

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський державний університет імені Петра Могили

**Л. І. Григор'єва
Ю. А. Томілін
А. М. Огородник**

РИЗИК У БЕЗПЕЦІ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ: ОЦІНКА Й УПРАВЛІННЯ

Методичні рекомендації
до самостійної роботи та виконання
індивідуальних розрахункових робіт

Випуск 214



Миколаїв – 2013

УДК 614.8:005.334(076)

ББК 28.08

Г 83

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського державного університету імені Петра Могили (протокол № 3 від 15 листопада 2013 року).

Рецензенти:

Різн І. Р., кандидат технічних наук, проректор з наукової роботи Південної академії підвищення кваліфікації кадрів;

Войтещенко І. С., кандидат фізико-математичних наук, завідувач лабораторії Інституту високих технологій КНУ імені Тараса Шевченка.

Г 83

Григор'єва Л. І.

Ризик у безпеці життєдіяльності: оцінка й управління : [методичні рекомендації до самостійної роботи та виконання індивідуальних розрахункових робіт] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін, А. М. Огородник. – Миколаїв : Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – 52 с. – (Методична серія ; Вип. 214).

Методичні рекомендації присвячено одній із ключових тем нормативної дисципліни «Безпека життєдіяльності». Вони містять теоретичний матеріал, практичні завдання з оцінки ризику небезпек у життєдіяльності людини: визначення ризику нещасних випадків, визначення індексів ризику небезпеки, ризику для здоров'я людини за умов впливу токсикантів, хімічних токсикантів із безграничною дією, іонізуючої радіації. Кожен такий тип розрахункових задач супроводжується наведенням алгоритму або методики розрахунку, прикладу розрахунку та варіантами розрахункових задач.

Методичні рекомендації відповідають навчальній програмі за нормативною дисципліною «Безпека життєдіяльності» для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання в ЧДУ імені Петра Могили відповідно до Типової навчальної програми з цієї дисципліни, затвердженої МОН України 2011 р.

Для студентів денної, заочної, вечірньої та інших форм навчання.

УДК 614.8:005.334(076)

ББК 28.08

© Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А.,
Огородник А. М., 2013

© ЧДУ ім. Петра Могили, 2013

ISSN 1811-492X

Зміст

ВСТУП.....	5
1. Концепція ризику в безпеці життєдіяльності людини: оцінка й управління	9
1.1. Оцінка ризику небезпеки	12
1.2. Методика якісного аналізу небезпек.....	19
1.3. Управління ризиком	21
2. Практичні завдання з оцінки ризику небезпек у життєдіяльності людини.....	26
2.1. Розрахункові задачі з визначення ризику нешасних випадків.....	26
2.1.1. Приклад розв'язання задач.....	26
2.1.2. Варіанти розрахункових задач.....	26
2.2. Інші завдання	28
2.3. Визначення індексів ризику небезпеки	28
2.4. Оцінка ризику для здоров'я людини за умов впливу токсикантів	29
2.4.1. Методика розв'язання задач	30
2.4.2. Приклад розв'язання задач.....	31
2.4.3. Варіанти розрахункових задач.....	32
2.5. Оцінка ризику загрози для здоров'я людини за умов впливу хімічних токсикантів із безграничною дією (нерадіоактивних канцерогенів).....	33
2.5.1. Алгоритм розрахунку	34
2.5.2. Приклад розрахунку ризиків для здоров'я за умов впливу хімічних токсикантів із безграничною дією (нерадіоактивних канцерогенів).....	36
2.5.3. Варіанти розрахункових задач.....	37
2.6. Оцінка ризику загрози для здоров'я людини за умов впливу іонізуючої радіації	38
2.6.1. Методика розрахунку ризику, пов'язаного з опроміненням людини	38
2.6.1.1. Методика розрахунку дози зовнішнього опромінення людини.....	38
2.6.1.2. Методика розрахунку дози внутрішнього опромінення людини.....	38

2.6.1.3. Методика розрахунку ризику при опроміненні людини	41
2.6.1.4. Приклад розв'язання задач	41
2.6.1.5. Варіанти розрахункових задач	42
3. Контрольні питання	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	45
ДОДАТКИ	48

ВСТУП

Для України період останніх років ХХ і початку ХХІ ст. характеризується низкою катастроф техногенного та природного походження, зростанням кількості соціальних небезпек, пов'язаних з економічними негараздами. Вихід із цього становища вбачається в реалізації комплексу заходів, спрямованих на мобілізацію державних структур, освітянських закладів, громадськості на те, щоб створити матеріальні засади, підготувати відповідні людські ресурси і, найголовніше, змінити спосіб мислення та поведінки людей.

Загальноприйнято, що будь-яка діяльність людини є потенційно небезпечною, тобто будь-яке середовище перебування людини, яке має певну енергію, хімічно чи біологічно активні речовини або інші чинники, несумісні з умовами життєдіяльності, є потенційно небезпечними. Під небезпекою розуміють явища, процеси, об'єкти, які за певних умов здатні спричинити небажані наслідки (втому, перевтому, погіршення здоров'я, втрату життя, аварії, пожежі, вибухи, катастрофи), тобто невідповідність умов середовища перебування людини до умов нормального функціонування людського організму [1, 8-10, 19].

Щоб ефективно запобігати виникненню небажаних наслідків, треба вміти кількісно оцінити небезпечність того чи іншого середовища перебування людини. На сьогодні ще немає адекватних оцінок небезпек. Існує бальна система кількісної оцінки небезпек, наприклад шкали сили землетрусів, штормів. Хоча бальна оцінка небезпек і дає кількісний показник, але передбачити за ним небажані наслідки дуже важко, оскільки багато інших чинників ця оцінка не враховує, а саме: де відбувся землетрус, як заселена територія, її економічний потенціал.

З метою уніфікації будь-які наслідки небезпеки визначають як шкоду. Кожен окремих вид шкоди має своє кількісне вираження. Наприклад, кількість загиблих, поранених чи хворих, площа зараженої території, площа лісу, що вигоріла, вартість зруйнованих споруд тощо. Найбільш універсальний кількісний засіб визначення шкоди – це вартісний, тобто визначення шкоди в грошовому еквіваленті [2]. Другою, не менш важливою характеристикою небезпеки, а точніше – мірою можливої небезпеки, є частота, з якою вона може проявлятися, або ризик [11, 16, 17].

Відома приказка: «Не живеш – не ризикуєш». Люди щодня, свідомо чи несвідомо, наражаються на низку більш або менш сильних ризиків. Із розвитком і застосуванням технологій поняття «ризик» почало сприйматися широкою громадськістю. Однак, не володіючи засобами

об'єктивної оцінки цього поняття, люди зазвичай сприймають його суто суб'єктивно. Ось чому потрібен метод оцінки різних ризиків.

Кількісною мірою рівня небезпеки є ризик. Поняття ризику використовується в широкому значенні, наприклад, як пов'язане з подоланням невизначеності в ситуації неминучого вибору діяльності, у процесі якої можуть виникати невдача, утрата, шкода. Ризик є об'єктивним і пов'язаним із будь-яким видом діяльності людей, починаючи з первісного суспільства (ризик полювання, мореплавства, безпосередньо виживання в умовах суворой природи) і до наших днів (ризик економічний, політичний, виробничий тощо). Ризик як поняття, теорія ризику почали розвиватись і широко використовуватись із кінця ХІХ ст. завдяки розвитку математики, статистики, правових та економічних наук, а згодом і таких конкретних наук, як теорія гри, теорія ймовірностей, катастроф, прийняття рішень, операцій, а також медицини, соціології, психології тощо.

Поняття «ризик» почало використовуватись Міжнародною комісією радіологічного захисту (МКРЗ) для кількісного визначення шкідливих факторів та об'єктивних оцінок шкоди здоров'ю, як принцип радіаційної безпеки [18]. У рекомендаціях МКРЗ було сформульовано так званий принцип ALARA (настільки безпечно, наскільки цього можна розумно досягти з урахуванням соціальних та економічних факторів) і було запропоновано формальну основу для практичної реалізації цього принципу – методологію аналізу витрат і вигод [20].

Ризик супроводжує нас постійно, незалежно від того, що ми робимо, навіть якщо залишаємось удома. Ми приймаємо ризик, якщо вважаємо, що, роблячи це, досягаємо якогось позитивного результату. Ми займаємось альпінізмом чи вітрильним спортом або куримо тому, що вважаємо, буцімто задоволення виправдовує ризик. Ми стаємо льотчиками або солдатами, оскільки вважаємо, що платня, чи привабливі сторони роботи, чи користь, яку вона приносить іншим, виправдовує ризик. У промисловості, незважаючи на всі зусилля з усунення відомих видів ризиків, усе ж існує певний, хай і незначний, ризик для тих, хто працює і живе поблизу. Допускаючи ризик, люди заробляють собі на життя і виробляють товари, які дозволять як їм самим, так і іншим жити більш повним життям.

Людина схильна йти на великий ризик заради сильних позитивних емоцій (небезпечні види спорту, полювання і т.п.), чи для самоствердження або підвищення свого соціального статусу, чи з альтруїстичних спонукань (героїчний учинок). Вона може піти на небезпечну роботу, що високо оплачується. Однак етичні норми, які

існують у суспільстві щодо подібних схильностей людей, можуть спонукати законодавчі органи заборонити надмірний ризик.

Психологічна кореляція (суспільна думка – індивідуум – ризик – користь – шкода) надзвичайно складна та неоднозначна. Узагалі люди нелогічні щодо ризику, про який вони знають або якого можуть чекати. Досвід показує, що ризик, пов'язаний з особистою користю, приймається як більш правдоподібний, ніж у випадках, коли ця вигода залежить від рішень уряду та особи, що їх приймає. Проводячи аналіз концепції ризику, необхідно виходити з розуміння того, що будь-яка діяльність людини пов'язана з певним ризиком. Під час розробки якоїсь нової технології слід ураховувати не тільки переваги, що очікуються, але й шкоду, що викликається. Разом із тим, є недопустимим ризик, який не дає користі.

Уміння усвідомити ступінь ризику дозволяє людині оцінити свої здібності та вибрати лінію поведінки в цьому насиченому технікою світі. Поняття ризику дозволяє вимагати і від суспільства відповідальності за забезпечення відповідного рівня безпеки. Поняття ризику здавна несвідомо використовується людиною. Наприклад, кожен розуміє, що, купуючи автомобіль, наражається на досить велику небезпеку; тим не менш, багато хто йде на ризик, оскільки цей вид транспорту підвищує якість життя.

Наука про ризик – порівняно молода галузь людських знань. Її складність видно хоча б з того переліку, з яким доводиться зустрічатися дослідникам:

а) одні види ризику конкретні, тоді як інші не можуть бути конкретно визначені (наприклад ризик, пов'язаний із промисловими аваріями);

б) існує професіональний ризик (наприклад небезпека професійних захворювань) і ризик, якому підлягає все населення;

в) необхідно враховувати як серйозність, так і ймовірність появи нещасних випадків і хвороб, що пов'язані з цим видом діяльності;

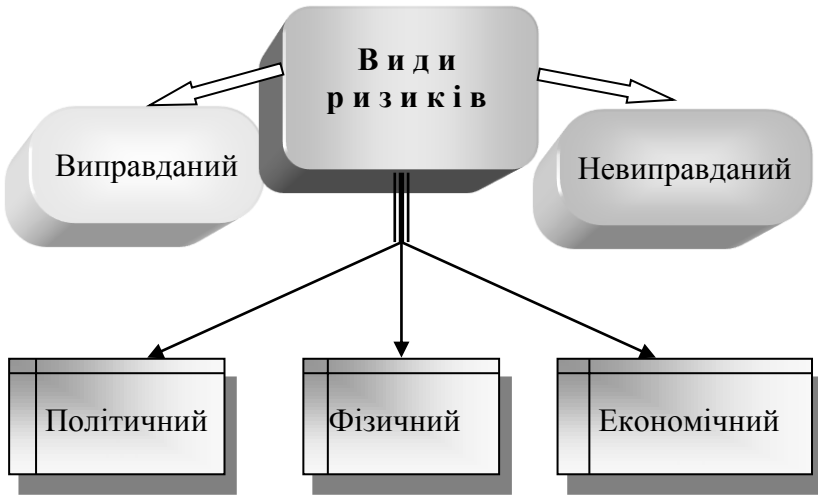
г) необхідно брати до уваги не тільки осіб, що підлягають безпосередньому впливу (які працюють на цьому підприємстві чи живуть поблизу нього), але й усе населення взагалі, оскільки воно може наражатися на ризик, розтягнутий у часі (радіоактивні ізотопи);

д) необхідно враховувати численні механізми шкідливих подій.

Ризик є супутником будь-якої активної діяльності людини. Необхідно розрізнити правомірний, допустимий ризик, який є виправданим у багатьох видах діяльності, і неправомірний ризик.

