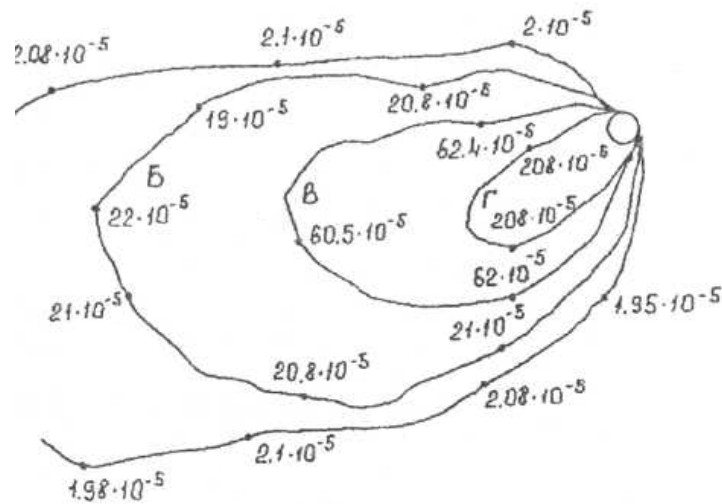


Рис. 3. Приклад нанесення на карту (схему) меж зон зараження за даними радіаційної розвідки, що наведені на 1 год після вибуху

Знаючи рівні радіації на зовнішніх межах зон зараження на 1 годину після ЯВ, можна розрахувати рівні радіації для середини зазначених зон. Рівень радіації в середині зони ($P_{\text{с.з}}$) складає середнє геометричне (чи середнє пропорційне) значення від рівнів радіації на зовнішній і внутрішній межах зони:

$$P_{\text{с.з}} = \sqrt{P_{\text{зовн}} \cdot P_{\text{вн}}},$$

де $P_{\text{зовн}}$, $P_{\text{вн}}$ – рівні радіації відповідно на зовнішній і внутрішній межах зон зараження, Зв/с.

Зазначені рівні радіації $P_{\text{с.з}}$ будуть складати для зони А – $6,5 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (25 Р/год), для зони Б – $36,4 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (140 Р/год), для зони В – $114,4 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (440 Р/год), для зони Г – $0,026 \cdot 10^{-5}$ Зв/с (10000 Р/год).

2. ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ, ЛАБОРАТОРНИХ ТА ІНДИВІДУАЛЬНИХ РОБІТ

2.1. Теми навчальних занять

Тема 1. Оцінка радіаційної обстановки при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах

Навчальна мета: дати студентам навички з оцінки радіаційної обстановки на об'єкті і території, а також у розробці заходів захисту людей від опромінювання у зоні РЗ.

Навчальні питання:

1. Поняття про РО при аваріях на РНО.
2. Оцінка РО:
 - визначення можливого району та зон РЗ при аварії на АЕС;
 - визначення часу початку РЗ;
 - визначення прогнозованих рівнів радіації у контрольних точках РЗ на 1 годину після аварії (P_1);
 - визначення прогнозованих рівнів радіації на початок і кінець опромінення;
 - визначення прогнозованої дози опромінення у контрольних точках (КТ) через 48 годин та через 10 діб після аварії;
 - визначення допустимої тривалості перебування людей в зоні РЗ.
3. Заходи запобігання та зниження ураження людей у зоні РЗ.

Тема 2. Оцінка РО обстановки при застосуванні ЯЗ

Навчальна мета: дати студентам навички з оцінки РО на об'єкті і території після застосування ЯЗ, а також визначення режимів захисту персоналу ОЕ та населення, що мешкає поблизу, в умовах РЗ.

Навчальні питання:

1. Поняття про РО при застосуванні ЯЗ.
2. Оцінка РО:
 - визначення параметрів зон РЗ і відображення положення цих зон на карті (схемі);
 - визначення доз радіації, що отримуватимуться людиною при знаходженні в зонах зараження;
 - визначення допустимого часу перебування людей на РЗ місцевості.
3. Визначення заходів і способів захисту населення.

2.2. Організаційно-методичні вказівки

Практичні, лабораторні та індивідуальні роботи виконуються відповідно до розкладу занять або як домашнє завдання. Завдання на індивідуальні робо-

ти студенти отримують у термін, визначений навчальним планом, як індивідуальне заняття. Для виконання завдання кожен студент повинен мати:

- методичні вказівки та рекомендовану літературу;
- необхідне приладдя для виконання розрахунків і графічної частини роботи.

Порядок виконання завдань:

- здійснення розрахунків за відповідною методикою;
- нанесення на карті (схемі) зон РЗ і місця розташування досліджуваного ОЕ;
- визначення заходів запобігання та зниження рівня враження (опромінення) людей, що знаходяться в зоні РЗ.

Після виконання роботи студенти викладачу подають письмовий звіт, який виконується за формою, прийнятою в університеті: – на першій сторінці вказується тема, навчальна мета та вихідні дані відповідно варіанту. Разом зі звітом повертаються навчально-методичні документи, приладдя якщо їх було отримано на кафедрі.

2.3. Матеріальне забезпечення та рекомендована література

1. Михайлюк В.О., Ізотов В.І., Штейн П.В. Методичні вказівки і завдання до виконання практичних, лабораторних та індивідуальних робіт "Оцінка наслідків радіаційного впливу на АТО при аваріях на РНО та застосуванні зброї". – Миколаїв: НУК, 2010. – 51 с.

2. Ізотов В.І., Михайлюк В.О. Методичні вказівки "Засоби оперативного контролю обстановки у НС". – Миколаїв: НУК, 2006. – 48 с.

3. Михайлюк В.О. Цивільний захист: Навчальний посібник. – Ч. 2. Надзвичайні ситуації. – Миколаїв: УДМТУ, 2003.

4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ).

5. Г.П. Демиденко и др. "Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения": Справочник: 2 изд. пере раб. и доп., высшая школа. Главное издательство; К.: 1989. – 287 с.

3. ТИПОВІ ЗАДАЧІ ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

3.1. Основні задачі, що вирішуються під час оцінки РО

Під час оцінки РО вирішуються наступні задачі:

Визначення можливих доз опромінення під час перебування людей в зонах РЗ і їх подолання;

Визначення прогнозованих доз (рівнів радіації) КТ на різний час (через 48 годин, 10 діб) після аварії.

Визначення допустимого часу початку входу та початку робіт у зоні РЗ, тривалості перебування там людей при встановленій дозі опромінення;

Визначення можливих втрат людей під час перебування на забрудненій місцевості.

Визначення розмірів можливого району та зон РЗ при аварії на АЕС;

У залежності від умов обстановки і забезпеченості виконавців довідковими матеріалами задачі з оцінки РО можуть вирішуватися аналітичним та графоаналітичним методами, а також шляхом використання спеціальних засобів оперативної оцінки обстановки, тобто лінійок – дозиметричної (ДЛ-1), радіаційної (РЛ), розрахункової лінійки ЦО. У методичних вказівках, що пропонуються до уваги, використовуються перші два методи.

3.1.1. Визначення можливих доз опромінення під час перебування людей в зоні РЗ

Розв'язання цієї задачі дозволяє оцінити ступінь небезпеки перебування людей на забрудненій місцевості та своєчасно здійснити заходи щодо їхнього захисту. Вихідні дані: $P_{\text{вим}}$ – виміряний рівень радіації та час його вимірювання ($t_{\text{вим}}$), Зв/с; $t_{\text{п}}$ – час початку перебування людей в зоні РЗ відносно часу аварії (ЯВ), с; T – задана тривалість роботи, с; $\kappa_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення доз випромінювання спорудою, де перебувають люди; $D_{\text{вст}}$ – встановлена доза опромінення персоналу на одну робочу зміну, Зв.

Зміна рівня радіації на РЗ місцевості в загальному вигляді характеризується залежністю:

$$P_t = P_0(t/t_0)^{-n}, \quad (3.1)$$

де P_0 – рівень радіації на момент часу t_0 після аварії (вибуху); P_t – те ж у розглянутий момент часу t після аварії (вибуху); n – показник ступеня, залежний від сполуки радіоіотопів, який характеризує величину спаду радіації в часі.

Прийнявши $t_0 = 1$ год, одержують:

$$P_t = P_1 \cdot t^n. \quad (3.2)$$

З залежності (3.2) визначається

$$P_1 = P/t^n; \quad t^n = P/P_1 = K_t,$$

де K_t – коефіцієнт перерахування рівнів радіації на будь-який час.

Інтегруванням (3.1), визначається площа описуваної функції в межах від t_1 до t_2 . Це і буде величина дози, яку одержать, ті що перебувають у зоні РЗ у зазначений проміжок часу.

$$\begin{aligned} D &= \int_{t_1}^{t_2} P_0(t/t_0)^{-n} dt = P_0 t_0^n \int_{t_1}^{t_2} t^{-n} dt = P_0 t_0^n t^{-n+1} / (-n+1) \Big|_{t_1}^{t_2} = \\ &= P_0 t_0^n (t_2^{-n+1} / (-n+1) - t_1^{-n+1} / (-n+1)) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= P_0 t_0^n (t_2^{-n+1} - t_1^{-n+1}) / (1-n) = 1/(1-n) [P_0 t_0^n t_2^{-n} t_2 - P_0 t_0^n t_1^{-n} t_1] = \\
&1/(1-n) [P_0 (t_2/t_0)^{-n} t_2 - P_0 (t_1/t_0)^{-n} t_1] = \\
&= 1/(1-n) [P_2 t_2 - P_1 t_1].
\end{aligned}$$

Оскільки для ядерного вибуху $n = 1, 2$, то залежність матиме вигляд:

$$D = 1/(1-1,2) [P_2 t_2 - P_1 t_1] = 5 [P_1 t_1 - P_2 t_2].$$

Для аварій на АЕС с ВВР $n = 0.4$, звідси:

$$D = 1/(1-0,4) [P_2 t_2 - P_1 t_1] = 1,7 [P_2 t_2 - P_1 t_1].$$

Або остаточно, з урахуванням значення $\kappa_{осл}$, величина дози складатиме:

для ядерного вибуху – $D = 5 [P_{\kappa} t_{\kappa} - P_{\Pi} t_{\Pi}] / \kappa_{осл}$,

для радіаційної аварії – $D = 1,7 [P_{\kappa} t_{\kappa} - P_{\Pi} t_{\Pi}] / \kappa_{осл}$,

де P_{Π} – рівень радіації, що відповідає початку опромінення Зв/с; P_{κ} – рівень радіації, в кінці опромінення Зв/с; t_{Π} , t_{κ} – відповідно час, що пройшов після аварії до початку (кінця) опромінення (роботи).

