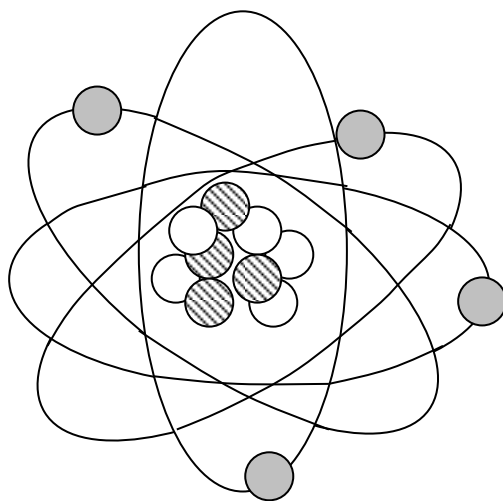


ЛЯЛЮК О.Г.

ОСНОВИ РАДІОЕКОЛОГІЇ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О.Г. Лялюк

ОСНОВИ РАДІОЕКОЛОГІЇ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 070800 “Екологія”. Протокол № 6 від 27 січня 2005 р.

Вінниця ВНТУ 2005

УДК 658.5

Л 97

Рецензенти

В.Г. Петрук, доктор технічних наук, професор

А. Ф. Пономарчук, доктор технічних наук, професор

О. В. Ковальчук, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Лялюк О.Г.

Л 97 **Основи радіоекології**. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2005. - 123 с.

В посібнику висвітлено основні концепції, поняття, проблеми та питання сучасної радіоекології. Розглянуті характерні особливості різних джерел радіації та їх вплив на навколишнє середовище, принципи побудови системи якості та радіаційного контролю. Даються аналіз та рекомендації щодо зменшення радіаційної небезпеки та оцінювання ефективності їх впровадження.

УДК 658.5

© О.Г. Лялюк, 2005

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1 ОСНОВНІ АСПЕКТИ РАДІОЕКОЛОГІЇ	6
1.1 Історія радіоекології	6
1.2 Радіоактивний розпад ядер	10
1.3 Дози радіаційного опромінення та їх одиниці вимірювання	14
2 ДЖЕРЕЛА ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ	18
2.1 Природні джерела радіації	19
2.1.1 Фізична характеристика радону-222	21
2.1.2 Результати дослідження опромінювання від радону-222 на Україні	26
2.2 Джерела, що створені людиною	29
2.2.1 Джерела, що використовуються в медицині	29
2.2.2 Ядерні вибухи	31
2.2.3 Атомна енергетика	36
2.2.4 Професійне опромінення	41
2.3 Інші джерела опромінення	42
2.4 Дія радіації на людину	42
2.4.1 Механізм біологічної дії іонізуючого випромінювання	43
2.4.2 Допустимі рівні радіації та можливі наслідки опромінення людей	44
3 СИСТЕМА НОРМ ТА ПРАВИЛ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ	52
3.1 Принципи побудови системи якості та радіаційного контролю	52
3.2 Основні закони та типові нормативні документи з радіаційної безпеки, що діють на Україні	56
3.3 Регламентовані радіаційні параметри	57
3.3.1 Визначення потужності поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання	57
3.3.2 Вимірювання ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах	61
3.3.3 Методики дослідження еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі приміщень	64
4 ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ	72
4.1 Види екологічних карт	72
4.2 Екологічний моніторинг	74
5 ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ВІД РАДІАЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ	85
5.1 Основні завдання і напрямки роботи санітарно-епідеміологіч-	

ної служби України в галузі радіаційної гігієни.....	85
5.2 Сучасні методи та засоби зменшення радонової компоненти радіаційної небезпеки.....	87
5.3 Оцінювання ефективності впровадження організаційно-техно- логічних протирадіаційних заходів.....	95
5.4 Заходи захисту населення від аварій на атомних електростан- ціях та радіаційних опадів.....	99
5.5 Проблема утилізації радіоактивних відходів.....	109
Тести.....	116
Література.....	121

ПЕРЕДМОВА

Україна належить до країн з дуже розвинутим використанням джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності. На даний час існує близько 8 тисяч підприємств та організацій (тільки по місту Києву їх близько 400), які використовують понад 100 тисяч ДІВ. Через існування великої кількості штучних і природних джерел іонізуючого випромінювання та в результаті Чорнобильської катастрофи в Україні склалася дуже складна радіоекологічна ситуація, яка викликає необхідність створення системи заходів радіаційного захисту населення та навколишнього середовища.