За ступенем припустимості ризик буває знехтуваний, прийнятний, гранично допустимий, надмірний. **Знехтуваний ризик має настільки**

низький рівень, що він перебуває в межах допустимих відхилень природного (фонового рівня). **Прийнятним** вважається такий рівень ризику, який суспільство може прийняти (дозволити), враховуючи техніко-економічні та соціальні можливості на певному етапі свого розвитку. **Гранично допустимий ризик** – це максимальний ризик, який не повинен перевищуватись, незважаючи на очікуваний результат. **Надмірний ризик** характеризується винятково високим рівнем, який у переважній більшості випадків призводить до негативних наслідків.



Таким чином, кількісний показник небезпеки – **ризик (R)** – визначається як відношення кількості подій із небажаними наслідками (n) до максимально можливої їх кількості (N) за конкретний період часу (t):

$$R = \frac{n}{N} \cdot \frac{1}{t}. \quad (1)$$

1. Концепція ризику в безпеці життєдіяльності людини: оцінка й управління

Сутність *концепції прийняттого (допустимого) ризику* полягає у прагненні створити таку мінімальну безпеку, яку сприймає суспільство у певний час, виходячи з рівня життя, соціально-політичного та економічного становища, розвитку науки й техніки. Концепцію прийняттого ризику може бути ефективно застосовано для будь-якої сфери діяльності, галузі виробництва, підприємств, організацій та установ. Наскільки ризик є прийнятним чи неприйнятним, може бути визначено при врахуванні багатьох вхідних даних та міркувань, серед яких не останнє місце посідають вартісні характеристики ризику, оскільки головним завданням управління є і завжди буде визначення вартості ризику.

Концепція ризику поєднує в собі два елементи – оцінку ризику та управління ризиком. Оцінка ризику – це аналіз походження (виникнення) і масштабів ризику в конкретній ситуації; управління ризиком – аналіз ризикової ситуації та розробка рішення (у формі правового акту), спрямованого на зведення до мінімуму та зменшення (мінімізацію) ризику.

Оцінка ризику проводиться з метою визначити, де знаходяться основні небезпеки, їх походження. Процес вироблення рішення про те, як позбутися цих проблем, тобто управління ризиком, передбачає, що перед розробкою управлінського рішення має бути проведено оцінку ризику. Таким чином, для мінімізації ризику необхідні оцінка ризику та управління ризиком – два аспекти, дві фази єдиного процесу прийняття рішення, що базуються на характеристиці ризику, яка виступає кінцевим етапом його оцінки та початком управління ризиком, поєднуючи ці два заходи.

Управління безпекою життєдіяльності відбувається шляхом регулювання рівня ризику, з яким на відповідному етапі розвитку погоджується суспільство. Вимога абсолютної безпеки хоча й приваблює своєю гуманністю, але може обернутися на трагедію для людей, через те що на практиці неможливо досягти нульового рівня ризику, а загальні декларації про прагнення до неї приховують неврахований і неконтрольований при такому підході ступінь ризику.

Науково обґрунтована система обліку та контролю за ним дозволяє своєчасно запровадити заходи для того, щоб цей ступінь ризику не перевищував заздалегідь установлених меж, тобто якогось допустимого (прийняттого) рівня ризику. Знехтуваний ризик людство поки що також забезпечити не може, враховуючи відсутність

технічних та економічних передумов для цього. Отже, сучасна концепція безпеки життєдіяльності базується саме на досягненні прийнятного (допустимого) ризику. Тому, розробляючи будь-які нові об'єкти (прилади, системи) і технології, варто брати до уваги не тільки очікувану користь, а й породжувану ними шкоду.

Прийнятний ризик поєднує в собі технічні, економічні, екологічні, соціальні та політичні аспекти і являє собою деякий компроміс між рівнем безпеки та можливостями її досягнення. Передусім треба враховувати, що економічні можливості підвищення безпеки, наприклад технічних систем, не безмежні. Надмірно витрачаючи кошти на підвищення їх безпеки, можна завдати збитків соціальній сфері, наприклад погіршити якість медичної допомоги. При збільшенні витрат рівень технічного ризику знижується, але зростає рівень соціального (рис. 1). R_c , R_{ce} , R_m , R_m , R_z – величина ризику відповідно сумарного ($R_c = R_m + R_{ce}$), соціально-економічного, прийнятного, технічного та загибелі людини за рік, %; B – витрати на безпеку, ум. од.; R_{opt} , B_{opt} – оптимальні величини відповідно прийнятного ризику та витрат на безпеку.

Сумарний ризик має мінімум при певному співвідношенні між інвестиціями в технічну та соціальну сфери. Ці обставини й треба враховувати при виборі рівня ризику, який слід забезпечити у відповідному проєкті, технології, об'єкті.

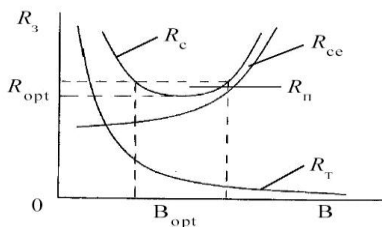


Рис. 1. Визначення прийнятного ризику

Існують сталі уявлення про величини прийнятного (допустимого) та недопустимого ризику. Недопустимий ризик має ймовірність реалізації негативного впливу понад 10^{-3} , допустимий – менш ніж 10^{-6} . При значенні ризику від 10^{-3} до 10^{-6} відокремлюють перехідну зону значень ризику. У Великобританії для оцінки допустимих індивідуальних ризиків, пов'язаних із небезпечними видами діяльності людини, використовуються так звані критерії Ешбі. Вони являють собою ймовірності одного фатального випадку (однієї смерті) за рік. Характеристики цих критеріїв наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Критерії прийнятності ризику (за Ешбі)

Ранг ризику	Імовірність однієї смерті за рік	Ступінь прийнятності ризику
1	Не менше 10^{-3}	Ризик неприйнятний
2	10^{-4}	Ризик прийнятний лише за особливих обставин
3	10^{-5}	Потрібне детальне обґрунтування прийнятності
4	10^{-6}	Ризик прийнятний без обмежень

Із таблиці видно, що чотири ранги ризику перекривають понад три порядки ймовірності однієї смерті за рік, причому необмежено прийнятний ризик має такий же порядок ймовірності, як і ризик, котрий характеризує природні катастрофи (10^{-6}).

Допустимість ризику, пов'язаного з різними видами діяльності, визначається економічними, соціальними та психологічними факторами. Коли йдеться про *економічні фактори*, головним критерієм допустимості будь-якого виду діяльності для суспільства вважається його корисність. Однак результат кожної справи поряд із корисним, позитивним ефектом завжди супроводжується й негативними наслідками. Більшість рішень людини у відповідній сфері її праці засновано на зіставленні користі й шкоди. Причому в переважній більшості випадків користь розуміють як економічний показник, а шкоду – як прями витрати, а також усі види посереднього економічного збитку.

Соціальні фактори: ступінь небезпеки технології та рівень індивідуального ризику, кількість населення, що зазнає ураження та тривалий час знаходиться під впливом шкідливого фактора тощо. До *психологічних факторів* належать добровільність або вимушеність ризику, новизна технологій та виду діяльності, а також ступінь усвідомлення небезпеки людиною. Вважається, що хоча для добровільного ризику не може бути якоїсь фіксованої верхньої межі, ризик смерті при вимушених впливах небезпеки не повинен перевищувати звичайного його рівня від захворювань для всього населення, тобто 10^{-2} на людину за рік. По суті, це є визнання особливо небезпечних професій, які є соціально неприпустимими для сучасної людини, тому що пов'язані з ризиком понад 10^{-2} на рік.

Новітні технології, технічні засоби або види діяльності людини, якщо в неї немає відповідної підготовки, а також коли не розроблено нових норм та правил техніки безпеки, можуть призвести до небезпечних наслідків. Незнання безпеки породжує повне нехтування нею. Неповні або помилкові знання часто призводять до перебільшення її рівня, і тільки точна інформація дозволяє людині прогнозувати небезпеку й порівнювати свої дії та вчинки з величиною загрози.

Крім ризику, до критеріїв безпеки техносфери належать обмеження, що вводяться на концентрації речовин і потоки енергії в життєвому середовищі. Концентрації регламентують, виходячи з ГДК цих речовин у довкіллі:

$$C_i < \text{ГДК}_i$$

або

$$\sum_i^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} < 1,$$

де C_i – концентрація i -ої речовини в життєвому середовищі, мг/л; ГДК_i – гранично допустима концентрація i -ої речовини в життєвому середовищі, мг/л; n – кількість речовин. Для потоків енергії допустимі значення рівнів установлюються такими співвідношеннями:

$$I_i < \text{ГДР}_i$$

або

$$\sum_i^n \frac{I_i}{\text{ГДР}_i} < 1,$$

де I_i – інтенсивність i -ого рівня енергії; ГДР_i – гранично допустимий рівень інтенсивності i -ого потоку енергії. Конкретні значення ГДК та ГДР регламентують відповідні державні нормативні документи.

1.1. Оцінка ризику небезпеки

Концепція прийняттого ризику містить дві складові, а саме: оцінку й управління ризиком. Оцінка ризику – це аналіз походження (виникнення) і масштабів ризику в конкретній ситуації. Головне призначення її – це визначення пріоритетів серед спектру негативних впливів і у зв'язку з цим порівняння застосованих заходів (зіставлення позитивних та негативних факторів, вигод та шкоди). Оцінка ризику запроваджується, щоб визначити причини існуючих проблем.

Сьогодні оцінка ризику є єдиним аналітичним інструментом, котрий дозволяє, наприклад, визначити чинники ризику для здоров'я людини (стану екосистеми), їхнє співвідношення і на цьому підґрунті окреслити пріоритети діяльності щодо зменшення рівня ризику (тобто пріоритети управління ризиком). Якщо проаналізувати цей вид ризику з точки зору його зв'язку із забрудненням довкілля, можна побачити, що він виникає за умов існування джерела ризику, наявності цього джерела ризику в певній, шкідливій для здоров'я людини або для екосистеми дозі та знання ними впливу відповідної дози токсичної речовини. Така структуризація самого ризику дозволяє виділити основні елементи процедури оцінки рівня ризику (етапу або фази), які складаються з виявлення потенційної небезпеки, кількісної оцінки

реакції людини (екосистеми), оцінки реальної величини впливу на людину (екосистему), що містить визначення масштабу (рівня) впливу, його частоти та тривалості. Заключна фаза процедури оцінки ризику є результатом попередніх етапів і містить характеристику ризику, котра складається як з якісних, так і з кількісних його оцінок.

Наукова достовірність оцінки ризику на кожен момент є відносною, і всі її процедури потребують систематичного коригування з урахуванням досягнень фундаментальних наук. Сьогодні оцінка ризику виступає єдиним аналітичним інструментом, що дозволяє визначити фактори ризику для здоров'я людини, їх співвідношення і на цій основі окреслити пріоритети діяльності з мінімізації ризику (тобто пріоритети управління ризиком).

Існує чотири методологічних підходи до визначення ризику:

- **інженерний** – спирається на статистику, імовірнісний аналіз небезпек, розрахунок частот, побудову дерева безпеки;
- **модельний** – основою є побудова моделі впливу небезпечних і шкідливих факторів на окрему людину, соціальні професійні групи;
- **експертний** – імовірність різних подій визначається на основі висновків досвідчених фахівців, тобто експертів;
- **соціологічний** – заснований на опитуванні населення.

Усі ці методи використовуються в комплексі, ураховуються в комбінаціях для оцінки небезпечних ситуацій. Можливості електронно-обчислювальної техніки дозволяють сьогодні розвивати метод моделювання таких ситуацій.

Оцінка ризику являє собою процес надання цифрових значень можливостям і наслідкам. Вона не підтримує жодного соціального чи економічного елемента. Однак під час використання оцінок ризику необхідно враховувати також і те, яким чином населення реагує на реальні або уявні види ризику. Не можна покладати надію на те, що уряди та органи регулювання будуть вживати заходів, тільки спираючись на кількісні оцінки ризику, – вони також мають ураховувати реакцію населення та розуміння ним ризику.

Ризик для здоров'я людини (чи екосистеми), що пов'язаний, наприклад, із забрудненням навколишнього середовища, виникає за таких умов: існування джерела ризику; наявності цього джерела ризику в певній, шкідливій для здоров'я людини дозі; схильності людини до впливу згаданої дози токсичної речовини. Такий приклад структуризації самого ризику дозволяє виділити основні елементи процедури його оцінки (етапи або фази):

- виявлення потенційної безпеки;
- кількісна оцінка реакції людини;

- оцінка реального підлягання людини впливу, що включає визначення його масштабу (рівня), а також частоти та тривалості;
- заключна фаза процедури оцінки ризику являє собою результат попередніх етапів і полягає в характеристиці ризику, що включає як якісні, так і кількісні оцінки.

Будь-яка оцінка ризику починається з розгляду інформації про попередні події та їх наслідки і, таким чином, являє собою процес передбачення, заснований на попередньому досвіді (рис. 2).