Дозу випромінювання приблизно також можна визначити, використовуючи спрощені формули:

$$D = \frac{P_{сер} \cdot t_p}{\kappa_{осл}}, \quad P_{сер} = \frac{P_{\Pi} + P_{\kappa}}{2}, \quad P_{\Pi} = \frac{P_1}{K_{tn}}, \quad P_{\kappa} = \frac{m_1}{\mathcal{J}t_{\mathcal{H}}},$$

де $P_{сер}$ – середній рівень радіації, Зв/с; P_{Π} – рівень радіації на час початку роботи (t_{Π}), Зв/с; P_{κ} – рівень радіації на кінець роботи (на час $t_{\kappa} = t_{\Pi} + t_p$), Зв/с; P_1 – рівень радіації на 1 годину після вибуху, Зв/с; t_p – тривалість роботи в зоні РЗ, с; $\kappa_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення дози випромінювання; K_{tn} , $K_{t\kappa}$ – коефіцієнти перерахування на час t_{Π} і t_{κ} , визначені за табл. 10.

Спрощені формули дають похибки, в яких розрахункова доза буде трохи завищеною. Більш точно дозу можна визначити за формулою:

$$D = \frac{5P_1(t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2})}{K_{осл}} (\text{Зв}). \quad (3.3)$$

3.1.2. Визначення можливих доз опромінення при подоланні зон зараження

Необхідність рішення даної задачі виникає при висуванні рятувальників (формувань ЦЗ) в осередок ураження чи евакуації населення через зони РЗ.

Доза опромінення на час руху по зараженій ділянці розраховується за формулою:

$$D = P_{сер} \cdot T / \kappa_{осл}; \quad D = P_{сер} \cdot L / V \kappa_{осл},$$

де T – час руху по зараженій ділянці маршруту, с; L – протяжність маршруту в зоні зараження, м; V – швидкість руху, м/с; $P_{\text{сер}}$ – середній рівень радіації, Зв/с.

Середній рівень радіації ($P_{\text{сер}}$) можна визначити наприклад, як середнє арифметичне відомих значень рівнів радіації в окремих точках шляху руху:

$$P_{\text{сер.}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}.$$

Крім того, також за максимальним рівнем радіації на маршруті в залежності від взаємного розташування маршруту і осі сліду радіоактивної хмари (рис.4).

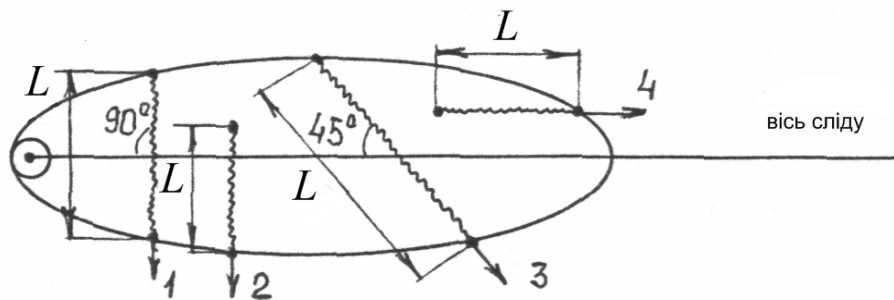


Рис. 4. Можливі випадки взаємного розташування маршруту руху і осі сліду радіоактивної хмари:

- 1 – повний перетин сліду перпендикулярно осі; 2 – рух починається чи закінчується на зараженій місцевості; 3 – повний перетин сліду під кутом 45° до осі сліду; 4 – рух паралельно осі сліду; L – протяжність маршруту

Якщо маршрут перпендикулярний до осі сліду $P_{\text{сер}}$ знаходять за залежністю:

$$P_{\text{сер.}} = P_{\text{max}}/4,$$

де P_{max} – рівень радіації на осі сліду на час перетинання цієї вісі відносно вибуху.

Коли маршрут починається (закінчується) в зоні зараження і перетинає вісь сліду:

$$P_{\text{сер}} = P_{\text{max}}/3.$$

Маршрут проходить під кутом 45° до осі сліду:

$$P_{\text{сер}} = 1,5 P_{\text{max}}/4.$$

Маршрут паралельний осі сліду:

$$P_{\text{сер}} = P_{\text{max}}/2,$$

де P_{max} – максимальний рівень радіації на маршруті на час початку виходу з зони РЗ відносно вибуху.

3.1.3. Визначення прогнозованої дози в КТ через 48 годин та через 10 діб після аварії

Можливу дозу опромінення персоналу ОЕ та населення що мешкає поблизу за перші 48 годин після аварії у КТ на відкритій місцевості та в житлових будинках визначають за формулою:

$$D_t = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл}}, \quad (3.4)$$

де P_1 – рівень радіації у КТ через 1 годину після аварії, Зв/с; A_t – коефіцієнт накопичення дози; $\kappa_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення випромінювання місцевості будинками, спорудами і транспортними засобами.

За табл. 6, в залежності від часу початку опромінення (t_n) у КТ і його кінця, на який ведеться розрахунок (48 год, 10 діб), знаходять величину коефіцієнта накопичення дози радіації (A_t). Якщо значення t_n у КТ не співпадає з табличним, то здійснюють його інтерполяцію. Коефіцієнт ослаблення ($\kappa_{\text{осл}}$) знаходять за допомогою табл. 7.

3.1.4. Визначення допустимої тривалості перебування людей у зоні РЗ при встановленій дозі опромінення

Для визначення допустимої тривалості перебування людей на РЗ місцевості, при аварії на АЕС необхідні такі вихідні дані: P_1 – рівень радіації на 1 годину після аварії, Зв/с; $D_{\text{вст}}$ – встановлена доза опромінення персоналу за одну робочу зміну, Зв; $\kappa_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення радіації спорудою, де будуть працювати люди; t_n – початок роботи в зоні РЗ, год., P_B – рівень радіації на момент входу в зону РЗ, Зв/с. На підґрунті наведеного розраховують співвідношення:

$$D_{\text{вст}} \cdot \kappa_{\text{осл}} / P_B. \quad (3.5)$$

Визначивши співвідношення (3.5) і, знаючи час початку роботи в осередку ураження (t_n), за табл. 8 знаходять допустиму тривалість роботи (T) формувань ЦЗ на забрудненій місцевості.

Для визначення допустимої тривалості знаходження людей на РЗ місцевості при ЯВ зручніше розв'язати цю задачу за допомогою графіка 1 (див. додатки). Для цього розраховують відносну величину " α ":

$$\alpha = \frac{P_1}{D_{\text{вст}} \cdot k_{\text{осл}}}. \quad (3.6)$$

За визначеною " α " і часом початку перебування в зоні (t_n) за графіком 1 знаходять допустиму тривалість перебування людей на зараженій місцевості (T).

3.1.5. Визначення допустимого часу початку входу в зону зараження (початку робіт у зоні)

Розв'язання цієї задачі дозволяє визначити час початку роботи в зоні зараження від моменту вибуху для того, щоб доза опромінення, яку можуть отримати люди, не перевищила встановлену величину.

Задача також вирішується за допомогою графіка 1 аналогічно попередній задачі. За значеннями α і заданої тривалості роботи (t_p) за графіком 1 визначають час початку робіт у зоні зараження (t_n) після вибуху.

3.1.6. Визначення можливих втрат людей під час перебування на РЗ місцевості

Можливі втрати людей розраховують, виходячи з одержаної дози опромінення та часу, упродовж якого її отримано. Якщо людьми раніше вже було отримано якусь дозу опромінення, то враховується ще і залишкова доза опромінення. Оскільки організм людини починає відновлювати вражені клітини через 4 доби після опромінення, вражені клітини, котрі залишилися в організмі, умовно можна розглядати як залишкову дозу опромінення ($D_{\text{зал}}$). Вона залежить від часу, що минув після опромінювання і може бути визначена у відсотках від отриманої раніше дози.

При визначенні можливих втрат людей під час ЯВ до розрахованої попередньо дози додають залишкову дозу опромінення (табл. 11):

$$D_{\text{сум}} = D_{\text{п}} + D_{\text{зал}},$$

де $D_{\text{сум}}$ – сумарна доза опромінення; $D_{\text{п}}$ – доза опромінення, яку було отримано людьми попереднього разу; $D_{\text{зал}}$ – залишкова доза опромінення.

Далі з таблиці 12 знаходять очікувані втрати.

4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ З ОЦІНКИ РО

4.1. Визначення можливих доз опромінення під час перебування людей в зоні РЗ

Приклад 1.

Виміряний на 3 години після аварії рівень радіації склав 0,103 мЗв/с

Рішення:

а) визначимо $P_1 = P_3 / K_3 = 0,103 / 0,64 = 0,161$ мЗв/с;

б) $t_n = 6$ год = 21600 с і $t_k = 6 + 4 = 10$ год = 36000 с;

в) $P_n = P_6 = P_1 \cdot K_6 = 0,161 \cdot 0,49 = 0,0791$ мЗв/с;

г) $P_k = P_{10} = P_1 \cdot K_{10} = 0,161 \cdot 0,4 = 0,0644$ мЗв/с;

д) $K_{\text{осл}} = 1$ (для відкритої місцевості);

е) $D = 1,7 (P_k \cdot t_k - P_n \cdot t_n) = 1,7(0,0644 \cdot 36000 - 0,0791 \cdot 21600) = 1,7(2318,4 - 1708,56) = 1,7 \cdot 609,84 = 1036,73$ мЗв = 1,036 Зв.