В систему таких заходів мають входити: основи законодавства, державне регулювання ядерної та радіаційної безпеки, державні програми мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи, норми поведінки з радіоактивними відходами та підвищення безпеки атомних станцій, система соціального захисту населення. Основні ці питання вирішує нова наука – радіоекологія.

Радіоекологія – це наука, яка вивчає природний радіоактивний фон, характер антропогенних радіоактивних забруднень геосфер, продуктів харчування, організм людини, дослідження ефектів і встановлення нормативів іонізуючого опромінення.

Нині захист людини та живої складової біосфери від радіоактивного опромінення в зв'язку із зростаючим радіоактивним забрудненням планети став однією з найактуальніших проблем екологічної науки. **Основне завдання радіоекології** - ліквідувати дефіцит знань про природу та вплив радіації на біоту, послабити шкоду від радіофобії там, де вона виникає необґрунтовано, без об'єктивних причин, а також застерігати від дійсної небезпеки, обґрунтувати захисні заходи. Адже радіація - це невід'ємний елемент нашого буття, один з багатьох факторів навколишнього середовища. Наше життя зароджувалось в "радіоактивній колисці". Всі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного фону й пристосовувалися до нього. Але штучно створені радіоактивні речовини, ядерні реактори, устаткування сконцентрували неznані раніше в природі обсяги іонізуючого випромінювання, до чого природа виявилася непристосованою.

В навчальному посібнику наведені вимоги нормативних актів, що регламентують правила зниження рівнів іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. В сконцентрованому вигляді викладені основні положення щодо оцінювання радіаційної небезпеки та особливості радіаційного фактора при будівництві і здачі житла в експлуатацію. При викладені матеріалу навчального посібника

використані результати наукових досліджень автора з питань моніторингу радононебезпеки та оптимізації організаційно-технологічних заходів з метою зниження радіаційної небезпеки в будівництві та інші відкриті джерела наукових знань.

1 ОСНОВНІ АСПЕКТИ РАДІОЕКОЛОГІЇ

1.1. Історія радіоекології

Наймолодшим серед новітніх розділів загальної екології є, мабуть, радіоекологія, активний розвиток якої розпочався, практично, після страшної чорнобильської катастрофи, яка стривожила весь світ .

Коли ядерне лихо спіткало влітку 1945 р. Хіросіму та Нагасакі, жахливі наслідки атомного бомбардування та першого в історії людства вибуху такої сили теж привернули увагу й викликали занепокоєння майже всього людства. Але тоді на фоні трагедії другої світової війни та через недостатню інформованість й відсутність знань про можливі наслідки радіоактивних забруднень і пошкоджень біосфери людство ще не могло об'єктивно оцінити всю серйозність цієї проблеми. Навпаки, під тиском мілітаристичних сил у розвинених країнах небаченими темпами почали нарощувати арсенал ядерної зброї, намагаючись досягти якнайбільшої руйнівної сили.

Але вже через 10-15 років почали розуміти всю недалекоглядність такої політики, зростання загрози світової катастрофи в результаті ядерної війни. Були зроблені перші розрахунки можливих змін екосистем регіонального масштабу, величезних втрат не лише державного, а й світового масштабу. Уже в цей час з'явилися перші застереження. З 70-х років нашого століття широкі маси громадськості почали активно включатися в боротьбу за роззброєння, мирне співіснування держав з різним соціально-політичним ладом.

Вивчення радіоактивності розпочалося з 1893 р., а її згубного впливу як компоненти ядерної зброї – з 1945 р. [2]. Широкомасштабні дослідження з метою визначення глобального впливу на біосферу антропогенної радіації, ядерної зброї, відходів від її виробництва, діючих АЕС, аварій на них, а також прогнозування розвитку атомної енергетики на далеку перспективу, були започатковані в 1986 р.