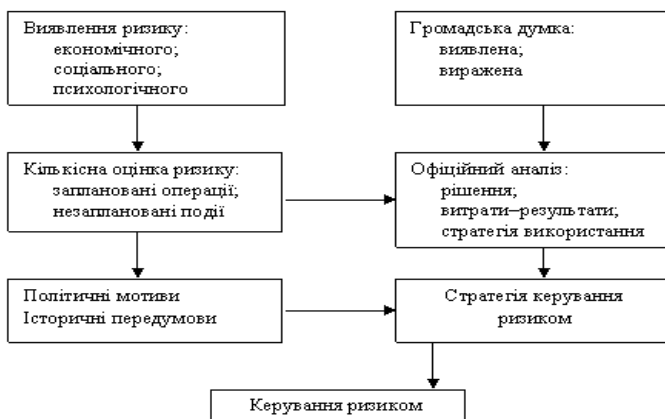


Рис. 2. Виявлення та кількісна оцінка ризику

Оцінка є кількісним описом виявлених ризиків, у ході якого визначаються такі їхні характеристики, як імовірність прояву та розмір можливих наслідків (збитку). Саме на етапі оцінки формуються сценарії розвитку несприятливих ситуацій і для різних величин ризиків може бути побудовано функції розподілу ймовірності прояву (реалізації) збитку, залежно від їх розмірів.

Необхідно відзначити, що оцінку ризику тих чи інших подій можна зробити тільки за наявності достатньої кількості статистичних даних. У протилежному випадку аналізовані дані будуть некоректні, оскільки для «рідкісних явищ» імовірнісний підхід не може бути застосовано. Так, до чорнобильської аварії ризик загибелі в результаті аварії на атомній електростанції вважався близько $2 \cdot 10^{-10}$ на рік, що не відповідало дійсності.

Аналіз небезпек починають із дослідження, яке дозволяє в основному ідентифікувати джерела небезпек. Потім за необхідності дослідження може бути поглиблено, для чого виконується детальний

аналіз. Існує багато причин, які визначають можливість настання небезпечної події. Їх можна розподілити на дві категорії: заздалегідь відомі, тобто ті, на які орієнтовано системи захисту, та невідомі, котрі не було враховано під час побудови існуючої системи безпеки. Саме остання категорія причин є найбільш небезпечною. Узагалі фахівці, котрі відповідають за безпеку конкретної ланки, одержують відомості від системи, що контролює ті чи інші процеси та явища. У подальшому ці відомості аналізуються.

Для аналізу ймовірності виникнення ризикових ситуацій часто використовується метод побудови «дерева відмов». Він є логічним інструментом локалізації найбільш небезпечних ланок будь-якої системи. Суть методу полягає у знаходженні оптимального рішення, що знижує ймовірність виникнення небезпечної події. Його може бути використано також для одержання інформації, наприклад про те, як найбільш ефективно слід розподілити кошти, щоб отримати максимальний економічний ефект.

Для оцінки ризику та прийняття відповідного рішення необхідно зібрати вихідну інформацію про об'єкт – носій ризику. Ця первинна стадія має назву «виявлення ризику» і містить два основних етапи: збір інформації про структуру об'єкта та виявлення небезпек чи інцидентів. Наявність достатньо повної і належним чином структурованої інформації про ризики є підґрунтям для розроблення ефективних заходів щодо керування ними. При оцінці промислових ризиків відповідні відомості повинні міститися в декларації промислової безпеки об'єкта. Робота зі збору інформації та виявлення ризиків допомагає ідентифікувати більшість небезпек, але, як правило, через деякий час виявляються нові. Це може бути пов'язано з накопиченням досвіду та статистичних даних, а також із реалізацією нових технологій і використанням перспективних матеріалів. Тому важливою складовою частиною організації такої діяльності є створення плану контролю та виявлення нових ризиків.

Причини й небезпеки утворюють ланцюгові структури або системи, графічне зображення яких нагадує гілчасті дерева. Тому при аналізі об'єктів безпеки використовують терміни «дерево причин», «дерево подій», «дерево відмов», «дерево небезпек». Побудова «дерева» – ефективна процедура виявлення причин аварій, травм, пожеж, дорожно-транспортних випадків.

Широке поширення одержала діаграма гілчастої структури, названа «деревом подій». Діаграма включає одну небажану подію-подію, що міститься вгорі та з'єднується з іншими подіями-передумовами за допомогою відповідних зв'язків і логічних умов. Вузлами дерева

слугують як події, так і умови. Для реалізації події необхідне одночасне виконання трьох умов: наявність джерела небезпеки, присутність людини в зоні дії джерела небезпеки, відсутність у людини захисних засобів.

Розглянемо процедуру побудови дерева, її якісний і кількісний аналіз на прикладі означеного «дерева подій» можливості отримати удар електричним струмом (рис. 3).

Будемо вважати, що для загибелі людини від електричного струму необхідно й достатньо включення його тіла в ланцюг, що забезпечує проходження смертельного струму. Отже, щоб стався нещасний випадок (подія А), необхідне одночасне виконання принаймні трьох умов: наявність потенціалу високої напруги на металевому корпусі електроустановки (подія Б), поява людини на заземленій провідній підставі (подія В), торкання людини корпусу електроустановки (подія Г).

У свою чергу, подія Б може бути наслідком кожної з подій – передумов Д і Е, наприклад порушення ізоляції або зсув неізольованого контакту й торкання ним корпусу. Подія В може статися як результат передумов Ж і З, коли людина стає на заземлену провідну підставу або торкається тілом заземлених елементів приміщення. Подія Г може трапитися однієї з трьох передумов И, К, Л – ремонт, техобслуговування або робота установки.

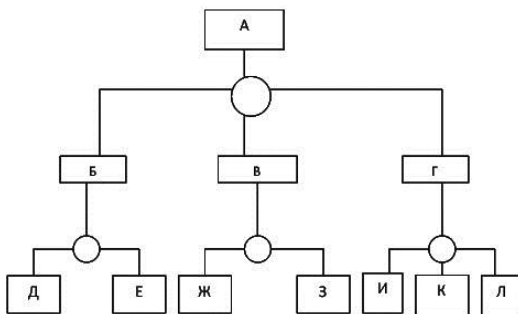


Рис. 3. Побудова дерева подій можливості отримати удар електричним струмом

Аналіз дерева подій полягає у виявленні умов, мінімально необхідних і достатніх для виникнення або невиникнення головної події. Модель може давати кілька мінімальних сполучень вихідних подій, що призводять у сукупності до цієї події. У наведеному прикладі є дванадцять мінімальних аварійних сполучень: ДЖИ, ДЖИ, ДЖЛ, ДЗИ, ДЗК, ДЗЛ, ЕЖИ, ЕЖК, ЕЖЛ, ЕЗИ, ЕЗК, ЕЗЛ, і три

мінімальних сполучення, що виключають можливість появи події за одночасної відсутності утворюючих подій: ДЕ, ЖЗ, ИКЛ.

Аналітичне вираження умов появи досліджуваної події має вигляд:

$$A = (D + E)(Ж + З)(И + К + Л). \quad (2)$$

Підставивши замість буквених символів імовірності відповідних передумов, можна одержати оцінку ризику загибелі людини від електричного струму в конкретних умовах. Наприклад, при рівних імовірностях $P(D) = P(E) = \dots P(L) \approx 0,1$ ризик не може бути більшим за 1. Імовірність загибелі людини від електричного струму в розглянутому випадку, з огляду на формулу (2):

$$P(A) = (0,1 + 0,1)(0,1 + 0,1)(0,1 + 0,1 + 0,1) = 0,012.$$

У такий спосіб може бути розраховано ймовірність нещасного випадку або аварії на виробництві.

Практичний інтерес становить побудова дерева причин нещасного випадку з подібним проведенням аналізу попередніх подій, які призвели до нього. При цьому виділяються випадкові попередні події, установлюються зв'язки між ними, аналізуються фактори, що носять постійний характер. Логічна структура дерева така, що в разі відсутності хоча б однієї з попередніх подій нещасний випадок відбутися не може. При складанні дерева причин може бути виявлено потенційно небезпечні фактори, що не проявили себе. У такий спосіб можна запобігти повторенню аналогічного нещасного випадку.

Для того, щоб визначити серйозність безпеки, існують різні критерії. Категорії серйозності безпеки, представлені в таблиці 2, установлюють кількісне значення відносної серйозності ймовірних наслідків небезпечних умов. Використання категорій серйозності безпеки дуже корисне для визначення відносної важливості використання профілактичних заходів для забезпечення безпеки життєдіяльності, коли вона застосовується для певних умов чи пошкоджень системи.

Наприклад, ситуації, які належать до категорії I (катастрофічні безпеки), потребують більшої уваги, ніж віднесені до категорії IV (незначні безпеки).

Таблиця 2

Категорії серйозності небезпек

Вид	Категорія	Опис нещасного випадку
Катастрофічна	I	Смерть або руйнування системи
Критична	II	Серйозна травма, стійке захворювання, суттєве пошкодження в системі
Гранична	III	Незначна травма, короткочасне захворювання, пошкодження в системі
Незначна	IV	Менш значні, ніж у категорії III, травми, захворювання, пошкодження в системі

Рівні ймовірності небезпеки, наведені в таблиці 3, є якісним відображенням відносної ймовірності того, що відбудеться небажана подія, яка є наслідком неусунутої або невідконтрольної небезпеки. Базуючись на вищій ймовірності небезпеки будь-якої системи, можна дійти висновку щодо специфічних видів діяльності людей. Тому, використовуючи водночас методики визначення серйозності та ймовірності небезпеки, можна визначити, вивчити небезпеки, віднести їх до певного класу й усунути їх, виходячи із серйозності небезпеки, потенційно ймовірних наслідків та ймовірності, що такі наслідки матимуть місце.

Таблиця 3

Рівні ймовірності небезпеки

Вид	Рівень	Опис наслідків
Часта	А	Велика ймовірність того, що подія відбудеться
Можлива	В	Може трапитися декілька разів протягом життєвого циклу
Випадкова	С	Іноді може відбутися протягом життєвого циклу
Віддалена	Д	Малоймовірна, але можлива подія протягом життєвого циклу
Неймовірна	Е	Настільки малоймовірна, що можна припустити, що така небезпека ніколи не відбудеться

Звідси випливає, що коли потенційну небезпеку події буде віднесено до категорії I (катастрофічна) із рівнем ймовірності А (часта), то всі зусилля, без сумнівів, потрібно спрямовувати на виключення цієї небезпеки з конструкції або забезпечити посилений контроль до запуску системи чи проекту. Легко помітити, що серйозна небезпека може бути припустимою, якщо буде доведено, що її ймовірність надто низька, так само може бути припустимою ймовірна подія, якщо може бути доведено, що результат її незначний. Ці міркування дають підстави для припущення, що ймовірність припустимого ризику небезпеки обернено пропорційна до її серйозності.

Таблиця 4 демонструє приклад матриці ризиків небезпеки, яка включає елементи таблиць 2 й 3 для того, щоб забезпечити ефективний інструмент для апроксимації припустимого та неприпустимого рівнів або ступенів ризику.

Таблиця 4

Матриця оцінки ризику

Частота, з якою відбувається подія	Категорія небезпеки			
	I Катастрофічна	II Критична	III Гранична	IV Незначна
(А) ЧАСТО	1А	2А	3А	4А
(В) ІМОВІРНО	1В	2В	3В	4В
(С) ЧАС ВІД ЧАСУ	1С	2С	3С	4С
(Д) ВІДДАЛЕНО	1Д	2Д	3Д	4Д
(Е) НЕЙМОВІРНО	1Е	2Е	3Е	4Е

Індекс ризику небезпеки	
Класифікація ризику	Критерії ризику
1А, 1В, 1С, 2А, 2В, 3А	Неприпустимий (надмірний)
1Д, 2С, 2Д, 3В, 3С	Небажаний (гранично допустимий)
1Е, 2Е, 3Д, 3Е, 4А, 4В	Припустимий з перевіркою (прийнятний)
4С, 4Д, 4Е	Припустимий без перевірки (знехтуваний)

Установивши буквено-цифрову систему оцінки ризику для кожної категорії серйозності та кожного рівня ймовірності, можна глибше класифікувати та оцінювати ризик за ступенем припустимості. Використання такої матриці полегшує оцінку ризику. Будь-яка оцінка ризику починається з аналізу інформації про попередні події та їх наслідки. Така оцінка являє собою процес прогнозування, що ґрунтується на попередньому досвіді. Значна кількість суджень пов'язана з оцінкою того, щоб положення в майбутньому змогло стати дещо кращим, порівняно з тим, що прогнозувалося раніше. Заклучна фаза процедури оцінки ризику – характеристика ризику водночас є першою ланкою процедури управління ризиком.