Відповідь: Рятувальники отримають дозу, яка дорівнює 1,036 Зв, що може призвести до променевої хвороби легкого ступеню.

Приклад 2.

Визначити дозу опромінення, отриману працівниками ОЕ в приміщенні з $K_{осл} = 10$, якщо $P_1 = 20,8 \cdot 10^{-5}$ Зв/с, початок роботи через 1 годину після вибуху, тривалість роботи 3 години.

Рішення:

Для розрахунку застосовується формула $D = \frac{P_{сер} \cdot t_p}{k_{осл}}$.

Послідовність розрахунку:

Рівень радіації на відкритій місцевості на час початку роботи:

$$P_n = P_1 = 20,8 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с.}$$

Час закінчення роботи знаходять за залежністю:

$$t_k = t_n + t_p = 1 + 3 = 4 \text{ (год).}$$

Рівень радіації на кінець роботи становить:

$$P_k = P_1 / K_{ик} = 20,8 \cdot 10^{-5} / 5,28 = 3,94 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с,}$$

де $K_{ик} = 5,28$ – коефіцієнт перерахування на час $t_k = 4$ години, знайдений за таблицею 10.

Середній рівень радіації на відкритій місцевості дорівнює:

$$P_{сер} = \frac{P_n + P_k}{2} = \frac{20,8 \cdot 10^{-5} + 3,94 \cdot 10^{-5}}{2} = 12,37 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с.}$$

Визначається доза випромінювання за час роботи:

$$D = \frac{P_{сер} \cdot t_p}{k_{осл}} = \frac{12,37 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 3600}{10} = 0,134 \text{ (Зв).}$$

Таким чином, працівники ОЕ отримають дозу менше гранично допустимого значення для одноразового опромінення (0,5 Зв).

4.2. Визначення можливих доз опромінення при подоланні зон зараження

Приклад 3.

Визначити дозу опромінення, що отримана особовим складом формування рятувальників при подоланні сліду РХ. Слід буде долатися через 3 години після ЯВ на автомобілях із швидкістю руху 20 км/год. Довжина ділянки зараження 40 км. Рівні радіації на 1 годину після ЯВ в окремих 3 точках маршруту складають:

$$P_1^{(1)} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с; } P_1^{(2)} = 10,4 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с; } P_1^{(3)} = 26 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с.}$$

Встановлена (допустима) доза випромінювання $D_{вст} = 0,186 \text{ Зв.}$

Рішення:

Визначається середній рівень радіації на маршруті на 1 годину після вибуху:

$$P_{\text{сер}} = \frac{P_1^{(1)} + P_1^{(2)} + P_1^{(3)}}{3} = \frac{2,6 \cdot 10^{-5} + 10,4 \cdot 10^{-5} + 26 \cdot 10^{-5}}{3} = 13 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с.}$$

Розраховується час руху по зараженій ділянці маршруту:

$$T = L/v = 40/20 = 2 \text{ год.}$$

Визначається час перетинання середини зони щодо моменту ЯВ. Так як подолання зони почнеться через 3 години після вибуху, весь шлях займе 2 години, (отже, половину зони формування пройде за 1 годину), то середину зони вони перетнуть через 4 години з моменту вибуху, тобто:

$$t_c = t_{\text{п}} + 1/2 T = 3 + 2/2 = 4 \text{ год.}$$

Середній рівень радіації на 4 години після ЯВ (час перетинання середини зони) визначиться з залежності:

$$P_{\text{сер}} = P_{\text{сер}}/K_4 = 13 \cdot 10^{-5}/5,28 = 2,46 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с,}$$

де K_4 – коефіцієнт перерахування на 4 години, знайдений за табл. 10.

Доза опромінення, що одержить особовий склад формування за час подолання зони зараження складає:

$$D = \frac{P_{\text{сер}} \cdot T}{k_{\text{осл}}} = \frac{2,46 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 3600}{2} = 0,089 \text{ (Зв)},$$

де $k_{\text{осл}} = 2$ – коефіцієнт ослаблення радіації автомобілем, знайдений за табл. 7.

Таким чином, доза опромінення, що отримає л/с формування ЦЗ на маршруті руху буде менш за встановлену ($0,089 \text{ Зв} < 0,186 \text{ Зв}$). Перетинати зону зараження в заданих умовах можна.

4.3. Визначення прогнозованої дози опромінення в КТ

Приклад 4.

Визначити можливу дозу опромінення персоналу РНО та населення що мешкає поблизу за перші 48 годин після аварії у КТ на відкритій місцевості і в житлових будинках, якщо рівень радіації через 1 год після аварії складає $1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с}$, $k_{\text{осл.}} = 1$ – на відкритій місцевості і $k_{\text{осл.}} = 8$ – для двоповерхових дерев'яних житлових будинків, час початку опромінення $t_{\text{п}} = 3 \text{ год}$.

Рішення:

Можливу дозу опромінення персоналу та населення що мешкає поблизу за перші 48 годин після аварії у КТ визначають за формулою (3.4):

$$D_t = P_1 \cdot A_t / k_{\text{осл.}}$$

Для визначення коефіцієнта накопичення дози радіації (A_t) використовують табл. 6, де за значенням t_n і часу кінця опромінення (48 год) знаходять, що A_t для 48 годин при $t_n = 3$ становить 7.

Підставивши знайдені значення у формулу (3.4), розраховують можливу дозу опромінення:

$$D_{48} = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 7 / 1 = 12,74 \cdot 10^{-5} \text{ Зв} - \text{для відкритої місцевості.}$$

$$D_{48} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 7 / 8 = 1,59 \cdot 10^{-5} \text{ Зв} - \text{для житлових 2-поверхових дерев'яних будинків.}$$

Приклад 5.

Визначити можливу дозу опромінення персоналу РНО і населення, що мешкає поблизу за 10 діб після аварії у КТ на відкритій місцевості і у житлових будинках, якщо рівень радіації через 1 годину після аварії дорівнював $P_1 = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с}$, час початку опромінення $t_n = 3$ год, $\kappa_{\text{осл}} = 1$ – для відкритої місцевості, $\kappa_{\text{осл}} = 8$ – для житлових будинків.

Визначення можливої дози за 10 діб після аварії здійснюється аналогічно, як і для 48 годин.

Рішення:

Можливу дозу опромінення за 10 діб після аварії у КТ визначають за формулою (3.4).

Для визначення коефіцієнта накопичення (A_t) використовують табл. 6, де за значеннями $t_n = 3$ год і $t_k = 240$ год (10 діб) знаходять, що $A_t = 16,3$.

Підставивши знайдені і відомі дані у формулу (3.4) знаходять можливу дозу опромінення у КТ для відкритої місцевості і в житлових будинках:

$$D_{10 \text{ діб}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 16,3 / 1 = 29,67 \cdot 10^{-5} \text{ Зв} - \text{для відкритої місцевості.}$$

$$D_{10 \text{ діб}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 16,3 / 8 = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ Зв} - \text{для житлових дерев'яних будинків.}$$

4.4. Визначення допустимої тривалості перебування людей у зоні РЗ

Приклад 6.

Визначити допустиму тривалість роботи (T) рятувальників та формувань ЦЗ в осередку ураження, якщо вимірюваний рівень радіації (P_v) при вході в осередок через 2 години після аварії (t_n) складає $0,2 \text{ Зв/с}$, встановлена доза опромінення $0,4 \text{ Зв}$.

Рішення:

Визначають співвідношення (3.5):

$$D_{\text{вст}} \cdot \kappa_{\text{осл}} / P_v = 0,4 \cdot 1 / 0,2 = 2.$$

За допомогою табл. 8 і відомого часу входу в осередок ураження ($t_n = 2$ год), знаходять, що допустима тривалість роботи становить:

$$T = 4 \text{ год } 06 \text{ хв.}$$

Приклад 7.

Визначити допустиму тривалість перебування персоналу РНО усередині будинку цеху з $\kappa_{\text{осл}} = 5$, якщо роботи почалися через $t_{\text{п}} = 3$ години після ЯВ, а рівень радіації на 1 годину після вибуху $P_1 = 52 \cdot 10^{-5}$ Зв/с. Для робітників встановлена доза випромінювання $D_{\text{вст}} = 5,2 \cdot 10^{-5}$ Зв.

Рішення:

Розраховується величина α за формулою (3.6):

$$\alpha = \frac{P_1}{D_{\text{вст}} \cdot \kappa_{\text{осл}}} = \frac{52 \cdot 10^{-5}}{5,2 \cdot 10^{-5} \cdot 5} = 2.$$

2. За графіком 1 на перетинанні вертикальної лінії для значення $\alpha = 2$, і горизонтальної лінії часу початку опромінення $t_{\text{п}} = 3$ год знаходять допустиму тривалість роботи $t_{\text{р}} = 3$ години.

Таким чином, у заданих умовах люди можуть працювати не більш ніж 3 години.

4.5. Визначення допустимого часу початку входу в зону зараження (початку робіт у зоні РЗ)

Приклад 8.

Визначити час початку роботи адміністративного персоналу, розміщеного на 2-ом поверсі будинку з великою кількістю вікон, якщо встановлена тривалість роботи $t_{\text{р}} = 4$ години, а рівень радіації на 3 години після вибуху склав $P_3 = 52 \cdot 10^{-5}$ Зв/с, встановлена доза випромінювання $D_{\text{вст}} = 5,2 \cdot 10^{-5}$ Зв.