Сьогодні захист організму людини та живої складової біосфери від радіоактивного опромінення в зв'язку із зростаючим радіоактивним забрудненням планети став однією з найактуальніших проблем екологічної науки. Сформувалася й викладається нова дисципліна – радіоекологія. Видаються численні праці з радіоекології. Основне завдання - ліквідувати дефіцит знань про природу та вплив радіації на біосферу, послабити шкоду від радіофобії там, де вона виникає необґрунтовано, без об'єктивних причин, а також застерегти від дійсної небезпеки, обґрунтувати захисні заходи.

Радіаційна екологія займається радіоактивними забрудненнями навколишнього середовища та прогнозуванням наслідків його впливу на екосистеми Землі. Існує два різних аспекти у розвитку цього напрямку екології:

- 1) вивчення впливу радіоактивного випромінювання на людей, популяцій тваринного світу та їх угруповання;
- 2) виявлення частки радіоактивних ізотопів, які потрапили в екосистеми, і вивчення механізмів, за допомогою яких угруповання і екосистеми регулюють розподіл радіоактивності.

***Радіоекологія** – це наука, яка вивчає природний радіоактивний фон; властивості антропогенних радіоактивних забруднень геосфери й продуктів харчування; дії радіаційного випромінювання на організм людини; дослідження ефектів і встановлення нормативів оцінювання дії іонізуючого опромінення.*

Радіація – це невід’ємний елемент нашого буття, один з багатьох факторів навколишнього середовища. Наше життя зароджувалося в „радіоактивній колісці”. Всі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного фону й пристосувалися до нього.

Іонізуюче випромінювання супроводжувало і Великий вибух, з якого за деякими припущеннями, розпочалось існування нашого Всесвіту біля 20 мільярдів років тому. З того часу радіація постійно наповнює космічний простір. Радіоактивні речовини входять до складу поверхні Землі із самого її народження. Навіть в організмі людини є певна кількість радіоактивних речовин, так-само як в будь-яких інших живих організмах. З часу відкриття цього універсального фундаментального явища уже пройшло більше сто років.

Основні відкриття в області радіоактивності були зроблені Антуаном Беккерелем та подружжям Кюрі.

Антуан Беккерель - французький фізик, народився 15 грудня 1852 року в Парижі; вчився в ліцеї, потім у Політехнічній школі, після закінчення якої певний час працював інженером. У 1888 році захистив докторську дисертацію і вів разом з батьком різноманітну науково-дослідну роботу. В 1889 році був обраний в Паризьку академію наук.

З 1896 року Беккерель вивчав властивості різних речовин, в тому числі і солей урану; відкрив невідоме випромінювання, притаманне самій урановій солі. Це явище самочинного випромінювання солями урану променів особливої природи було названо радіоактивністю.

Рентгенівське випромінювання вперше було отримане в 1895 році німецьким фізиком Рентгеном при зштовхуванні швидких електронів зі

скляною стінкою газорозрядної трубки. Одночасно спостерігалось різнокольорове світіння стінок трубки.

Беккерель довгий час досліджував споріднене явище-світіння речовин, попередньо опромінених сонячним світлом. До таких речовин також належали солі урану.

У Беккереля уже в цей час не раз виникало питання, а чи не з'являються після опромінення солей урану видимим світлом і рентгенівські промені? Беккерель загорнув фотопластинку в чорний папір, поклав зверху крупинки уранової солі і виставив на яскраве сонячне світло. Після проявлення було встановлено, що фотопластинка почорніла в тих ділянках, де лежала уранова сіль. Отже, уран створював якесь випромінювання, яке, подібно до рентгенівського, пронизує непрозорі тіла і діє на фотопластинку. Беккерель думав, що це випромінювання виникає під впливом сонячного світла. Але одного разу провести черговий дослід йому не вдалося через похмуру погоду. Беккерель прибрав фотопластинку в шухляду стола, поклавши на неї зверху мідний хрест, вкритий сіллю урану. Проявивши випадково фотопластинку через кілька днів, він виявив на ній почорніння у формі хреста. Це означало, що солі урану самочинно, без впливу зовнішніх факторів, створюють якесь випромінювання.