Наукова достовірність оцінки ризику на кожний конкретний момент відносна, і всі процедури її потребують систематичного коригування з урахуванням досягнень фундаментальних наук. До того ж, вона являє собою процес оцінки цифрових значень можливостей та наслідків відповідних подій і не містить жодного соціального чи економічного елемента. Проте при використанні оцінок ризику необхідно враховувати також, яким чином населення реагує на реальні або уявлені види ризику. Можна не сподіватися, що уряд і регулятивні органи країни будуть вживати потрібних для управління БЖД заходів не тільки на підставі кількісної оцінки ризику: їм доведеться також урахувувати реакцію населення й розуміння ним ризику.

1.2. Методика якісного аналізу небезпек

Методи такого типу аналізу та прийоми, що використовуються при їх здійсненні, численні та відомі під різними назвами, але всі вони реалізуються завдяки відповідним критеріям. Основні критерії, за якими здійснюється якісна оцінка потенційних наслідків для кожного небезпечного стану досліджуваного об'єкта, є такими:

– клас 1 (безпечний) – не спричиняє незворотних наслідків, пошкодження обладнання та нещасних випадків із людьми (стан, пов'язаний із помилками персоналу, вадами конструкції або з невідповідністю проекту, а також позаштатною роботою досліджуваної системи);

– клас 2 (граничний) – призводить до порушень у роботі, може бути компенсованим чи взятим під контроль без пошкодження обладнання або без нещасних випадків із персоналом (стан, пов'язаний із помилками персоналу, вадами конструкції та позаштатною роботою досліджуваної системи);

– клас 3 (критичний) – призводить до великих порушень у роботі, пошкодження обладнання та створення небезпечної ситуації, яка потребує негайних заходів для рятування персоналу та обладнання (стан, пов'язаний із помилками персоналу та позаштатною роботою обладнання);

– клас 4 (катастрофічний) – призводить до втрати обладнання та (чи) загибелі або масового травмування персоналу.

Характеристика ризику є продовженням його оцінки, базуючись на якій, приймається рішення про найкращий із можливих способів зменшення ризику. Нижче для прикладу наведено одну з загальнопоширених методик, яка отримала широке застосування в практиці БЖД. Ця методика якісного аналізу ризиків пропонує реалізовувати його за відповідними етапами, а саме через попередній аналіз небезпек (ПАН), виявлення послідовності небезпечних ситуацій та аналіз наслідків.

Першою спробою виявити елементи устаткування, технічної системи й окремі події, що можуть призвести до виникнення небезпек, є попередній аналіз небезпек – це аналіз загальних груп небезпек, наявних у системі, їх розвитку та рекомендацій щодо контролю. Метою ПАН є виявлення в загальних рисах потенційних небезпек у будь-якій системі. Етапи реалізації ПАН такі:

– вивчаються технічні характеристики об'єкта, системи чи процесу, а також використаних джерел енергії, робочих середовищ, застосованих матеріалів;

– устанавлюються їхні небезпечні та шкідливі властивості;

– визначаються закони, стандарти та правила, дія яких поширюється на певний об'єкт, систему чи процес;

– перевіряється технічна документація на її відповідність законам, правилам, принципам і нормам безпеки, установленим для цього об'єкта;

– складається перелік небезпек, у якому зазначають ідентифіковані джерела небезпек (системи, підсистеми, компоненти), чинники, що завдають шкоди, потенційно небезпечні ситуації, виявлені недоліки.

При проведенні ПАН особливу увагу приділяють наявності вибухові пожежонебезпечних та токсичних речовин, виявленню компонентів об'єкта, у яких можлива їх наявність, потенційно небезпечних ситуацій від неконтрольованих реакцій чи при перевищенні тиску.

Після виявлення крупних систем об'єкта, які є джерелами небезпеки, їх можна розглядати окремо і досліджувати більш детально за допомогою інших методів аналізу. Існують базові запитання, на які обов'язково необхідно відповісти під час проведення ПАН, незважаючи на те, що деякі з них можуть здаватися занадто простими. Якщо ці запитання не розглянути, то існує ризик неповного аналізу безпеки системи. Уся простота чи очевидність має схильність приховувати деякий рівень небезпеки. Проведення ПАН може бути спрощено і формалізовано завдяки використанню матриці попередньої небезпеки, спеціальних анкет, списків і таблиць. Детальний аналіз можливих подій здійснюється на другому етапі – при виявленні послідовності небезпечних ситуацій.

1.3. Управління ризиком

Управління ризиком – це продовження оцінки ризику, спираючись на що, ухвалюється рішення про найкращий із можливих способів його зменшення. Спочатку термін «управління ризиком» використовувався для розподілу політичних, соціальних та економічних оцінок процесу прийняття рішення та його обґрунтування. Основна мета управління ризиком полягає у визначенні шляхів (заходів) зменшення ризику за певних обмежень ресурсами і часом.

Процедура управління ризиком, як і його оцінка, складається із чотирьох елементів, або етапів. Перший із них пов'язаний із характеристикою ризику. Якщо по завершенні фази оцінки ризику встановлюється ступінь небезпеки (шкоди) за певних умов, то на початку процедури управління ризиком проводиться порівняльна характеристика ризиків з метою встановлення пріоритетів. Порівняння ризиків і встановлення «ризикових» пріоритетів означає їх ранжування, визначення їх ієрархії.

Другий етап – визначення допустимості ризику. Ризик порівнюється з рядом «ризикових» соціально-економічних та екологічних факторів.

Третій етап – процес порівняння – спирається на метод «витрата – вигода». У порівнянні «неризикових» факторів із «ризиковими» виявляється суть процесу управління ризиком. Можливі три варіанти рішень, що приймаються:

- ризик допустимий повністю;
- ризик допустимий частково;
- ризик повністю недопустимий.

У двох останніх випадках необхідно встановити пропорції контролю, що входить до завдань третього етапу процедури управління ризиком. Визначення пропорцій контролю полягає у виборі

одного з типових заходів, що сприяють зменшенню (у першому й другому випадках) чи усуненню (у третьому випадку) ризику. Такі заходи включають: використання попереджувальних маркувань; обмеження кола користувачів; обмеження галузі використання, наприклад територією (полігони, стенди та ін.); повна заборона використання технологічних процесів за участю людини.

Зіставлення ризиків і встановлення «ризикових» пріоритетів означають їхнє ранжування для визначення прийнятності ризику. Він зіставляється з низкою «ризикових» соціально-економічних та екологічних чинників: вигодою від використання конкретного устаткування, препарату, системи, технології в господарській діяльності; витратами, спричиненими використанням цього устаткування, системи, технології, препарату (повною або частковою забороною, заміною їх іншими тощо); наявністю та можливістю регулятивних заходів з метою зменшити потенційний негативний вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини. У зіставленні «неризикових» чинників із «ризиковими» виявляється сутність процесу управління ризиком. Можливі три варіанти прийнятих рішень: ризик приймається цілком, частково або не приймається.

Наступний етап – прийняття регулятивного рішення – визначення нормативних актів (законів, постанов, інструкцій) та їхніх положень відповідно до реалізації того типового заходу, який було встановлено на попередній стадії. Цей елемент одночасно об'єднує всі стадії управління ризиком, а також стадії оцінки ризику до єдиного процесу ухвалення рішення, до єдиної концепції ризику.

Заключним етапом управління ризиком є контроль і коригування результатів реалізації обраної стратегії з урахуванням отриманої інформації. Контроль полягає в одержанні від менеджерів інформації про збитки, що відбулися, та вжиті заходи щодо їх мінімізації. Він може відбиватися у виявленні нових обставин, які змінюють рівень ризику, спостереженні за ефективністю роботи систем забезпечення безпеки тощо.

Розв'язання двох основних проблем управління ризиками, тобто визначення і розмежування ризиків, з одного боку, і їх розподілу – з іншого, у принципі залежить від культурних та етичних передумов, що склалися на підприємствах або в рамках більшої системи. У першому випадку мова йде про те, щоб уникнути можливих позасистемних наслідків, а отже, і відповідальності за ризики, у другому – про справедливий розподіл ризиків. За можливості повне охоплення ризиків та їхнє віднесення на рахунок окремих осіб або організацій необхідні як з економічних, так і з етичних розумінь. Однак будь-яка

форма розподілу ризиків із залученням постраждалих індивідів, держави або підприємств не позбавлена специфічних помилок і тому, у принципі, є незадовільною.

Удосконалення процедури управління ризиком можливе за умови підсилення значення підприємства як вихідної інстанції, що створює систему оцінок і розподілу ризиків та використовує її у своїй діяльності. Саме воно має інформацію щодо якості такої системи та економічну вигоду від її експлуатації. Отже, в інформаційному суспільстві проблема розподілу ризиків має стати об'єктом широкої дискусії, її неможливо раціонально розв'язати без наявності прямої, превентивної відповідальності підприємства, для чого необхідні правові рамкові умови. Така правова конструкція повинна: орієнтуватися на підприємство (тобто в центрі стоїть відповідальність підприємства); брати до уваги соціальну й етичну відповідальність підприємства, стимулюючи його поведінку так, щоб воно прагнуло до підвищення рівня загального добробуту; складати частину чинної економічної системи, щоб мати можливість використовувати економічно прийнятні санкції й інститути. Це дозволить підприємствам у сформованих рамкових умовах конкуренції залишатися на рівні пропонованих етичних вимог без втрати конкурентоспроможності. Процедура управління ризиком складається з відповідних елементів або етапів (рис. 4).



Рис. 4. Загальна схема процесу управління ризиком

Розглянемо можливий підхід до розв'язання конфлікту, що виникає між державою і населенням у районах розміщення полігонів для випробувань ядерних зарядів. Для розв'язання конфлікту логічно використовувати такі положення та схему дій.

Ядерна зброя є державною власністю. Оборонна достатність забезпечує суверенітет, незалежність, політичний, моральний та економічний стан, що формують сучасну якість життя суспільства. Збереження ядерної зброї потребує проведення хоча б мінімальної кількості випробувань, наприклад для забезпечення її безпеки в мирний час, що означає збереження випробувальних полігонів. Перенесення випробувальних полігонів в інші місця призводить до смертності витрачених коштів, потребує додаткових фінансів на організацію нових полігонів і принципово не вирішує проблему, а переміщує її в інше місце й інший час. Персонал і населення в місцях розміщення полігонів наражаються на певний техногенний ризик, що впливає на якість їх життя. Для забезпечення відповідної якості життя персоналу й населення в районі розміщення полігонів необхідно провести аналіз техногенного ризику, оцінку його рівня та відповідну роботу з управління ризиком, включаючи визначення груп, що ризикують, а також характеру та розмірів компенсації за ризик для забезпечення належної якості життя.

Питання техногенного ризику, що пов'язаний із функціонуванням полігонів, і заходи забезпечення якості життя тих, хто ризикує, мають бути обговорені й узгоджені спеціалістами, представниками екологічних рухів та тими, хто ризикує. Вони мають бути закріплені в державних нормативних актах, контроль за дотриманням яких мають здійснювати органи державного нагляду і надавати наочну інформацію населенню зони, що перебуває під наглядом, через засоби масової інформації.

Ціна ризику має виплачуватися тим, хто ризикує, у вигляді компенсації за ризик. Характер «виплат» може бути різним для різних категорій тих, хто ризикує. Наприклад: для населення зони спостереження – у вигляді обов'язкового безкоштовного державного страхування, значних внесків в охорону здоров'я та соціально-побутові умови району проживання, пільгового забезпечення продукцією об'єкта (наприклад електроенергією АЕС). Для персоналу зони, що знаходиться під контролем, додатково до попереднього – у вигляді збільшення відпустки, лікувально-профілактичного обслуговування (періодичні медичні обстеження, лікувальне харчування); для персоналу, що зайнятий безпосередньо роботою з високим рівнем ризику, додатково до попереднього – у вигляді

надбавки до заробітної плати за ризик, виробничо-професійного навчання та підвищення кваліфікації, що оплачується, включаючи відбір за професійною придатністю, пільгові пенсії. Такі заходи мають упроваджуватися як законні для забезпечення гідної якості життя категоріям осіб, що наражаються на підвищений ризик заради підвищення якості життя суспільства взагалі.

Як показав розвиток подій, що пов'язані зі значними аваріями, які відбулись за останні роки, особливо з аварією на Чорнобильській АЕС, суспільство виявилось неготовим до зустрічі з техногенними небезпеками, а відповідне державне регулювання було відсутнє. Стан із забезпечення безпеки погіршується практично повною відсутністю правової основи для вирішення комплексу проблем із підтримки технічної безпеки виробництв та об'єктів, захисту населення, персоналу, навколишнього середовища від можливого впливу потенційно небезпечних виробництв. Підвищення безпеки, тобто зниження рівня ризику смертності, завжди було одним із провідних мотивів діяльності людей.