Рішення:

Перераховується рівень радіації на 1 годину після вибуху:

$$P_1 = P_3 \cdot K_3 = 52 \cdot 10^{-5} \cdot 3,74 = 194,5 \cdot 10^{-5} \text{ Зв/с},$$

де K_3 – коефіцієнт перерахування на $t = 3$ години, знайдений за табл. 10.

Розраховується відносна величина α за формулою (3.6):

$$\alpha = \frac{P_1}{D_{\text{вст}} \cdot \kappa_{\text{осл}}} = \frac{194,5 \cdot 10^{-5}}{5,2 \cdot 10^{-5} \cdot 7,5} = 4,99,$$

де $\kappa_{\text{осл}} = 7,5$ знайдений за табл. 7.

За графіком 1 і значеннями $\alpha = 4,99$ і $t_{\text{р}} = 4$ год. знаходять допустимий час початку роботи персоналу після вибуху $t_{\text{п}} = 10$ годин.

Таким чином, роботу можна починати не раніше, ніж через 10 годин від ЯВ. При цьому за 4 години роботи персонал отримає дозу випромінювання не більш за $5,2 \cdot 10^{-5}$ Зв (52 мкЗв).

4.6. Визначення можливих втрат людей під час перебування на забрудненій місцевості

Приклад 9.

Через 5 годин після ЯВ територія об'єкту піддалася РЗ з рівнем радіації $P_5 = 0,99$ Зв/с. Визначити можливі втрати робітників та службовців об'єкту, якщо вони будуть працювати у виробничих одноповерхових будинках з моменту зараження ($t_n = 5$ год) протягом 12 годин ($t_p = 12$ год).

За один тиждень до цього робітники та службовці одержали дозу випромінювання 0,5 Зв.

Рішення.

Розраховується доза опромінення, котру одержать робітники та службовці за 12 годин роботи у виробничих будинках за формулою (3.3):

$$D_{\text{п}} = \frac{5P_1(t_n^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}{k_{\text{осл}}} = \frac{5 \cdot 6,86(5^{-0,2} - 17^{-0,2})}{7} \approx 0,77 \text{ (Зв)},$$

де P_1 – рівень радіації, визначений на 1 годину після вибуху за допомогою коефіцієнта перерахування на 5 годин, знайдений за табл. 10.

$$P_1 = P_5 \cdot K_5 = 0,99 \cdot 6,9 = 6,86 \text{ (Зв/с)};$$

$t_{\text{к}}$ – час закінчення роботи в зоні зараження від моменту вибуху:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{п}} + t_{\text{р}} = 5 + 12 = 17 \text{ (год)};$$

$k_{\text{осл}} = 7$ – коефіцієнт ослаблення випромінювання виробничими одноповерховими будинками (табл. 5).

Визначається залишкова доза опромінення ($D_{\text{зал}}$) за табл. 11.

За один тиждень залишкова доза складе 90% від першого опромінення і дорівнює:

$$D_{\text{зал}} = 0,5 \cdot 0,9 = 0,45 \text{ (Зв)}.$$

Знаходять сумарну дозу радіації:

$$D_{\text{сум}} = D_{\text{зал}} + D_{\text{п}} = 0,45 + 0,77 = 1,22 \text{ (Зв)}.$$

За табл. 12 визначаються можливі радіаційні втрати. Вони складають приблизно 10%.

Таким чином, виконання робіт в умовах РЗ приведе до переопромінення персоналу, можливі втрати до 10%. Необхідно скоротити тривалість робіт чи приступити до них пізніше.

4.7. Визначення прогнозованих рівнів радіації в КТ на деякий час

Приклад 10.

Визначити рівень радіації у КТ через 3 години після аварії (P_3), якщо відстань від АЕС до КТ становить 75 км, потужність реактора – 1000 МВт, кількість аварійних реакторів – 2 шт.

Рішення:

Визначається фактичний рівень радіації (P_t) у позначених точках за Даними розвідки або шляхом розрахунку за формулою:

$$P_t = P_1 \cdot K_t, \text{ (Зв/с)},$$

де P_1 – рівень радіації через 1 годину після аварії; K_t – коефіцієнт перерахунку, рівня радіації на різний час, що пройшов після аварії.

Використовуючи табл. 4, знаходять, що на відстані 75 км від АЕС до КТ, при аварії на 2-х реакторах і потужності реактору 1000 МВт, рівень радіації (P_1) через 1 год після аварії буде складати $1,82 \cdot 10^{-5}$ Зв/с, ($P_1 = 1,82 \cdot 10^{-5}$ Зв/с).

Визначення коефіцієнта K_t можна здійснювати 2 способами:

а) за формулою $K_t = t^{-0,4}$ і калькулятором $K_t = 3^{-0,4} = 0,64$;

б) за допомогою табл. 5, де при $t_{\text{п}} = 3$ год, $K_t = 0,64$.

Підставивши знайдені значення у наведену вище залежність, знаходять величину $P_t = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 0,64 = 1,16 \cdot 10^{-5}$ Зв/с.

5. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ЛЮДИНИ ВІД ДІЇ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

5.1. Захист населення від дії РЗ при аварії на АЕС

Захист населення від дії ІВ в наслідок РЗ в мирний час і радіаційного зараження в воєнний час організується відповідно до законів та інших нормативних документів. Принципи і способи захисту в мирний і воєнний часи практично однакові, але з-за різниці умов мирного і воєнного часу є певні особливості.

При виникненні комунальної РА, окрім термінових робіт щодо стабілізації РО, одночасно повинні запроваджуватися заходи протирадіаційного захисту, які спрямовані на:

- обмеження до мінімуму кількості осіб, що могли б підпасти аварійному опроміненню;

- запобігання опроміненню чи зниження індивідуальних або колективних доз населення;

- запобігання забруднення або зниження його рівнів для продуктів харчування, питної води, сільськогосподарської сировини, оточуючого середовища, будинків та споруд.

Всі заходи, які здійснюються в умовах РА поділяються на прямі і непрямі. До прямих належать заходи, що спрямовані на запобігання чи зниження доз аварійного опромінення. Непрямі – безпосередньо не знижують доз опромінення, але компенсують нанесену шкоду здоров'ю людини (це соціально-економічні, медичні, фінансові пільги особам, які були опромінені).

В залежності від масштабу і фази аварії, величини прогнозованих доз опромінення, прямі заходи умовно поділяють на термінові, невідкладні та довгострокові. Термінові заходи спрямовують на запобігання доз опромінення, що можуть привести до клінічних проявів. До термінових і невідкладних заходів належать:

- укриття населення у захисних спорудах (ЗС);
- обмеження режиму перебування на відкритій місцевості;
- евакуація;
- йодна профілактика;
- тимчасова заборона на вживання окремих продуктів місцевого виробництва.

Термінові заходи вимагають швидкого реагування і повинні запроваджуватися при прогнозованих дозах гострого опромінення відповідно до табл. 13 і річних дозах хронічного опромінення відповідно табл. 14.

Приклад:

Визначити необхідність термінового втручання при $D_{48} = 0,1$ Зв.

Рішення:

За табл. 13 визначають, що термінове втручання безумовно виправдано для вагітних жінок. Крім перелічених, використовується низка допоміжних заходів, для яких не встановлено рівні виправданості. До таких заходів відносяться:

- заходи пилоподавлення;
- часта помивка шляхів з твердим покриттям;
- обмеження виїзду автотранспорту на узбіччя доріг;
- спеціальний режим роботи шкіл і дитячих установ;
- зміна режиму роботи лікувально-оздоровчих установ та ін.

Невідкладні заходи – це заходи, що спрямовані на запобігання радіаційного виливу, який можна визначити. Основні заходи невідкладного характеру, маючи високу ефективність щодо запобігання опромінення, в той же час створюють дискомфорт для населення і є багато коштовними, тому їхня поцільність визначається за табл. 15.

Довгострокові заходи, спрямовані на запобігання хронічного опромінення дозами нижче рівня, що спричиняє певні негативні ефекти. Довгостроковими заходами є:

- тимчасове відселення населення;
- постійне переселення;
- дезактивація територій і споруд;

- обмеження вживання заражених продуктів і питної води на тривалий час;
- сільськогосподарські та інші заходи.

Ці заходи запроваджуються при наступних умовах:

- дані радіаційного моніторингу дозволяють надійно спрогнозувати розвиток ситуації;
- організації, відповідальні за проведення таких заходів мають достатньо ресурсів;
- є висновки надійної науково-технічної експертизи щодо ефективності довгострокових заходів.

Довгострокові заходи слід вважати безумовно виправданими, якщо величина дози опромінення, що запобігається перевищує значення наведені в табл. 16, 17.

Рішення щодо проведення термінових і невідкладних заходів повинні прийматися не тільки з урахуванням поточної обстановки, але базуватися вони, в першу чергу, повинні на результатах прогнозування її розвитку в зв'язку з очікуваними викидами та скидами РР, а також з урахуванням гідрометеорологічних прогнозів.

При ліквідації наслідків аварії в зоні М та в інших зонах повинні запроваджуватися основні заходи захисту. У зоні А при виконанні рятувальних та інших робіт з ліквідації наслідків аварії, переміщення, роботу і обслуговування команд, екіпажів потрібно здійснювати з використанням броньованих зразків військової техніки. В зонах Б, В, Г, які можуть утворитися тільки внаслідок ЯВ, жодні роботи в мирний час, як правило, не виконуватимуться.

Перелік необхідних для проведення термінових, невідкладних контрзаходів захисту персоналу ОЕ та населення, що мешкає поблизу (включаючи укриття, евакуацію, йодну профілактику) визначається у відповідних аварійних планах. Такі плани повинні бути завчасно підготовлені для сценаріїв розвитку гіпотетичних аварій різного масштабу.