Незабаром Беккерель виявив, що випромінювання уранових солей іонізує повітря, подібно до рентгенівського випромінювання і розряджає електроскоп. Випробувавши різні хімічні сполуки урану, він встановив дуже важливий факт: інтенсивність випромінювання визначається лише кількістю урану в препараті і зовсім не залежить від того, в які сполуки він входить. Отже, ця властивість притаманна не сполукам, а хімічному елементу урану, його атомам.

Пропускаючи бета-промені (електронний газ) через взаємно перпендикулярні електричне й магнітне поля, Беккерель перший виміряв відношення заряду бета-частинки до її маси і встановив, що воно такого ж порядку, як і для частинок катодних променів (1900 р.).

За відкриття явища природної радіоактивності урану Беккерель в 1903 році був удостоєний Нобелівської премії.

Подружжя П'єр Кюрі й Марія Складовська-Кюрі здійснили найважливіше відкриття сучасної науки – ними був відкритий новий хімічний елемент радій. Марія Кюрі, в умовах дуже бідної і погано оснащеної лабораторії, намагалася виміряти іонізуючу дію випромінювання урану. Ці дослідження привели до відкриття явища, яке згодом було назване „радіоактивністю”. Подружжям Кюрі було відкрито новий хімічний елемент, який вони назвали „полонієм”. Трохи згодом ними ж в урановій руді був виявлений ще один новий радіоактивний елемент, який був названий „радієм” (променистий). Перед вченими постала нова мета - добути чистий радій. Через чотири роки, піддавши хімічний обробці біля 10 тонн уранової руди, їм вдалося одержати один грам чистого радію і визначити його відносну атомну масу-225.

Радій отримав офіційне визнання. Подружжя Кюрі не стали патентувати свої винаходи, а, навпаки, оголосили відкритими результати своїх досліджень, і методи добування радію. Вони хотіли, щоб новий хімічний елемент був доступний людству, оскільки було відкрито його здатність лікувати ракові захворювання.

Перший грам радію стає найдорожчою речовиною у всьому світі, на той час він коштував сімсот п'ятдесят тисяч франків золотом.

В грудні 1903 року подружжя Кюрі отримало Нобелівську премію за відкриття радіоактивності.

Після смерті свого чоловіка в квітні 1906 року Марія Кюрі сама продовжує дослідження в цій області. І в 1911 році отримує ще одну Нобелівську премію - цього разу з хімії. За одержані кошти вона відкриває Інститут радію в Варшаві як науковий центр вивчення і лікування раку.

До останньої хвилини свого життя Марія Складовська-Кюрі боролася з хворобою, яка була наслідком відкритого нею радію. Піднесений до лічильника Гейгера листок з блокнота П'єра Кюрі навіть через 55 років після того, як в ньому був зроблений останній запис, був такий радіоактивний, що рівний спочатку гул пристрою змінився шумом, майже грохотом.

Звичайно, після смерті Антуана Беккереля і Марії Складовської-Кюрі дослідження вчених стосовно вивчення радіоактивності не припинились. Уже пізніше була встановлена природа радіоактивного випромінювання, але внесок цих вчених в світову науку безцінний.

В 1899 році співробітник М. Кюрі А. Деб'єрн відкрив у відходах уранових руд новий радіоактивний елемент – актиній. В 1900 році німецький хімік Е. Дорн повідомив про відкриття ним нового газоподібного радіоактивного елемента, що виділяється з препаратів радію. Він назвав цей елемент радоном. В тому ж році в Англії Е. Резерфорд та Р. Оуєнс встановили, що торій виділяє радіоактивний газ, який вони назвали еманацією (торон).

Беккерель один із перших зіткнувся з неприємними властивостями радіоактивного випромінювання: це дія його на живий організм. Беккерель поклав пробірку з радієм у кишеню і отримав опіки шкіри. Марія Кюрі померла від раку крові. Ще сотні фізиків і хіміків, які працювали з радіоактивними матеріалами, померли в результаті опромінення.