Таким чином, забезпечення бажаного ідеалу про абсолютну безпеку не є реальним, на кожний історичний період розвитку технічних систем необхідно визначати оптимальне співвідношення між ризиком та реальними технічними й економічними можливостями держави, що має надзвичайно важливе значення для забезпечення безпеки життєдіяльності людини взагалі.

2. Практичні завдання з оцінки ризику небезпек у життєдіяльності людини

2.1. Розрахункові задачі з визначення ризику нещасних випадків

2.1.1. Приклад розв'язання задач

Умова задачі. Обчисліть ризик травмування людей, зайнятих певним видом діяльності (у розрахунку за рік), якщо середньорічна кількість осіб, що займаються цією діяльністю – 200, а за останні 5 років травми одержали 3 особи (відповідь на першу частину задачі).

Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці (відповідь на другу частину задачі).

Розв'язання. Визначаємо середньорічну кількість травмованих осіб. Для цього ділимо кількість постраждалих на кількість років, за які сталися ці трагічні події.

$$n = \frac{\text{кількість постраждалих}}{\text{період часу}} = \frac{3 (\text{особи})}{5 (\text{років})} = 0,6 \text{ осіб за рік.}$$

Далі знаходимо величину ризику за формулою (1):

$$R = \frac{0,6}{200} = 0,003 = 3 \cdot 10^{-3}.$$

Відповідь на першу частину задачі: ризик травмування дорівнює 0,003 або $3 \cdot 10^{-3}$.

У наступній частині задачі необхідно порівняти отриманий результат із величиною прийнятного ризику, який визначено у світовій практиці і становить $1 \cdot 10^{-6}$. Для цього отриманий результат ділимо на прийнятний ризик.

$$\frac{0,003}{0,000001} = 3\,000 \text{ разів.}$$

Відповідь на другу частину задачі: ризик травмування людей більший за прийнятний у 3 000 разів.

Примітка: для розрахунку коефіцієнта частоти виникнення небезпечних ситуацій на 1 000 осіб необхідно:

$$K = R \cdot 1\,000 = 0,003 \cdot 1\,000 = 3.$$

Таким чином, коефіцієнт частоти дорівнює травмуванню 3 осіб на 1 000.

2.1.2. Варіанти розрахункових задач

1. За даними статистики, в Україні кількість загиблих від нещасних випадків у побуті становить 72 929 осіб за чисельності населення 48 млн осіб. Визначте рівень ризику загибелі від нещасного випадку в побуті та коефіцієнт частоти загибелі в цій ситуації.

2. За статистичними даними, на підприємствах України було травмовано 47 531 особу. Кількість працівників становить 1/3 від загальної чисельності населення в Україні. Визначте рівень ризику виробничого травматизму в Україні.

3. Обчисліть ризик травмування людей у певному регіоні або зайнятих певним видом діяльності (у розрахунку за рік), якщо середньорічна кількість осіб – 200, а за останні 2,5 роки травми одержали 2 особи. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

4. Обчисліть ризик травмування під час риболовлі (у розрахунку за рік), якщо в середньому в регіоні нараховується 2 500 рибалок, а за останні 15 років травми одержали 4 особи. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

5. Обчисліть ризик утоплення (у розрахунку за рік), якщо в середньому за рік на озері купається 1 000 осіб, а за останні 7,6 роки потонули 3 особи. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

6. Обчисліть ризик захворювання на грип (у розрахунку за рік), якщо в середньому в селі проживає 750 осіб, а за останні 8 років захворіло 2 особи. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

7. Обчисліть ризик автомобільної аварії в місті N (у розрахунку за рік), якщо в середньому на автомобілях їздять 500 осіб, а за останні 4,5 років потрапили в аварію і були травмовані 7 осіб. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

8. Обчисліть ризик автомобільної аварії в місті B (у розрахунку за рік), якщо в середньому на автомобілях їздять 1 500 осіб, а за останні 16 років потрапили в аварію і були травмовані 13 осіб. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

9. Обчисліть ризик травмування на підприємстві (у розрахунку за рік), якщо загальна кількість працівників складає 50 осіб, а за останні 21 рік травми одержали 2 особи. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

10. Обчисліть ризик травмування на підприємстві (у розрахунку за рік), якщо загальна кількість працівників складає 5 000 осіб, а за останні 4,5 роки травми одержали 5 осіб. Порівняйте обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятним на сьогодні) у світовій практиці.

2.2. Інші завдання

2.2.1. За матеріалами засобів масової інформації, статистичними та фактичними даними скласти 5 задач для розрахунку ризику.

Наприклад: За статистичними даними, в Україні у 1998 р. загальна кількість населення складала 50 млн 100 тис. осіб. Загальна кількість травмованих у побуті становила 20 млн осіб. Розрахуйте ризик травмування в побуті та порівняйте його з прийнятим у світовій практиці.

2.2.2. Побудуйте дерево подій для таких небезпечних ситуацій: аварія на автомобільному транспорті, харчове отруєння, зараження інфекційним захворюванням, отримання побутової травми (падіння зі стільця, опік паром, опік кислотою, пожежа в будинку та ін.), програш грошей у казино, випадкове руйнування будинку, отримання негативної оцінки на заняттях, свої варіанти.

2.3. Визначення індексів ризику небезпеки

Приклад: Визначити індекси ризику зіткнення двох літаків у повітрі (узагалі) і двох автомобілів на переповненій автостоянці. Наведіть можливі заходи для зниження цих видів небезпек (за допомогою таблиць 2, 3, 4).

Розв'язання: Зіткнення літаків у повітрі, без сумнівів, буде класифікуватися як категорія I (катастрофічна), можливість або ймовірність буде віднесено до рівня D (віддалена), виходячи зі статистики випадків зіткнення літаків у повітрі. Зусилля, спрямовані на зменшення шкоди від такого роду випадків, зійдуть до здійснення специфічного, але відносно незначного контролю для запобігання подібних ситуацій. І навпаки, зіткнення двох автомобілів на переповненій автостоянці може бути класифіковано як незначну (категорія IV) подію з ймовірністю, що належить до рівня A (часта) або рівня B (можлива). Зусилля в цьому випадку буде сфокусовано на забезпеченні дешевого та ефективного контролю через високу ймовірність цієї події: знаки, які вказують напрямок руху автомобільного транспорту, широкі місця для паркування, обмеження швидкості, улаштування нерівностей, що примушують зменшити швидкість тощо, є прикладом такого контролю.

Завдання:

Визначити індекси ризику виникнення таких небезпечних подій. Наведіть можливі заходи для попередження чи зниження наслідків означених небезпечних подій.

- 1) куріння;
- 2) споживання алкогольних напоїв;
- 3) автомобілі;
- 4) ручна вогнепальна зброя;

- 5) електричний струм;
- 6) мотоцикли;
- 7) плавання;
- 8) хірургічне втручання;
- 9) рентгенівське опромінення;
- 10) залізниця;
- 11) велика будівля;
- 12) велосипед;
- 13) мисливство;
- 14) побутові травми;
- 15) гасіння пожеж;
- 16) атомна енергетика;
- 17) альпінізм;
- 18) сільськогосподарська техніка;
- 19) лижі;
- 20) авіація загального призначення.

2.4. Оцінка ризику для здоров'я людини за умов впливу токсикантів

За такої оцінки все спирається на граничну потужність дози токсиканту – H_D , яка враховує міжвидові варіації (тварин і людини) у прояві ефектів, змінюються від 1 до 10.

Таблиця 5

Значення граничної потужності дози H_D при надходженні токсикантів-неканцерогенів із повітрям

Токсиканти, які надходять із повітрям	H_D , мг/(кг на добу)
Бензол	$9 \cdot 10^{-3}$
Марганець	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Ртуть	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Берилій	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Тетраетил свинець	$5,7 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 6

Значення граничної потужності дози H_D при надходженні токсикантів-неканцерогенів із водою та їжею

Надходження токсикантів із водою та їжею	H_D , мг/кг на добу	Надходження токсикантів із водою та їжею	H_D , мг/кг на добу
Нітрати	1,6	Селен	$5 \cdot 10^{-3}$
Хром	1,0	Молибден	$5 \cdot 10^{-3}$
Цинк	0,3	Срібло	$5 \cdot 10^{-3}$
Бор	0,2	Кадмій	$5 \cdot 10^{-4}$
Барій	0,2	Хром	$5 \cdot 10^{-3}$

Закінч. таблиці 6

Марганець	0,14	Сурма	$4 \cdot 10^{-4}$
Хлор	0,1	Миш'як	$3 \cdot 10^{-4}$
Мідь	0,04	Ртуть (хлорид)	$3 \cdot 10^{-4}$
Нікель	0,02	Талій (хлорид, карбонат)	$8 \cdot 10^{-5}$

Таблиця 7

**Значення граничної потужності дози H_D
при надходженні токсикантів-неканцерогенів із водою**

Надходження токсикантів із водою	H_D , мг/кг на добу
Етиленгліколь	2
Ацетон	0,9
Нафтопродукти	0,6
Фенол	0,6
Метанол	0,5
Формальдегід	0,2
Пентахлорфенол	$3 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$4 \cdot 10^{-3}$
Вінілхлорид	$3 \cdot 10^{-3}$
Нітробензол	$5 \cdot 10^{-4}$
ДДТ	$5 \cdot 10^{-4}$
Метилртуть	$1 \cdot 10^{-4}$
Тетраетилсвинець	$1,2 \cdot 10^{-7}$

2.4.1. Методика розв'язання задач

Цю методику рекомендовано Агентством із захисту довкілля (США) [5].

1. При розв'язанні задач, пов'язаних із вдиханням токсиканту; середньодобове його надходження – m , віднесене до 1 кг маси людини, мг/(кг на добу) – розраховується за формулою:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – уміст токсиканту в повітрі мг/м³; v – об'єм повітря, що надходить у легені – м³/добу (вважається, що доросла людина вдихає 20 м³ щодоби); f – кількість днів у році, протягом яких відбувається вплив токсикантів; T_p – кількість років, протягом яких відбувається вплив токсиканту; P – середня маса тіла дорослої людини, приймається 70 кг; T – усереднений час впливу токсиканту (або середня тривалість можливого впливу токсиканту за час життя людини); приймається як такий, що дорівнює 30 рокам (10 950 діб).

2. При розв'язанні задач, пов'язаних зі споживанням токсикантів із питною водою, середньодобове його потрапляння – m , віднесене до 1 кг маси людини, мг/(кг на добу) – розраховується за формулою:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – концентрація токсиканту в питній воді, мг/л; v – швидкість потрапляння води в організм людини, л/добу (вважається, що доросла людина випиває щодоби 2 л води); f – кількість днів на рік, протягом яких відбувається вплив токсикантів; T_p – кількість років, протягом яких відбувається вплив токсиканту; P – середня маса тіла дорослої людини (70 кг); T – усереднений час впливу токсиканту (або середня тривалість можливого впливу токсиканту за час життя людини); приймається як такий, що дорівнює 30 рокам (10 950 днів).

3. При розв'язанні задач, пов'язаних зі споживанням продуктів харчування, середньодобове потрапляння токсиканту, яке віднесене до 1 кг маси людини – m , мг/(кг на добу), розраховується за формулою:

$$m = \frac{C \cdot M \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – уміст токсиканту в певному продукті харчування, мг/кг; M – кількість споживання цього продукту за один рік; T_p – кількість років, протягом яких споживається цей продукт; P – середня маса тіла дорослої людини (70 кг); T – усереднений час впливу токсиканту (або середня тривалість можливого впливу токсиканту за час життя людини), що дорівнює 30 рокам (10 950 днів).

Після того, як обчислено середньодобове надходження токсиканту, розраховується величина **індекс небезпеки** – HQ за формулою:

$$HQ = \frac{m}{H_D},$$

де H_D – порогова потужність дози, значення наведено в таблицях 5-7.

Якщо $H_D < 1$, то небезпека відсутня, ризик здоров'ю відсутній.

Якщо $H_D > 1$, то існує небезпека отруєння, яка є тим більшою, чим більше HQ перевищує одиницю.

Якщо ситуація зумовлена присутністю кількох токсикантів, то HQ_{Σ} дорівнює сумі індексів небезпеки окремих токсикантів:

$$HQ_{\Sigma} = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 \dots$$

Якщо $HQ_{\Sigma} < 1$, то небезпеки немає, ризику здоров'ю немає.

2.4.2. Приклад розв'язання задач

1. У колодязях селища місцевого типу виявлено важкий метал – хром, уміст його у воді перевищував ГДК для питної води (0,005 мг/л) у 10 разів. Колодязями в селищі міського типу користуються протягом 6 років 100 000 чоловік. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик для здоров'я населення цього селища міського типу.

$C = 10 \text{ ГДК} = 0,05 \text{ мг/л}$;

$v = 2 \text{ л/добу}$;

$T_p = 6$ років = 2 190 діб;

$P = 70$ кг;

$T = 30$ років = 10 950 діб;

$H_D = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг на добу;

$N = 10^5$.