5.2. Захист населення від РЗ при використанні ядерної зброї

Захист населення від дії РЗ у воєнний час організується в загальній системі заходів щодо захисту населення від зброї масового ураження, які містять:

- заходи щодо виявлення і оцінки РО;
- організацію здійснення дозиметричного контролю;
- укриття населення в ЗС;
- забезпечення ЗІЗ;
- евакуація населення;
- розробку типових режимів радіаційного захисту;
- організацію і проведення спеціальної обробки людей, техніки і територій.

Дозиметричний контроль містить визначення наявності та потужності опромінення і радіоактивного зараження (забруднення). Контроль опромінення здійснюється з метою своєчасного отримання даних про поглинені дози опромінення людей і сільськогосподарських тварин. За даними контролю опромінення встановлюється чи підтверджується факт зовнішньої дії ІВ, оцінюється працездатність людей. Контроль опромінення людей поділяється на груповий і індивідуальний. Груповий контроль запроваджується з метою отримання даних для оцінки працездатності формувань ЦЗ, робітників і службовців ОЕ за допомогою дозиметричних приладів ІД-1 чи ДКП-50А, а непрацюючого населення – розрахунковим методом. Індивідуальний контроль здійснюється з метою отримання даних про дози опромінення кожної людини, які необхідні для первинної діагностики ступеню тяжкості ГПХ уражених на етапах медичної евакуації. Цей контроль відбувається за допомогою індивідуальних вимірювачів дози ІД-11.

Особовому складу формувань ЦЗ, робітникам і службовцям ОЕ видаються вимірювачі дози ІД-1 (ІД-11) або дозиметри ДКП-50А у кількості один на ланку; 1–2 на групу чисельністю 14...20 чол., а також на одну ЗС ЦЗ; керівному складу, а також особам, які будуть діяти окремо від своїх формувань ЦЗ – кожному по дозиметру.

Видача дозиметрів здійснюється на підставі розпоряджень відповідних начальників ЦЗ. Зчитування показань з дозиметричних приладів здійснюється безпосереднім начальником або призначеною особою не менше 1 разу за добу. Час зчитування показань з приладів встановлюється штабами ЦЗ. Зчитування показників відбувається негайно під час ЯВ після опромінення людей гамма-променями і нейтронами.

Облік доз опромінення ведеться:

- в штабах ЦЗ ОЕ – всього керівного складу об'єкту, особового складу штабу і командирів загонів, команд та окремих груп;
- в органах управління ЦЗ районів, міст та служб ЦЗ – всього керівного складу району, міста та служб ЦЗ, управлінь, відділів з питань НС та ЦЗ населення керівників територіальних формувань ЦЗ.

Дані про дози опромінення реєструються у журналі контролю опромінення. Загальні дози опромінення періодично заносяться в картку обліку доз опромінення.

За відсутністю дозиметричних приладів органи управління міст і районів визначають дози опромінення непрацюючого населення розрахунковим методом, залучаючи працівників житлово-експлуатаційних контор та будинково-управління. За величиною дози опромінення у відповідності з спеціальною методикою визначається категорія працездатності населення.

На підприємствах, виробнича діяльність яких може продовжитися в умовах РЗ, розробляються можливі режими захисту робітників і службовців. Тобто встановлений порядок дій людей, застосування засобів і способів за-

хисту в зонах РЗ, що виключають радіаційне ураження людей понад установленій нормі, скорочуючи до мінімуму змушену зупинку виробництва. Режим радіаційного захисту регламентує термін перебування людей у ЗС, у виробничих і житлових будинках та на відкритій місцевості. Режими захисту розробляються завчасно для різних дискретних значень рівнів радіації, очікуваних на об'єкті. Для того, щоб оперативно, без розрахунків, визначити режим радіаційного захисту, користуються таблицями типових режимів радіаційного захисту населення. При використанні таблиць необхідно мати дані про рівень радіації, умови проживання і захисту (типи житлових будинків і ЗС). Розроблено 7 типових режимів радіаційного захисту. Для захисту непрацюючого населення використовуються 1–3 режими, які передбачають три послідовних етапи регламентованого поведіння в зоні РЗ:

I етап – укриття населення в протирадіаційних укриттях (ПРУ) з короткочасним виходом наприкінці кожної доби;

II етап – укриття населення в ПРУ (частина доби) і перебування в будинках (інша частина доби) з короткочасним виходом на відкриту місцевість;

III етап – проживання населення в будинках з обмеженим виходом на відкриту місцевість кожен день.

Типові режими № 4–7 розроблені для захисту робітників та службовців на ОЕ і також включають три послідовних етапи дій:

I етап – укриття в ПРУ чи в сховищах із припиненням роботи;

II етап – позмінна робота у виробничих будинках з відпочинком вільної зміни у ЗС на об'єкті;

III етап – позмінна робота в будинках з відпочинком вільної зміни в житлових будинках і обмеженому перебуванні на відкритій місцевості до 1–2 годин на день.

Якщо ПРУ на території об'єкту мають різні коефіцієнти ослаблення радіації, то режим радіаційного захисту встановлюється за найменшим значенням $\kappa_{\text{осл}}$ або окремо на кожному ПРУ.

Приклад:

Визначити режим радіаційного захисту персоналу ОЕ, якщо рівень радіації, виміряний на території підприємства через 2 години після вибуху, склав $39 \cdot 10^{-5}$ Зв/с. Робітники та службовці працюють у виробничих будинках з $\kappa_{\text{осл}} = 10$, для захисту використовують сховища з $\kappa_{\text{осл}} = 1000$.

Рішення:

Вибирається номер типового режиму, що відповідає умовам перебування і захисту робітників та службовців. (будинки з $\kappa_{\text{осл}} = 10$, сховища з $\kappa_{\text{осл}} = 1000$). За таблицею 18 знаходять, що таким умовам відповідає типовий режим №7. За цією ж таблицею знаходять також, що рівню радіації на 2 години після вибуху, який дорівнює $39 \cdot 10^{-5}$ Зв/с, відповідає режим захисту, який має умовне позначення 7-В-1.

Загальна характеристика режиму 7-В-1:

–тривалість дотримання режиму – 15 діб;

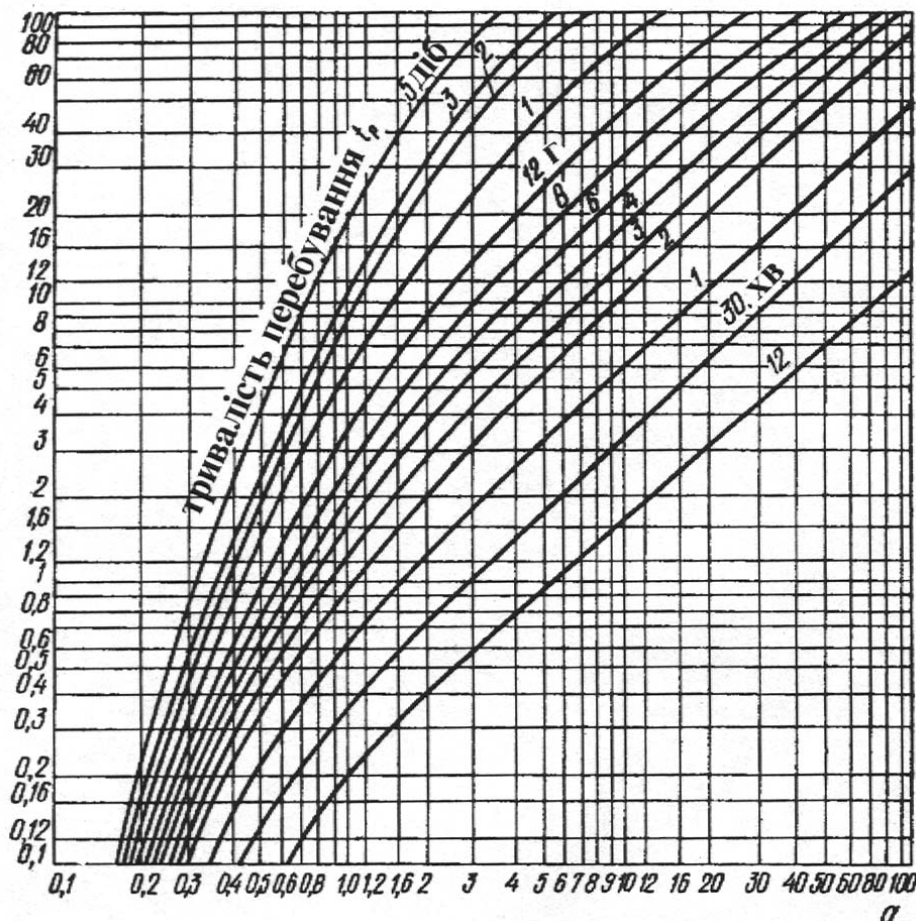
– I етап: робота припиняється на 12 годин, у цей час робітники та службовці знаходяться в ПРУ;

– II етап: після закінчення 12 годин, ОЕ відновляє виробничий процес позмінно з відпочинком вільної зміни в ПРУ протягом 1,5 доби;

– III етап: протягом наступних 13 діб персонал підприємства працює позмінно, з відпочинком вільних змін у житлових будинках і обмеженим виходом на відкриту місцевість до 1-2 годин на добу.

Графік 1. Визначення тривалості перебування в зоні радіоактивного забруднення

t_n , год



t_n – час початку опромінення після вибуху, год., α – відносна величина
Розрахункові формули:

$$\alpha = \frac{P_1}{D_{вст.} \cdot k_{осл.}}, \text{ де } P_1 \text{ – рівень радіації на одну годину після аварії}$$

(катастрофи) Зв/с; $k_{осл.}$ – коефіцієнт ослаблення радіації; $D_{вст.}$ – встановлена (допустима) доза опромінювання, Зв.

Таблиця 1. Залежність тяжкості променевої хвороби від величин доз опромінення людини

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

Таблиця 2. Характеристики зон РЗ (зараження) місцевості при аваріях на АЕС з ЯВ реактора

Найменування зон	Індекс зони	Доза опромінювання за 1-й рік після аварії, рад		Потужність дози опромінювання через 1 годину після аварії, рад/год	
		На зовнішній межі зони	На внутрішній межі зони	На зовнішній межі зони	На внутрішній межі зони
Радіаційної небезпеки	М	5	50	0,014	0,14
Помірного забруднення	А	50	500	0,14	1,4
Сильного забруднення	Б	500	1500	1,42	4,2
Небезпечного забруднення	В	1500	5000	4,2	14,2
Надзвичайно небезпечного забруднення	Г	5000	–	14,2	–

Таблиця 3. Зони радіоактивного забруднення при аварії на АЕС та їх характеристики

Зони РЗ	Рівні радіації (мЗв/с) та дози опромін. (Зв) на зовн. межах зони			Довжина зон (L, км) в залежності від потужності та кількості аварійних реакторів															
				1500 МВт				800-1000 МВт				440-600 МВт				200-365 МВт			
	P ₁	P ₁₀	D _{1 рік}	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Зона Г Надзвичайно небезпечного забруднення	2,0799	0,7799	50	2	3,2	4,5	5,5	1,7	2,5	3,2	4	1	1,7	2	2,5	0,2	1	1,3	1,4
Зона В Небезпечного забруднення	0,6239	0,2339	15	5	8	10	15	3,8	6	8	9	2,3	3,8	5	6	1,5	2,3	3	3,8
Зона Б Сильного забруднення	0,208	0,078	5	10	20	30	35	8	15	20	25	5	8	10	15	3	5	6,5	8
Зона А Помірного забруднення	0,0208	0,0078	0,5	55	90	130	150	45	65	90	120	30	45	55	65	16	30	40	45
Зона М Радіаційної небезпеки	0,00002	0,000007	0,05	342	365	375	390	325	347	365	370	310	325	342	347	300	310	315	325

Примітки: 1. Рівень радіації P_{10} визначено згідно залежності $P_t = P_1 \cdot t^{-0.4}$, мЗв/с.

2. Місцевість вважається радіаційно забрудненою, якщо рівень радіації складає 0,0078 мЗв/с та більше.

3. Таблиці розраховано для метеоумов, за яких розміри зон будуть максимальними

Таблиця 4. Рівні радіації на осі сліду радіоактивної хмари (у контрольних точках) через 1 годину після аварії (Р₁, мЗв/с)

Потужність реактора (P _р , МВт)	Кількість реакторів	Відстань від АЕС (R, км)															
		1	1,3	1,5	1,7	2	2,3	2,5	3	3,2	3,8	4	4,5	5	5,5	6	8
800...1000	1	4,157	2,785	2,494	2,082	1,393	1,251	1,041	0,831	0,696	0,624	0,520	0,468	0,416	0,351	0,312	0,208
	2	8,315	5,563	4,989	4,15	2,785	2,494	2,082	1,663	1,393	1,251	1,041	0,933	0,831	0,703	0,624	0,416
	3	12,506	6,315	7,504	6,239	4,157	3,745	3,123	2,494	2,082	1,873	1,562	1,406	1,251	1,041	0,933	0,624
	4	16,630	11,154	10,005	8,315	5,563	4,989	4,157	3,326	2,785	2,494	2,082	1,873	1,663	1,406	1,251	0,831
440...600	1	2,082	1,393	1,251	1,041	0,696	0,624	0,520	0,416	0,351	0,312	0,260	0,234	0,208	0,182	0,156	0,104
	2	4,157	2,785	2,494	2,08	1,393	1,251	1,041	0,831	0,703	0,624	0,520	0,468	0,416	0,364	0,312	0,208
	3	6,239	4,157	3,745	3,056	2,082	1,873	1,562	1,251	1,041	0,933	0,777	0,703	0,624	0,546	0,468	0,312
	4	8,315	5,563	4,989	4,157	2,785	2,494	2,082	1,663	1,406	1,251	1,041	0,933	0,831	0,730	0,624	0,416
200...365	1	1,041	0,696	0,624	0,537	0,351	0,312	0,260	0,208	0,182	0,156	0,130	0,127	0,104	0,091	0,078	0,052
	2	2,082	1,393	1,251	1,041	0,703	0,624	0,520	0,416	0,364	0,312	0,260	0,234	0,208	0,182	0,156	0,104
	3	3,123	2,082	1,873	1,562	1,041	0,933	0,777	0,624	0,546	0,468	0,390	0,364	0,312	0,260	0,234	0,156
	4	4,157	2,785	2,494	2,082	1,406	1,251	1,041	0,813	0,730	0,624	0,520	0,468	0,416	0,364	0,312	0,208
Відстань від АЕС (R, км)		9	10	10	15	16	20	25	30	35	40	45	50	55			
800...1000	1	0,158	0,143		0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,034	0,026	0,021	0,017		0,014		
	2	0,312	0,286		0,208	0,166	0,130	0,104	0,089	0,068	0,052	0,042	0,034		0,029		
	3	0,468	0,416		0,312	0,249	0,208	0,156	0,130	0,104	0,078	0,062	0,049		0,042		
	4	0,624	0,572		0,416	0,333	0,260	0,208	0,182	0,135	0,104	0,083	0,068		0,057		
440...600	1	0,078	0,070		0,052	0,042	0,031	0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,008		0,007		
	2	0,156	0,143		0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,031	0,026	0,021	0,016		0,013		
	3	0,234	0,208		0,156	0,125	0,093	0,078	0,068	0,047	0,039	0,031	0,023		0,021		
	4	0,317	0,286		0,208	0,166	0,130	0,104	0,089	0,062	0,052	0,042	0,034		0,026		
200...365	1	0,039	0,036		0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,010	0,007	0,005	0,003		0,003		
	2	0,078	0,070		0,052	0,042	0,031	0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,008		0,0062		
	3	0,117	0,110		0,078	0,062	0,047	0,039	0,031	0,026	0,021	0,016	0,010		0,009		
	4	0,156	0,143		0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,033	0,026	0,021	0,016		0,013		

Продовж. табл. 4

Потужність реактора (P_p , МВт)	Кількість реакторів	Відстань від АЕС (R , км)											
		60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130	140
800...1000	1	0,012236	0,01041	0,009599	0,009126	0,008315	0,007571	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
	2	0,02339	0,020821	0,019266	0,018184	0,015616	0,01480	0,014331	0,012979	0,011424	0,01041	0,009329	0,007774
	3	0,036369	0,031231	0,028595	0,026026	0,02339	0,022376	0,020821	0,018184	0,01717	0,015616	0,014061	0,011695
	4	0,049416	0,041574	0,03900	0,036369	0,0338	0,031231	0,028595	0,026026	0,02339	0,020821	0,018184	0,015616
440...600	1	0,005923	0,005354	0,004678	0,004157	0,003901	0,003637	0,00338	0,003123	0,002859	0,002603	0,002339	0,001818
	2	0,011965	0,01041	0,009329	0,009126	0,007774	0,007301	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
	3	0,018184	0,015616	0,014061	0,012979	0,011695	0,010951	0,01014	0,009599	0,008585	0,007774	0,00703	0,005983
	4	0,02339	0,020821	0,019469	0,018184	0,015616	0,014804	0,014331	0,012979	0,011424	0,01041	0,009329	0,007774
200...365	1	0,002859	0,026026	0,002339	0,002082	0,00194	0,001818	0,00169	0,001562	0,001433	0,001298	0,001169	0,001041
	2	0,005719	0,005198	0,004678	0,004157	0,003901	0,003637	0,00338	0,003123	0,002859	0,002603	0,002339	0,001818
	3	0,008585	0,007774	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004942	0,004678	0,004157	0,003901	0,00338	0,003123
	4	0,011424	0,01041	0,00987	0,009126	0,007774	0,007301	0,00676	0,006239	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
Відстань від АЕС (R , км)		150	160	170	180	190	200	250	300	325	350	375	400
800...1000	1	0,00338	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,00104E	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06
	2	0,00676	0,006239	0,005719	0,005462	0,005354	0,005198	0,002082	0,000104	4,16E-05	1,56E-05	1,04E-05	3,64E-06
	3	0,01041	0,009329	0,008585	0,008315	0,008044	0,007774	0,003123	0,000156	6,24E-05	2,6E-05	1,56E-05	5,46E-06
	4	0,01352	0,012506	0,011424	0,010951	0,010681	0,01041	0,004157	0,000208	8,31E-05	3,12E-05	1,82E-05	6,76E-06
440...600	1	0,001562	0,001507	0,001453	0,001406	0,001352	0,001298	0,00052	2,6E-05	1,04E-05	3,9E-06	2,6E-06	7,77E-07
	2	0,00338	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,001041	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06
	3	0,005198	0,004678	0,004421	0,004157	0,004029	0,003901	0,001562	7,77E-05	3,12E-05	1,3E-05	7,77E-06	2,6E-06
	4	0,006503	0,006239	0,005719	0,005462	0,005354	0,005198	0,002082	0,000104	4,16E-05	1,56E-05	1,04E-05	3,64E-06
200...365	1	0,000777	0,00073	0,000676	0,0006239	0,000572	0,00052	0,00026	1,3E-05	5,2E-06	2,08E-06	1,3E-06	3,9E-07
	2	0,001562	0,001507	0,001453	0,001406	0,001352	0,001298	0,00052	2,6E-05	1,04E-05	3,9E-06	2,6E-06	7,77E-07
	3	0,002339	0,002238	0,002129	0,002028	0,001927	0,001818	0,000777	3,9E-05	1,56E-05	5,2E-06	3,9E-06	1,04E-06
	4	0,00388	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,001041	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06

Примітка: Прийнята умова – викид РР відбувається одноразово і одночасно із усіх аварійних реакторів при максимально можливій швидкості середнього вітру у районі (з урахуванням усіх напрямків на протязі року).