Розв'язання:

Середньодобове надходження токсиканту з водою на 1 кг маси тіла людини:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} = \frac{0,5 \text{ мг/л} \cdot 2 \text{ л/добу} \cdot 2 \text{ 190 діб}}{70 \text{ кг} \cdot 10 \text{ 950 діб}} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ мг/(кг на добу)}.$$

Індекс небезпеки $HQ = m/H_D = (2,9 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг на добу}) / (5 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг на добу}) = 0,58 < 1$.

Індивідуального ризику небезпеки здоров'ю немає. Виходячи з ризику 10^{-4} , отримуємо індивідуальний ризик $0,58 \cdot 10^{-4}$.

Колективний ризик дорівнює $(0,58 \cdot 10^{-4}) \cdot (10^5) = 5,8$ – це та кількість людей, які можуть загинути протягом року в цьому селищі міського типу за рік.

Якщо виходити з ціни людського життя 4 000 \$, то збиток може скласти – 23 200 \$ = 185 600 грн.

Такою може бути ціна збитку від користування населенням забрудненими колодязями. Тоді оцінка величини індивідуального страхового поліса для мешканців цього селища міського типу може скласти близько 2 грн/рік (реально до 10 грн).

2.4.3. Варіанти розрахункових задач

1. У воді водосховища виявлено фенол із концентрацією 10 мг/л. Водосховище – джерелом питного водопостачання для 10^6 людей. Розрахувати індивідуальний ризик від споживання такої води і колективний ризик для всього населення, яке споживає таку воду протягом 10 років. H_D для фенолу – 0,6 мг/кг на добу.

2. Мешканець України в середньому споживає 130 кг хлібопродуктів на рік. Час становить 10 років. Кількість нітратів у хлібі досягає 3 700 мг/кг. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик для населення 10^6 осіб.

3. Дорослий мешканець споживає в середньому 124 кг картоплі за рік. Розрахувати ризик від вживання картоплі, яка містить кадмій з середнім умістом 0,3 мг/кг (ГДК 0,03 мг/кг) протягом 10 років. $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг на добу.

4. Розрахувати індивідуальний ризик від вдихання парів ртуті з умістом 100 ГДК цього елемента в повітрі цеху. Вважаємо, що пари ртуті знаходяться у деякому приміщенні при незмінній концентрації.

Людина вдихає пари ртуті 12 годин щодоби протягом одного року. $H_D = 8,6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг на добу. ГДК = 0,0003 мг/м³.

5. Розрахувати індивідуальний ризик на роботах у рослинництві (бавовна) при загрозі для здоров'я людини від вдихання пестициду ДДТ із концентрацією 100 ГДК (ГДК = 0,0005 мг/м³) протягом 10 років роботи. $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг на добу.

6. У колодязях селища міського типу виявлено важкий метал – хром, уміст якого у воді перевищував у 10 разів ГДК для питної води (0,005 мг/л). Колодязями у цьому селищі користуються 100 000 осіб протягом 6 років. Розрахувати індивідуальний та колективний ризик для здоров'я населення цього селища.

7. У воді водосховища виявлено фенол із концентрацією 10 мг/л. Водосховище виступає джерелом питного водопостачання для 10⁶ осіб. Розрахувати індивідуальний ризик від пиття такої води та колективний ризик для всього населення, яке споживає воду протягом 10 років. H_D для фенолу дорівнює 0,6 мг/кг на добу.

8. Мешканець України в середньому споживає 130 кг хлібопродуктів на рік. Час становить 10 років. Кількість нітратів у хлібі досягає 3 700 мг/кг. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик для 10⁶ осіб.

9. Дорослий мешканець споживає в середньому 124 кг картоплі за рік. Розрахувати ризик від споживання картоплі протягом 10 років із середнім умістом кадмію 0,3 мг/кг (ГДК 0,03 мг/кг). $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг на добу.

10. Розрахувати індивідуальний ризик від вдихання парів ртуті з умістом 100 ГДК цього елемента в повітрі цеху. Вважаємо, що пари ртуті знаходяться в деякому приміщенні при незмінній концентрації, і людина вдихає пари ртуті в перебігу 12:00 щодоби протягом одного року. $H_D = 8,6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг на добу. ГДК = 0,0003 мг/м³.

11. Розрахувати індивідуальний ризик на роботах у рослинництві (бавовна) від вдихання пестициду ДДТ із концентрацією 100 ГДК (ГДК = 0,0005 мг/м³) протягом 10 років роботи. $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг на добу.

2.5. Оцінка ризику загрози для здоров'я людини за умов впливу хімічних токсикантів із безграничною дією (нерадіоактивних канцерогенів)

До канцерогенів відносять речовини, вплив яких достовірно збільшує частоту виникнення пухлин різної локалізації та прискорює їх розвиток.

Постулат:

1. Прийнято вважати, що канцерогени не мають межі безпечної дози, а вплив починається вже при малих дозах.

2. Імовірності розвитку онкологічних захворювань є прямо пропорційними до дози (кількості канцерогену). Це все утворює безпорогову лінійну модель.

2.5.1. Алгоритм розрахунку

1. Індивідуальний канцерогенний ризик r_k :

$$r_k = m \cdot F_r,$$

де m – кількість надходження канцерогену; F_r – коефіцієнт пропорційності (із таблиці 4), який визначає нахил дозової залежності для кожного канцерогену (отримані, як правило, у дослідях на тваринах), мг/кг на добу.

Таблиця 8

Фактор ризику канцерогенів при надходженні через органи дихання

Канцерогени	F_r , мг/кг на добу
Дихлорметан	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Трихлоретилен	$7 \cdot 10^{-3}$
Формальдегід	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Свинець	$4,2 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$
Вінілхлорид	$7,2 \cdot 10^{-2}$
Тетрахлоретилен	0,15
Дихлоретан	0,27
Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,34
Нікель (пил у повітрі)	0,91
Поліхлорвінілові біфеніли	2,0
Вихлопні гази дизельних двигунів	2,1
Кадмій	6,3
Бензо[і]рен	7,3
Берилій, метал, оксид	8,4
Миш'як	12
Хром	42
Берилій, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Діоксини (суміш)	$4,6 \cdot 10^3$

Таблиця 9

Фактор ризику канцерогенів при надходженні через органи травлення з водою та їжею

Канцерогени	F_r , мг/кг на добу
Свинець	$8,5 \cdot 10^{-3}$
Хлороформ	$3,1 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$
Пентахлорфенол	0,12

Закінч. таблиці 9

Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,3
Кадмій	0,38
Трихлоретилен	0,4
Тетрахлоретилен	0,54
Миш'як	1,75
Вінілхлорид	1,9
Берилій, оксид	7,0
Поліхлорвінілові біфеніли	5,0
Бензопірен	12
Берилій сульфат	$3 \cdot 10^3$
Діоксини (суміш)	$1,6 \cdot 10^5$

2. Формула розрахунку для m у повітрі:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – концентрація в повітрі (мг/м³); V – об'єм вдихуваного людиною повітря (20 м³/добу); f – кількість днів у році, коли відбувається надходження до організму людини токсикантів; T_p – число років роботи в цих умовах; P – середня вага (70 кг); T – середня тривалість життя (70 років).

3. Формула для розрахунку m у питній воді:

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – концентрація токсиканту в питній воді, мг/л; v – об'єм потрапляння води до організму людини, л/добу (вважається, що доросла людина випиває 2 л води щодоби); f – кількість днів у році, протягом яких відбувається вплив токсикантів; T_p – кількість років, протягом яких відбувається вплив токсиканту; P – середня маса тіла дорослої людини (70 кг); T – усереднений час впливу токсиканту (або середня тривалість можливого впливу токсиканту за час життя людини), дорівнює 30 рокам (10 950 діб).

4. Формула для розрахунку m (мг/кг на добу) у харчових продуктах

$$m = \frac{C \cdot M \cdot T_p}{P \cdot T},$$

де C – вміст токсиканту у харчовому продукті, мг/кг; M – кількість продукту, який було спожито за один рік; T_p – кількість років, протягом яких споживається цей продукт; P – середня маса тіла дорослої людини (70 кг); T – усереднений час впливу токсиканту (або середня тривалість можливого впливу токсиканту за час життя людини), дорівнює 30 рокам (10 950 діб).

5. Індивідуальний канцерогенний ризик розраховується за формулою $r_k = m \cdot F_r$, де F_r – фактор ризику виражається в (мг/(кг на добу)) (за табл. 8, 9).

Якщо $r \leq 10^{-6}$, то індивідуальний канцерогенний ризик вважається *знехтувано малим*. Верхня межа допустимого ризику – 10^{-4} . Якщо $r > 10^{-4}$, то індивідуальний канцерогенний ризик вважається *неприпустимим*. У разі впливу кількох канцерогенів повний ризик розраховується як сума окремих ризиків.

6. Колективний канцерогенний ризик R визначається як $R = r \cdot N$, де N – це число людей, що зазнають цього ризику.

2.5.2. Приклад розрахунку ризиків для здоров'я за умов впливу хімічних токсикантів із безграничною дією (нерадіоактивних канцерогенів)

У повітрі поблизу хімічного заводу міститься дихлорметан у концентрації $C = 120$ мг/м³. Протягом 10 років цим повітрям дихає населення певного селища міського типу чисельністю $N = 60$ тис. осіб $F_r = 1,6 \cdot 10^{-3}$ мг/кг на добу. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик, а також збиток.

Вихідні дані:

$$C = 120 \cdot \text{мг/м}^3;$$

$$V = 20 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$F_r = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг на добу)}^{-1};$$

$$f = 300 \text{ діб/рік};$$

$$T_p = 10 \text{ років};$$

$$N = 60 \text{ тис. осіб};$$

$$P = 70 \text{ кг};$$

$$T = 70 \text{ років}.$$

1. Розраховуємо m :

$$m = \frac{C \cdot v \cdot f \cdot T_p}{P \cdot T} = 4 \text{ (ммг/кг на добу)}.$$

2. Індивідуальний ризик: $r = m \cdot F_r = 6,4 \cdot 10^{-3}$.

3. Приведений до одного року індивідуальний ризик дорівнює $6,4 \cdot 10^{-4}$, що є вищим від допустимого $1 \cdot 10^{-4}$.

4. Тоді колективний ризик:

$R = r \cdot N = 6,4 \cdot 10^{-4} \cdot 60\,000$ осіб = **38 осіб** – кількість осіб, загиблих за рік унаслідок канцерогенезу від дихлорметану.

5. При узаконеній в Україні ціні людського життя (приблизно 4 000 \$), збиток складатиме близько **160 тис. доларів США за рік**.

6. Тобто страховка повинна покривати витрати (приблизно **32 тис. грн на одну людину**). Тоді вартість страхового поліса для всіх мешканців цього населеного пункту наближено може скласти як мінімум близько **30 грн/рік на кожного мешканця**.

7. Аналогічно розраховується ризик і витрати на кожен поліуант, який може бути в зоні впливу конкретного підприємства. Потім розраховуються сумарні ризик і витрати та вартість страхового поліса для певного населеного пункту від ризиків, пов'язаних із певним підприємством.

Якщо кілька НП у зоні впливу цього підприємства, то ризики та суми страхових полісів додаються.

2.5.3. Варіанти розрахункових задач

1. До щорічного раціону входить у середньому 212,4 кг молочних продуктів. Припустимо, що в молоці містяться діоксини на рівні ГДК ($5,2 \cdot 10^{-6}$ мг/кг). Нехай ці молокопродукти їдуть у їжу 10^5 осіб протягом 2 років. $F_r = 1,6 \cdot 10^5$ мг/кг на добу. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик для здоров'я цих людей, а також величину збитку.

2. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик і збиток від загрози для здоров'я за таких умов. Уміст діоксинів у питній воді 10 ГДК (ГДК = $2 \cdot 10^{-8}$ мл). Час споживання води населенням міста (106 осіб) – упродовж 5 років. Середня частота споживання – 300 днів у році. Фактор ризику при потраплянні діоксинів із водою $F_r = 1,6 \cdot 10^5$ мг/кг на добу.

3. Розрахувати ризик у вигляді кількості додаткових захворювань серед жителів населеного пункту з населенням 10^5 осіб у результаті споживання води зі вмістом канцерогену – трихлоретилену 25 мкг/л. Час споживання води – 30 років, щороку по 300 дб. Фактор ризику $F_r = 0,4$ мк/кг на добу.

4. У повітрі промпідприємства міститься бензол із концентрацією 150 мкг/м³. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик для персоналу та СЗЗ у кількості 10^5 осіб за час – 2 роки, 250 робочих днів на рік. $F_r = 5,5 \cdot 10^{-2}$ мк/кг на добу.

5. Розрахувати ризик при комбінованій дії двох канцерогенів у питній воді. Це: 1) вінілхлорид у концентрації 0,3 мг/л ($F_r = 1,9$ мк/кг на добу); 2) миш'як при ГДК у воді (0,05 мг/л). $F_r = 1,75$ мк/кг на добу. Час – 5 років, у середньому 300 дб/рік.