Таблиця 5. Коефіцієнти для перерахунку рівнів радіації на будь-який час, що пройшов після аварії на АЕС (K_t)

Час (г), $t_{\text{п}}$	K_t	Час (г), $t_{\text{п}}$	K_t	Час (г), $t_{\text{п}}$	K_t
0,5	1,32	7,5	0,447	17	0,322
1,0	1,00	8,0	0,434	18	0,315
1,5	0,85	8,5	0,427	19	0,308
2,0	0,76	9,0	0,417	20	0,302
2,5	0,69	9,5	0,408	1 доба	0,282
3,0	0,64	10,0	0,398	2 доби	0,213
3,5	0,61	10,5	0,390	3 доби	0,182
4,0	0,57	11,0	0,385	4 доби	0,162
4,5	0,55	11,5	0,377	5 діб	0,146
5,0	0,52	12,0	0,370	6 діб	0,137
5,5	0,51	13	0,358	7 діб	0,129
6,0	0,49	14	0,348	8 діб	0,122
6,5	0,474	15	0,338	9 діб	0,116
7,0	0,465	16	0,330	10 діб	0,112

Примітка: Дані визначені згідно з формулою $K_t = t^{-0,4}$.

Таблиця 6. Коефіцієнт накопичення дози радіації A_t

	Час кінця опромінення (t_k , год.)															
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10	12	24	36	48	72	96	120	240
Час початку опромінення з моменту аварії (t_n , год.)	0,5	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	4,2	4,7	6,7	8,1	9,2	11	12	14
	1,0	1,8	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	2,2	3,6	4,0	6,0	7,5	8,6	10	11	13
	1,5	0,4	0,7	0,8	0,9	1,1	1,5	1,7	3,2	3,6	5,6	7,1	8,2	9,7	10,5	12,5
	2,0		0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4	2,8	3,3	5,3	6,7	7,8	9,5	10	12
	2,5			0,25	0,5	0,6	0,7	0,9	2,4	2,8	4,8	6,3	7,4	9,1	9,9	11,2
	3,0				0,2	0,4	0,5	0,6	2,0	2,4	4,4	6,0	7,0	8,7	9,8	11,6
	3,5					0,15	0,3	0,4	1,9	2,3	4,3	5,8	6,8	8,6	9,7	11,5
	4,0						0,1	0,2	1,8	2,2	4,2	5,7	6,7	8,5	9,6	11,4
	4,5							0,1	1,6	2,0	4,0	5,5	6,5	8,3	9,4	11,2
	5,0								1,4	1,9	3,9	5,3	6,4	8,1	9,3	11,0
	5,5								1,2	1,7	3,7	5,1	6,2	7,9	9,1	10,8
	6,0								1,1	1,5	3,5	4,9	6,0	7,7	8,9	10,7
	6,5								1,0	1,3	3,3	4,7	5,8	7,5	8,7	10,5
	7,0								0,9	1,1	3,1	4,6	5,6	7,4	8,6	10,4
	7,5								0,8	0,9	2,9	4,4	5,5	7,2	8,4	10,2
	8,0								0,7	0,8	2,8	4,3	5,3	7,0	8,2	10,1
	9,0								0,5	0,6	2,6	4,1	5,2	6,9	8,1	9,9
	10								0,4	0,4	2,4	3,9	5,0	6,7	7,9	9,7

Таблиця 7. Коефіцієнти ослаблення доз випромінювання ($K_{осл}$)

Найменування сховищ	Вікна виходять на вулицю завширшки, м		Вікна виходять на відкритий майдан
	15...30м	30...60м	
1. Відкрите розташування	1	1	1
2. Виробнича (одноповерхова)	7	7	7
3. Виробничі та адміністративні будівлі з великою кількістю вікон	6	6	6
1 поверх	5	5	5
2 поверх	7,5	7,5	7,5
3 поверх	6	6	6
4. Кам'яна житлова 1-поверхова будівля	13	12	10
1 поверх	13	12	10
підвал	50	46	37
5. Теж саме, 2-поверхова	20	18	15
1 поверх	21	19	15
2 поверх	19	17	14
підвал	130	120	100
6. Теж саме, 3-поверхова	33	27	20
1 поверх	26	23	17
2 поверх	44	33	26
3 поверх	30	27	20
підвал	600	500	400
5. Теж саме, 5-поверхова	50	42	27
1 поверх	26	24	18
2 поверх	50	41	27
3 поверх	68	54	33
4 поверх	75	57	34
5 поверх	38	33	24
підвал	600	500	400
8. Житлові дерев'яні будівлі			
1-поверхові	2	2	2
підвал	7	7	7
2-поверхові	8	8	8
підвал	12	12	12
9. Перекриті щілини	40-50	40-50	40-50
10. Протирадіаційні сховища			
П-1, П-3	200	200	200
П-2, П-4	100	100	100
П-5	50	50	50
11. Автомобілі, трамваї, вантажні вагони, тролейбуси	2	2	2
12. Бульдозери, екскаватори, бронемашини	4	4	4

Таблиця 8. Допустима тривалість перебування людей на радіоактивно забрудненій місцевості, T (год., хв.)

$\frac{D_{вст} \cdot k_{осл}}{P_в}$	Час, який пройшов з моменту вибуху до початку опромінення, год (t_n)						
	0,5	1	2	3	4	5	6
0,2	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
0,3	0,22	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
0,4	0,42	0,31	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
0,5	1,02	0,42	0,35	0,34	0,32	0,32	0,32
0,6	1,26	0,54	0,44	0,41	0,39	0,39	0,38
0,7	2,05	1,08	0,52	0,49	0,47	0,46	0,45
0,8	2,56	1,23	1,02	0,57	0,54	0,53	0,52
0,9	4,09	1,42	1,12	1,05	1,02	1,00	0,59
1,0	5,56	2,03	1,23	1,14	1,10	1,08	1,06
2,0	без обмежень	11,52	4,06	3,13	2,46	2,35	2,29
2,5		31,00	6,26	4,28	3,48	3,28	3,16
3,0		без обмежень	9,54	6,09	5,01	4,28	4,10

Таблиця 9. Розміри зон зараження на сліді РХ наземного ЯВ

Потужність вибуху, кг	Швидкість середнього вітру, км/г	Розміри зон зараження							
		<i>L</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>b</i>
1	10	11	2,1	4,6	1	2,8	0,6	1,4	0,3
	25	15	2,8	5,3	1	2,7	0,6	1,2	0,2
	50	19	2,6	5,2	0,9	2,4	0,5	1,1	0,2
	75	20	2,6	4,9	0,8	2,2	0,5	1,1	0,2
10	10	30	4,6	13	2,3	8,5	1,5	5	0,8
	25	43	5,7	17	2,5	9,9	1,5	4,9	0,8
	50	54	6,4	19	2,5	9,7	1,4	4,3	0,7
	75	61	6,7	18	2,3	9,2	1,3	4	0,7
	100	65	6,6	17	2,2	8,4	1,3	3,7	0,6
20	10	42	5,8	18	2,9	12	2	6,8	1,1
	25	58	7,2	24	3,3	14	1,9	6,6	1,1
	50	74	8,3	27	3,3	14	1,9	6,5	1
	75	83	8,7	26	3,2	14	1,8	5,8	0,9
	100	90	8,9	26	3,1	13	1,7	5,7	0,9
50	10	62	7,8	27	4	18	2,8	11	1,7
	25	87	9,9	36	4,7	23	3	12	1,7
	50	111	11	43	4,7	23	3	12	1,5
	75	126	12	45	4,7	23	2,8	11	1,4
	100	137	13	44	4,7	23	2,6	9,5	1,3
100	10	83	10	36	5,1	24	3,6	15	2,2
	25	116	12	49	6,1	31	4	18	2,2
	50	150	14	60	6,4	35	3,9	17	2
	75	175	15	64	6,3	35	3,8	17	1,9
	100	188	16	65	6,3	34	3,6	15	1,8
200	25	157	15	67	7,8	43	5,3	26	2,8
	50	200	18	83	8,4	50	5,3	26	2,7
	75	233	20	90	8,4	50	5,3	25	2,6
	100	255	21	94	8,4	50	5	24	2,5
500	25	231	21	100	10	65	7,4	41	4,3
	50	300	25	125	12	78	7,7	42	4,3
	75	346	27	140	12	83	7,7	39	4
	100	382	29	149	12	83	7,7	41	3,8

Примітка: *L* – довжина зони зараження; *b* – максимальна ширина зони.

Таблиця 10. Коефіцієнти для перерахунку рівнів радіації на будь-який час, що пройшов після вибуху

Час t , після вибуху, год.	$K_t = P_1/P_t$	Час t , після вибуху, год.	$K_t = P_1/P_t$	Час t , після вибуху, год.	$K_t = P_1/P_t$
0,5	0,13	21	36,83	144(6 діб)	389,5
1	1,00	22	40,83	156	428,3
1,5	1,63	23	43,06	168(7діб)	468,1
2	2,3	24(1 доба)	45,31	192(8діб)	540,5
2,5	3,00	25	47,58	216(9діб)	633
3	3,74	30	50,23	240(10діб)	718,1
3,5	4,5	35	71,27	264(11 діб)	805,2
4	5,28	40	83,06	288(12діб)	893,9
4,5	6,08	45	96,34	312(13діб)	984
5	6,9	48(2 доби)	104,1	336(14діб)	1075
5,5	7,73	49	106,7	360(15діб)	1169
6	8,59	50	109,3	384(16діб)	1263
6,5	9,45	55	122,6	408(17діб)	1358
7	10,33	60	136,1	432(18діб)	1454
7,5	11,22	65	149,7	456(19діб)	1551
8	12,13	70	163,7	480(20діб)	1649
8,5	13,04	72(3 доби)	169,3	504(21 доба)	1750
9	13,96	75	177,8	528(22доби)	1849
9,5	14,9	80	192,2	552(23доби)	1951
10	15,85	85	206,6	576(24доби)	2053
11	17,77	90	236,4	600(25діб)	2162
12	19,72	95	236,2	624(26діб)	2260
13	21,71	96(4 доби)	239,2	648(27діб)	2365
14	23,73	100	251,2	672(28діб)	2471
15	25,73	104	263,2	696(29діб)	2577
16	27,86	108	275,5	720(30діб)	2684
17	29,95	112	287,7	1080(45діб)	4866
18	32,08	116	300,2	1440(60діб)	6167
19	34,24	120(5 діб)	312,6	1800(75діб)	8061
20	36,41	132	350,5	2160(90діб)	10030

Примітка: Дані визначені за формулою $K_t = t^{+1,2}$.