6. У деякій місцевості біля селища міського типу через підвищений уміст миш'яку в ґрунті, уміст його у молоці виявився 0,25 мг/л (5 ГДК). Розрахувати ризик від уживання такого молока протягом 2 років. Житель випиває в середньому 70 л/рік. $F_r = 1,75$ мк/кг на добу.

7. Середня концентрація вихлопних газів у повітрі населеного пункту від вихлопу дизельних двигунів внутрішнього згорання становить 5 мкг/м³. Розрахувати ризики для міста з 10^6 мешканців протягом 5 років. Фактор ризику $F_r = 2,1$ мг/кг на добу.

2.6. Оцінка ризику загрози для здоров'я людини за умов впливу іонізуючої радіації

2.6.1. Методика розрахунку ризику, пов'язаного з опроміненням людини

2.6.1.1. Методика розрахунку дози зовнішнього опромінення людини

Можливі кілька способів розрахунку й оцінки цієї дози для конкретної людини та певної популяції в цілому. Найбільш простим і точним способом є оцінка поглиненої дози випромінювання за показами особистого дозиметру, який носять постійно (конденсаторного, плівкового чи термолюмінісцентного).

Інший, більш складний спосіб – це оцінка поглиненої дози, яка отримана внаслідок зовнішнього опромінення за даними зовнішньої дозиметрії фону гамма- і бета-випромінювання на території. Тут враховують дозу від хмари, поверхні землі на початку аварії й у наступних процесах ліквідації наслідків.

Простий спосіб розрахунку поглинених доз при зовнішньому опроміненні передбачає оцінку середніх значень потужності поглиненої дози гамма-випромінювання (P , мкЗв/год) на території і час перебування на цій території (t , год):

$$H_{з.о.} = P \cdot t,$$

де $H_{з.о.}$ – ефективна доза зовнішнього опромінення людини за час t .

Для врахування екранування дози будинками та спорудами вводять коефіцієнт екранування $K_{\text{екр}}$ – співвідношення потужності поглинених доз випромінювання всередині приміщення й поза ним. У розрахунках середніх показників рекомендується приймати $K_{\text{екр}} = 0,4$.

Знаючи потужність поглиненої дози від хмари та ґрунту на різних ділянках території, час перебування на вулиці та в приміщенні, а також коефіцієнти екранування, можна в разі зовнішнього опромінення оцінити поглинену дозу випромінювання для кожної з груп людей.

2.6.1.2. Методика розрахунку дози внутрішнього опромінення людини

Розраховується ризик, пов'язаний із внутрішнім опроміненням при потраплянні радіоактивності з повітрям та/або з їжею і водою.

Частіше за все це здійснюється шляхом моделювання. Для цього використовують прийняті Міжнародним комітетом із радіаційного захисту (МКРЗ) *дозові ціни радіонуклідів (ДЦ)*.

Дозова ціна радіонукліду E (Зв/Бк) – це поглинена доза внаслідок потрапляння радіонукліду активністю 1 Бк до організму людини при диханні (інгаляційний шлях) чи при проковтуванні (травний шлях).

Таблиця 10

**Дозові ціни деяких радіонуклідів
(згідно з публікацією МКРЗ № 60)**

Радіонуклід	Дозова ціна E , Зв/Бк	
	При проковтуванні	При диханні
^{90}Sr	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-7}$
^{95}Zr	$1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-9}$
^{131}Y	$2 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
^{134}Cs	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
^{137}Cs	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
^{141}Ce	$1 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-8}$
^{14}Ce	$1 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-8}$
^{238}Pu	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-5}$
^{241}Pu	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
^{40}K	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$

Як бачимо, для більшості радіонуклідів дозова ціна за інгаляційним шляхом надходження є більшою, ніж за травним шляхом надходження радіонуклідів до організму людини.

При надходженні радіонуклідів до людини інгаляційним шляхом

Розрахунок і оцінка інгаляційної ефективної дози випромінювання потребують знання значень активності радіонукліду у вдихуваному повітрі за весь період життя на забрудненій території чи роботи в умовах забруднення.

Якщо це аварія, то важливо оцінювати активність радіонукліду в повітрі, приміщеннях і на вулиці для різних її етапів. Потрібно також знати об'єм вдихання людиною (дорослим, дитиною) повітря в різних ситуаціях: на роботі, під час відпочинку.

Таблиця 11

**Середня добова кількість повітря,
яку вдихає людина за різних умов**

Умови	Кількість повітря, що вдихається, м ³ /добу				
	чоловік	жінка	дитина 10 років	дитина 1 рік	новонароджений
Стан спокою	3,6 (8)	2,3 (8)	2,3 (8)	1,3 (14)	0,69 (3)
Легка праця	9,6 (8)	9,1 (8)	6,24 (8)	2,5 (10)	0,09 (1)
Проф. діяльність	9,6 (8)	9,1 (8)	6,24 (8)	–	–
Усього на добу	23	21	5	3,8	0,8
У середньому за рік життя	9 200	8 400	6 000	1 520	

Знаючи активність певного радіонукліду i у вдихуваному повітрі протягом року та об'єм його річного надходження інгаляційним шляхом (PH_i), можна визначити ефективну дозу $H_{инг}$:

$$H_{инг,i} = E_i \cdot PH_i$$

Активність радіонуклідів у вдихуваному повітрі можна визначити шляхом прямого вимірювання чи через розрахунки вмісту радіонуклідів у ґрунті й на поверхні доріг, у будинках, враховуючи відповідні коефіцієнти підйому.

При надходженні радіонуклідів до людини пероральним шляхом

Існує кілька шляхів оцінки дози при надходженні радіонуклідів травним шляхом (із їжею, із питною водою).

I метод. Дози випромінювання конкретних осіб можуть бути розраховані за показниками ЛВЛ (лічильник випромінювань людини, реєструє лише гамма-випромінювання). Але цей метод не дає відомостей про активність, наприклад, ^{90}Sr , ^{239}Pu тощо, а активність ^{137}Cs може істотно змінюватися протягом доби.

II метод. Цей метод ґрунтується на середніх оцінках активності радіонуклідів у продуктах харчування людини й у воді, за якими, з огляду на раціон, оцінюють річне надходження радіонуклідів в організм. Ефективна доза обчислюється за формулою:

$$H_x = E_i \cdot PH_i$$

де H_x – індивідуальна річна доза від надходження i -ого радіонукліду до людини пероральним шляхом (харчова доза), Зв/рік; E_i – дозова ціна i -ого радіонукліду в разі проковтування; PH_i – сумарне річне надходження радіонукліду i до організму людини з продуктами харчування, Бк/рік.

Далі здійснюють сумачію ефективних доз від усіх радіонуклідів, що є в продуктах харчування.

III метод. Третій шлях розрахунку використовують, якщо немає регулярних даних про активність радіонуклідів у продуктах харчування й у воді. У цьому випадку за допомогою камерних моделей розраховують активність радіонуклідів у продуктах харчування, виходячи з активності радіонуклідів у забруднених сільсько-господарських угіддях, а за цими показниками – у забруднених м'ясі й молоці. Цей метод малопридатний у випадку оцінки доз для конкретних людей, але цілком виправданий, коли потрібно оцінити середні індивідуальні та колективні еквівалентні дози випромінювання для популяції населення, що мешкає на певній території.

Для оцінки загальної небезпеки радіоекологічної ситуації для великих популяцій введено поняття *колективної еквівалентної дози випромінювання*. Визначення її дуже просте. Усю популяцію населення N , що проживає на забрудненій радіонуклідами території, можна поділити на кілька (k) груп із чисельністю населення в групі N_i , кожна з яких характеризується середньою ефективною дозою випромінювання H_i . Колективна еквівалентна доза випромінювання

для всього населення $H_{кол}$ становить інтегральну суму добутків $N_i \cdot H_i$ у кожній групі k :

$$H_{кол} = \sum_k \sum_i N_{ik} \cdot H_{ik} \text{ (лпю - Зв)}.$$

Зрозуміло, що для малих популяцій цю дозу оцінювати недоцільно. Це поняття використовується для популяції в 1 000 чи 10 000 людей.

2.6.1.3. Методика розрахунку ризику при опроміненні людини

Після обчислення величини дози внутрішнього опромінення H можна розрахувати значення індивідуального радіаційного ризику r за формулою:

$$r = H \cdot r_E,$$

де r_E – коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику.

Цей коефіцієнт характеризує скорочення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на 15 років на один стохастичний випадок смертельного захворювання.

Прийнято такі значення:

$r_E = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ (люд-Зв)}^{-1}$ – при виробничому опроміненні (для персоналу);

$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ (люд-Зв)}^{-1}$ – для населення.

Індивідуальний ризик r не повинен перевищувати 10^{-6} на рік.

Верхня межа допустимого індивідуального радіаційного ризику $5 \cdot 10^{-5}$ на рік. Якщо r перевищує цей рівень, то ризик слід вважати неприпустимим.

Для розрахунку **колективного ризику** потрібно спочатку визначити колективну дозу опромінення: $H_{кол} = N \cdot H \text{ (люд-Зв)}$.

Колективний радіаційний ризик дорівнює: $R = r_E \cdot H_{кол}$. Він указує на кількість випадків прояву стохастичних (соматичних – канцерогенних) і генетичних (спадкових) серйозних, як правило, смертельних захворювань.

2.6.1.4. Приклад розв'язання задач

1. Вода в колодязях регіону аварії на ЧАЕС за цезієм-137 досягає $C = 20$ Бк/л. Розрахувати ризики опромінення населення за таких вихідних умов:

$C = 20$ Бк/л;

$V = 2$ л/добу;

$t = 10$ років;

$E = 1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк;

$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ (люд-Зв)}^{-1}$;

$N = 10^5$.

1. Річне надходження цезію-137 до організму людини складатиме $PH_{Cs-137} = C \cdot V \cdot t = 14,6 \cdot 10^4$ Бк/рік.
2. Індивідуальна ефективна доза: $H_{Cs-137} = E \cdot PH_{Cs-137} = 1,9 \cdot 10^3$ Зв.
3. Індивідуальний ризик за 10 років:
 $r = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ Зв} \times 7,3 \cdot 10^{-2} (\text{люд-Зв})^{-1} = 1,4 \cdot 10^{-4}$.
4. Індивідуальний ризик протягом одного року складе $1,4 \cdot 10^{-5}$.
5. Колективна доза $H_{кол} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ Зв} \times 10^5 \text{ люд} = 190 \text{ люд-Зв}$.
6. За українськими законами, ціна 1 люд-Зв оцінюється в 4 000 \$. Тоді збиток для регіону складе **760 тис. \$** або 6 080 тис. грн. Вартість страхового поліса складе близько **6 080 тис. грн** (60-100 грн на людину на рік).

2.6.1.5. Варіанти розрахункових задач

1. У ряді регіонів України після аварії на ЧАЕС рівень вмісту стронцію-90 може досягати 250 Бк/л. Рівень споживання – 212,4 л на рік. E_{Sr-90} дорівнює $8 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт ризику $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} (\text{люд-Зв})^{-1}$. Розрахувати індивідуальні та колективні ризики для населення регіону чисельністю 10^4 осіб протягом 5 років.

2. У результаті розгерметизації оболонки гамма-дефектоскопа на стапелі збірки корпусу корабля на верфі в повітря потрапив кобальт-60, об'ємна активність якого складала 550 Бк/м³. Протягом 2 днів 1 000 робітників на стапелі (у силу непроведеного моніторингу) дихали цим повітрям. Чому дорівнює ризик роботи в таких умовах?

3. Наявність радону й торону в будівлях міста утворює об'ємну активність радону і торону і складає в середньому 200 Бк/м³ (гранична кількість). Чому відповідає ризик проживання в таких умовах протягом 20 років. $E = 4,3 \cdot 10^{-9}$ Зв/Бк.

4. Коефіцієнт ризику $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} (\text{люд-Зв})^{-1}$. Коефіцієнт перенесення цезію-137 із лісової підстилки у гриби можна вважати 0,5 Бк/кг · м⁻². Середній рівень забруднення лісу на Волині після аварії на ЧАЕС сягає $A = 10$ Кі/км². Розрахувати ризики від уживання грибів по 4 кг на рік протягом 10 років для населення чисельністю 10^5 осіб.

5. Потужність дози зовнішнього опромінення в районі високогір'я може досягати 8 мЗв/рік. Це індивідуальна доза. Розрахувати колективний ризик для 10^6 мешканців цих районів за життя.

$$H_1 = 8 \text{ мЗв/рік} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/рік};$$

$$t = 70 \text{ років};$$

$$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} (\text{люд-Зв})^{-1};$$

$$N = 10^6 \text{ людей.}$$

Доза за життя (70 років) складатиме:

$$H = H_1 \cdot t = 0,56 \text{ Зв за життя};$$

$$H_{кол} = H \cdot N = 5,6 \cdot 10^5 \text{ люд-Зв.}$$

7. За підвищеного вмісту природних радіонуклідів у старих матеріалах цегляного будинку рівень потужності дози гамма-опромінення складає 50 мкР/год або 0,5 мкЗв/год. Розрахувати індивідуальний і колективний ризик, якщо люди (400 осіб) знаходяться в такому будинку 12 годин на добу протягом 300 діб на рік за 15 років.