Таблиця 11. Значення залишкової дози випромінювання

Час після опромінення, тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Залишкова доза випромінювання, %	90	75	60	50	42	35	30	25	20	17	15	11	11	10

Таблиця 12. Втрати людей при зовнішньому опроміненні

Сумарна доза опромінення, Зв	Відсоток радіаційних втрат за час опромінення, діб				Сумарна доза опромінення, Зв	Відсоток радіаційних втрат за час опромінення, діб			
	4	10	20	30		4	10	20	30
1,116	0	0	0	0	2,5575	95	80	65	50
1,1625	5	2	0	0	2,79	100	95	80	65
1,395	15	7	5	0	3,0225	100	98	90	80
1,6275	30	20	10	5	3,255	100	100	95	90
1,767	50	30	20	10	3,72	100	100	100	95
1,9437	70	50	35	25	4,65	100	100	100	100
2,1204	85	65	50	35					

Таблиця 13. Рівні безумовно виправданого термінового втручання при гострому опроміненні

Орган або тканина	Прогнозована поглинена доза в органі чи тканині за період, не менше 2-х діб, Гр
Все тіло (кістковий мозок)*	1
Легені	6
Шкіра	3
Щитовидна залоза	5
Кришталик ока	2
Гонади	2
Плід	0,1

Примітка: * як правило застосовується при зовнішньому опромінюванні.

Таблиця 14. Рівні річної еквівалентної дози хронічного опромінення органів та тканин, яку відвертають, при яких термінове втручання безумовно виправдане

Орган або тканина	Річна еквівалентна доза, Зв·рік ⁻¹
Гонади	0,2
Кришталик ока	0,1
Кістковий мозок	0,4

Таблиця 15. Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії для прийняття рішення про переселення

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза, яку відвертають за період переселення, Зв	0,2	1
Доза, яку відвертають за перші 12 місяців після аварії, Зв	0,05	0,5
Щільність радіоактивного забруднення території довгоживучими радіонуклідами, кБк · м ² :		
¹³⁷ Cs	400	4000
⁹⁰ Sr	80	400
α – випромінювачі (²³⁸ , ²³⁹ , ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am та ін.)	0,5	4
Потужність дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, нГр · сек ⁻¹ :		
– мононуклідне забруднення ¹³⁷ Cs	0,3	3
– забруднення свіжою осколочною сумішшю (15-ий день після початку аварійних випадень)	5	50

Таблиця 16. Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про тимчасове відселення

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Сумарна доза, яку відвертають за період тимчасового відселення *, Зв	0,1	1
Середньомісячна доза на протязі періоду тимчасового відселення *, мЗв · місяць ⁻¹	5	30
Потужність поглинутої дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, нГр · сек ⁻¹	3	30

Примітка: * При виконанні умов: відносно високий темп прогнозованого покращення радіаційної обстановки через відсутність у складі радіоактивного забруднення території таких довгоживучих радіонуклідів як ⁶⁰Co, ^{134,137}Cs, ⁹⁰Sr, ²²⁶Ra, ²¹⁰Po, ізомери плутонію, ²⁴¹Am та ін.

Таблиця 17. Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження *вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза внутрішнього опромінювання, яку відвертають за рахунок вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
– за перший післяаварійний рік	1	30
– за другий і наступний роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока **, кБк·л ⁻¹		
¹³¹ I	0,4	1
для дорослих	0,1	0,2
для дітей	0,1	0,4
^{134,137} Cs		
⁹⁰ Sr	0,02	0,2
для дорослих	0,005	0,05
для дітей		

Примітки: * Рішення про обмеження або про повне вилучення (чи заміну) окремих продуктів харчування є об'єктом оптимізації.

** Для інших, немолочних продуктів харчування, рівні дії вдвоє вищі.

Таблиця 18. Типові режими радіаційного захисту робітників та службовців на ОГД (режим № 7)

Найменування зон	Рівні радіації (Мзв/с)										Режим №7							
	Час створення радіоактивного зараження після ядерного вибуху (год)										$K_{\text{буд}} = 10; K_{\text{пр}} \geq 1000$							
											Послідовність дотримання режиму захисту				Загальна тривалість дотримання режиму захисту (дів.)		Час безперервного перебування в ПРУ (термін припинення робіт)	
А	Умовне найменування режиму захисту	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	6	8	0,5	2 год.	Час безперервного перебування в ПРУ (термін припинення робіт)	Час роботи об'єкту з використанням ПРУ (дів.)	Термін роботи об'єкту з обмежен. відкрит. місцев. (дів.)			
		0,13	0,065	0,0442	0,0338	0,026	0,0208	0,0156	0,0104	0,0078								
		0,26	0,13	0,091	0,065	0,052	0,0416	0,0312	0,0208	0,0156						1	3 год.	0,9
		0,416	0,208	0,1378	0,104	0,0832	0,0702	0,052	0,0338	0,26						2	4 год.	1,8
Б		Б-1	0,52	0,26	0,182	0,13	0,104	0,0832	0,0624	0,0416	0,0312	3	5 год.	-	2,8			
		Б-2	0,728	0,364	0,2418	0,182	0,1456	0,1222	0,091	0,0624	0,0468	5	6 год.	-	4,8			
		Б-3	0,936	0,468	0,3198	0,234	0,1872	0,156	0,1144	0,0754	0,0572	7	7 год.	-	6,7			
		Б-4	1,248	0,624	0,416	0,312	0,26	0,208	0,156	0,104	0,078	10	8 год.	1	8,6			
В		В-1	1,56	0,78	0,546	0,39	0,312	0,2496	0,1872	0,1248	0,0936	15	12 год.	1,5	13			
		В-2	2,08	1,04	0,728	0,52	0,416	0,338	0,26	0,169	0,13	25	18 год.	2	22			
		В-3	2,6	1,3	0,91	0,65	0,52	0,416	0,312	0,208	0,156	35	1 дів.	2,5	32			
		В-4	3,12	1,56	1,092	0,78	0,624	0,52	0,39	0,26	0,208	45	1,5 дів.	3	41			
Г		В-5	4,16	2,08	1,378	1,04	0,832	0,702	0,52	0,338	0,26	60	2 дів.	4	54			
		Г-1	5,2	2,6	1,82	1,3	1,04	0,832	0,624	0,416	0,312	75	3 дів.	5	67			
		Г-2	7,8	3,9	2,6	1,95	1,56	1,3	0,936	0,624	0,468	100	5 дів.	8	87			
		Г-3	10,4	5,2	3,64	2,6	2,08	1,664	1,248	0,832	0,624	125	8 дів.	10	107			
		Г-4	15,6	7,8	5,46	3,9	3,12	2,496	1,872	1,248	0,936	180	12 дів.	15	153			

ЗМІСТ

Використані скорочення.....	3
Вступ.....	4
1. Стисла характеристика радіаційних аварій та особливості оцінки радіаційної обстановки, що складається за їхніми наслідками.....	4
1.1. Поняття про радіаційну обстановку.....	4
1.2. Екстрена оцінка РО при аварії на АЕС.....	11
1.3. Оцінка РО при застосуванні ядерної зброї.....	13
2. Завдання на виконання практичних, лабораторних та індивідуальних робіт.....	17
2.1. Теми навчальних занять.....	17
2.2. Організаційно-методичні вказівки.....	17
2.3. Матеріальне забезпечення та рекомендована література.....	18
3. Типові задачі оцінки радіаційної обстановки.....	18
3.1. Основні задачі, що вирішуються під час оцінки РО.....	18
4. Приклади розв'язання практичних завдань з оцінки РО.....	23
4.1. Визначення можливих доз опромінення під час перебування людей в зоні РЗ.....	23
4.2. Визначення можливих доз опромінення при подоланні зон зараження.....	24
4.3. Визначення прогнозованої дози опромінення в КТ.....	25
4.4. Визначення допустимої тривалості перебування людей у зоні РЗ.....	26
4.5. Визначення допустимого часу початку входу в зону зараження (початку робіт у зону РЗ).....	27
4.6. Визначення можливих втрат людей під час перебування на забрудненій місцевості.....	28
4.7. Визначення прогнозованих рівнів радіації в КТ на деякий час.....	29
5. Забезпечення захисту людини від дії іонізуючих випромінювань.....	29
5.1. Захист населення від дії РЗ при аварії на АЕС.....	29
5.2. Захист населення від РЗ при використанні ядерної зброї.....	31
Додатки.....	35

Навчальне видання

**МИХАЙЛЮК Валерій Олександрович
ІЗОТОВ Валерій Ізмаїлович
ШТЕЙН Павло Васильович**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних, лабораторних
та індивідуальних робіт за темою:

**"Оцінка наслідків радіаційного впливу
на адміністративно – територіальні одиниці при аваріях
на радіаційно-небезпечних об'єктах та застосуванні зброї"**

(українською мовою)

Комп'ютерна верстка *Мазанко В.Г.*

Коректор *Паненко М.О.*

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 08.07.10. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк.арк. 3,0. Обл.-вид. арк. 3,2.
Тираж 100 прим. Вид. 3. Зам. № 167. Ціна договірна.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5