3. Контрольні питання

1. Обґрунтуйте основні засади концепції прийнятного ризику.
2. Наведіть фактори, які визначають допустимість ризику.
3. Поясніть зміст елементів концепції прийнятного ризику.
4. Охарактеризуйте основні критерії оцінки ризиків.
5. Наведіть основні методи аналізу ризикових ситуацій.
6. Наведіть приклади використання методів оцінки ризику.
7. Визначте порядок кількісної оцінки ризику.
8. Наведіть основні етапи управління ризиком.
9. Охарактеризуйте переваги ПАН.
10. Наведіть методику побудови дерева подій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки) : [навч. посібник] / В. В. Бегун, І. М. Науменко. – К., 2004. – 328 с.
2. Березуцький В. В. Безпека життєдіяльності : [навч. посібник] / В. В. Березуцький, Л. А. Васьковець, Н. П. Вершиніна та ін. ; за ред. проф. В. В. Березуцького. – Х. : Факт, 2005. – 348 с.
3. Берлянд М. Е. Новая методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / М. Е. Берлянд // Бюллетень строительной техники. – 1987. – № 7. – С. 10–12.
4. Григор'єва Л. І. Іонізуюче випромінювання та його вплив на організм людини : [навч. посібник] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін, І. М. Рожков. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили. – 2008. – 137 с.
5. ЕККР-2003. Рекомендации Европейского Комитета по Радиационному Риску. Выявление последствий для здоровья облучения ионизирующей радиацией в малых дозах для целей радиационной защиты / [пер. с англ. Л. П. Рихванова и К. Атахановой] ; под ред. А. В. Яблокова. – М., 2004. – 217 с.
6. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності : [навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти України I-IV рівнів акредитації] / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха ; за ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. – Львів : Піча Ю. В. ; К. : Каравела ; Львів : Новий Світ, 2002. – 328 с.
7. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 г. Генеральной Ассамблее с научными приложениями. Том 1: ИСТОЧНИКИ (часть 1). / [пер. с англ.] ; под ред. акад. РАМН Л. А. Ильина и проф. С. П. Ярмоненко. – М. : РАДЭЖОН – 2002. – 308 с.
8. Калмиков Л. З. Міжнародні основні стандарти радіаційної безпеки: Огляд літератури / Л. З. Калмиков // Український радіологічний журнал. – 1996. – № 4. – С. 365–368.
9. Касьянов М. А. Безпека життєдіяльності : [навчальний посібник] / М. А. Касьянов, Ю. П. Ревенко, В. О. Медяник. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – 284 с.
10. Концепція освіти з напрямку «Безпека життя і діяльності людини» / В. О. Кузнецов, В. В. Мухін, О. Ю. Буров [та ін.] // Інформаційний вісник. Вища освіта. – К. : Вид-во наук.-метод. центру вищої освіти МОНУ, 2001. – № 6. – С. 6–17.

11. Ліпкан В. А. Безпекознавство : [навчальний посібник] / В. А. Ліпкан. – К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2003. – 208 с.
12. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. Серия изданий по безопасности № 115. – Вена : МАГАТЭ, 2003. – 115 с.
13. Михайлюк В. О. Цивільний захист : [навчальний посібник] / В. О. Михайлюк. – Миколаїв : НУК, 2005. – Ч. 1. Соціальна, техногенна і природна безпека. – 136 с.
14. Михайлюк В. О. Цивільна безпека : [навчальний посібник] / В. О. Михайлюк, Б. Д. Халмурадов. – К. : Центр навчальної літератури, 2008. – 158 с.
15. Мохняк С. М. Безпека життєдіяльності : [навчальний посібник] / С. М. Мохняк, О. С. Дацько, О. І. Козій, А. С. Романів. – Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2009. – 264 с.
16. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97/Д-2000). – Київ : МОЗ України, 2000. – 135 с.
17. Осипенко С. І. Організація функціонального навчання у сфері цивільного захисту : [навчальний посібник] / С. І. Осипенко, А. В. Іванов. – К., 2008. – 286 с.
18. Скобло Ю. С. Безпека життєдіяльності : [навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації] / Ю. С. Скобло, Т. Б. Соколовська. – Київ : Кондор, 2003. – 424 с.
19. Черняков О. Г. Медицина катастроф : [навчальний посібник] / О. Г. Черняков, І. В. Кочін. – К. : Здоров'я, 2001. – 348 с.
20. Яким Р. С. Безпека життєдіяльності : [навч. посіб.] / Р. С. Яким. – Львів : Бескид Біт, 2005. – 304 с.
21. Яремко З. М. Безпека життєдіяльності : [навч. посіб.] / З. М. Яремко. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2005. – 301 с.
22. IAEA, 1980. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting. A Safety Guide. IAEA Safety series № 50.
23. IAEA, 1982. Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. Exposures of critical groups. IAEA Safety series № 57.
24. ICRP Publication 60. 1990. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP Vol. 21. – 1990. – № 1–3.
25. ICRP Publication 65 (Annals of the ICRP Vol. 23 № 2) Protection Against Radon-222 at Home and at Work. – Vienna : Pergamon, 1994. – 78 p.

26. ICRP Publication 66. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. – Oxford : Pergamon Press, 1994. – 482 p. (Публикация 66 МКРЗ. Модель респираторного тракта человека для радиологической защиты).
27. ICRP Publication 67. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 2. Ingestion Dose Coefficients. – Oxford : Pergamon Press, 1993. – 166 p. (Публикация 67 МКРЗ. Возраст-зависимые дозы лиц из населения от поступления радионуклидов. – Ч. 2: Дозовые коэффициенты при пероральном поступлении).
28. ICRP Publication 69. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 3. Ingestion Dose Coefficients. – Oxford : Pergamon Press, 1995. – 74 p.
29. ICRP Publication 71. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 4. Inhalation Dose Coefficients. – Oxford : Pergamon Press, 1995.
30. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1988; Report to the General Assembly United Nations publications. Annex D Exposures from the Chernobyl accident, 1988. – P. 309–374.
31. US National Academy of Sciences (1989). Report by the Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation («BEIR V»). National Academy of Sciences/National Research Council, Washington, DC.

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Ранги токсичності речовин

Речовина	Кількість балів	Ранг
Миш'як	1 663	1
Свинець	1 532	2
Ртуть	1 507	3
Вінілхлорид	1 385	4
Поліхлорвінілові біфініли	1 373	5
Бензол	1 356	6
Кадмій	1 319	7
Поліциклічні ароматичні вуглеводні	1 318	8
Бензопірен	1 309	9
Бензофлуорантен	1 265	10
Хлороформ	1 228	11
ДДТ	1 192	12

Таблиця 2

ГДК (ОДК) – орієнтовно допустимі концентрації важких металів у повітрі

Важкі метали	ГДК (ОДК), мг/м ³
Хром (8)	0,0015
Кобальт	0,001
Нікель	0,001
Мідь	0,001
Цинк	0,005
Кадмій	0,0003
Ртуть	0,0003
Свинець	0,0003

Таблиця 3

Максимальна разова та середньодобова ГДК шкідливих речовин у повітрі

Речовина	Максимальна разова ГДК, мг/м ³	Середньодобова ГДК, мг/м ³
Азоту оксид	0,6	0,06
Азоту діоксид	0,085	0,085
Аміак	0,2	0,04
Ацетон	0,35	0,35
Бензол	1,5	0,8
Бензопірен	–	0,0000001
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Ртуть	–	0,0003
Сірководень	0,008	0,008

Закінч. таблиці 3

Сірковуглець	0,03	0,005
Вуглець оксид	5,0	3,0
Фенол	0,01	0,003
Формальдегід	0,035	0,003
Хлор	0,1	0,03

Таблиця 4

ГДК неорганічних речовин у питній воді

Речовина	ГДК, мг/л	Речовина	ГДК, мг/л
Алюміній	0,5	Миш'як	0,05
Барій	0,1	Нікель	0,1
Берилій	0,0002	Нітрати	45
Залізо	0,3	Свинець	0,03
Кадмій	0,001	Селен	0,01
Марганець	0,1	Стронцій	7,0
Мідь	1,0	Хром (6)	0,05
Молібден	0,25	Цинк	5,0

Таблиця 5

ГДК органічних речовин у питній воді

Речовина	ГДК, мг/л
Фенол	0,001
Діхлорфенол	0,002
Трихлорфенол	0,004
Пентахлорфенол	0,01
Трихлоретилен	0,07
Чотирьоххлористий вуглець	0,006
ДДТ (сума ізомерів)	0,002

Таблиця 6

Допустима середньодобова доза (ДСД), мг/кг на добу

Речовина	Допустима середньодобова доза (ДСД), мг/кг на добу
Хром	0,016
Марганець	0,2
Залізо	1,0
Кобальт	0,2
Нікель	0,005
Мідь	0,5
Цинк	1,25
Миш'як	0,002
Селен	0,0026
Кадмій	0,001
Сурма	0,0008
Барій	0,25
Ртуть	0,0033
Свинець	0,0035

Таблиця 7

**Біохімічні показники стану екосистеми
з утримання важких металів у сухій масі рослин**

Показники	I	II	III	IV
Мідь, мг/кг	10-20	30-70	80-100	> 100
Цинк, мг/кг	–	30-60	60-100	> 100
Молібден, мг/кг	2-3	3-10	10-50	> 50
Кобальт, мг/кг	–	0,3-1,0	1-5	> 5
Нікель, хром, кадмій, ртуть, свинець, миш'як, сурма	1-1,5	2-4	5-10	> 10

Таблиця 8

**Санітарно-гігієнічні нормативи вмісту ВМ і миш'яку
в продовольчій сировині та харчових продуктах, мг/кг**

Продукти харчування	Мідь	Цинк	Кадмій	Ртуть	Свинець	Миш'як
Крупи, хлоп'я	10	50	0,1	0,03	0,5	0,2
Насіння бобових (горох, квасоля)	10	50	0,1	0,02	0,5	0,3
Хліб	2	35	0,07	0,01	0,35	0,15
Овочі	5	10	0,03	0,02	0,5	0,2
Риба	10	40		0,5	1,0	1,0
Гриби	10	20	0,1	0,05		0,5
М'ясо	5	70	0,05	0,03	0,5	0,1
Птиця	5	50	0,01	0,02	0,3	0,1
Яйця	3	50	0,01	0,02	0,3	0,1
Молоко і молокопродукти	1	5	0,03	0,005	0,1	0,05
Сахар	2		0,05	0,01	0,5	1,0
Масло, олія			0,05	0,03	0,1	0,1

Таблиця 9

ГДК деяких хімічних елементів у ґрунті, мг/кг

Хімічні елементи	ГДК, (мг/кг)
Кобальт	5
Мідь	3
Миш'як	2
Кадмій	2
Нікель	4
Ртуть	2
Свинець	6
Сурма	5
Фтор	3
Цинк	23
Хром (6)	6

Таблиця 10

**Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr
у продуктах харчування та воді (ДР-2006) в Україні, Бк/кг(л)**

Назва продукту	^{137}Cs	^{90}Sr
М'ясо та м'ясопродукти	150	15
М'ясо диких тварин	200	20
Яйця	100	30
Молоко та молокопродукти	100	20
Риба та морепродукти	100	30
Хліб і хлібопродукти	20	5
Сахар	50	10
Овочі	30	20
Фрукти та ягоди (свіжі)	30	10
Сухофрукти	150	30
Гриби та ягоди (свіжі)	500	25
Гриби та ягоди (сушені)	2 500	120
Насіння	20	5
Чай	120	50
Вода та напої	2	2
Лікарські трави	120	50
Табак	120	50
Сіль	20	5
Мед	20	5
Інші продукти	120	50
Продукти дитячого харчування	40	5

**Людмила Іванівна Григор'єва
Юрій Андрійович Томілін
Анна Миколаївна Огородник**

РИЗИК У БЕЗПЕЦІ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ: ОЦІНКА Й УПРАВЛІННЯ

**Методичні рекомендації
до самостійної роботи та виконання
індивідуальних розрахункових робіт**

Випуск 214

Редактор, технічний редактор *С. Куришко*. Комп'ютерна верстка *А. Іщенко*.
Друк *О. Мішалкіна*. Фальцювальньо-палітурні роботи *Ю. Шаповалова*.

Підп. до друку 19.12.2013 р.
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Умовн. друк. арк. 3,02. Обл.-вид. арк. 2,2.
Тираж 100 пр. Зам. № 4312.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десанників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chdu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.