Незважаючи на це, невелика група талановитих вчених направила свої зусилля на розгадку проблеми радіоактивності. На жаль, результати їх досліджень були в першу чергу втілені не на користь людства, а на побудову першої атомної бомби в 1945 році. Але практичне застосування цих пошуків з'явилося трохи пізніше, — в 1954 році була побудована та запущена в дію перша в світі атомна електростанція (м. Обнінськ Московської області).

З моменту відкриття рентгенівських променів вони широко використовувались в медицині.

1.2 Радіоактивний розпад ядер

Головним об'єктом дослідження вчених став атом – його будова. Нам зараз відомо, що атом схожий на Сонячну систему в мініатюрі: біля маленького ядра рухаються по “орбітах” – електрони (рис.1.1). Маса електрона дорівнює $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

Розміри ядра не перевищують 10^{-15} м, а його густина дуже велика, ($\rho=1,6 \cdot 10^{18}$ кг/м³) оскільки маса ядра майже дорівнює масі атома.

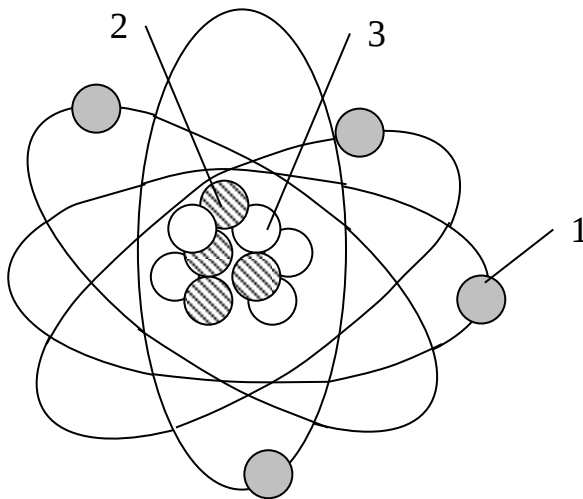


Рисунок 1.1 – Будова атома:

- 1 – електрон,
- 2 – протон,
- 3 – нейтрон.

Ядро складається з протонів та нейтронів. Їх число дорівнює масовому числу атома.

Протони - частинки, які мають позитивний заряд.

Кількість протонів у ядрі визначає, до якого хімічного елемента відноситься даний атом: ядро атома водню містить один протон, атом кисню – 8, урану – 92. В кожному атомі кількість електронів на зовнішніх енергетичних рівнях дорівнює кількості протонів у ядрі, кожний електрон несе негативний заряд, який за абсолютною величиною дорівнює заряду протона. Тому в цілому атом електрично-нейтральний. В ядрі присутні також нейтрони. Їх число дорівнює різниці масового числа атома і порядкового номера.

Нейтрони – нейтральні частинки.

Ядра атомів одного і того ж елемента завжди містять однакову кількість протонів, але кількість нейтронів в них може бути різною.

Атоми, які мають ядра з однаковою кількістю протонів, але відрізняються за кількістю нейтронів, називаються **ізопами** даного елемента.

Щоб відрізнити їх, до символу елемента дописують число, яке дорівнює сумі усіх частинок у ядрі даного ізопа. Так, уран – 238 містить 92 протони і 146 нейтронів; в урані – 235 теж 92 протони, але 143 нейтрони. Ядра усіх ізопаів хімічних елементів створюють **групу нуклідів**.

Вид випромінювання	Нуклід	Період напіврозпаду
--------------------	--------	---------------------



Рисунок 1.2 – Радіоактивний розпад сімейства урану-238

Деякі нукліди стабільні, тобто при відсутності зовнішньої дії ніколи не перетворюються в інші нукліди.

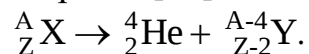
Але більшість нуклідів нестабільні, вони весь час перетворюються в інші нукліди. Так із урану – 238 самочинно випромінюється стабільна елементарна частинка, яка складається з двох протонів і двох нейтронів (α - частинка) і він перетворюється в торій – 234, який містить 90 протонів, 144 нейтрони (рис.1.2). При кожному акті розпаду звільняється енергія, яка передається далі у вигляді випромінювання.

Важливе екологічне значення мають три види іонізуючого випромінювання ядер атомів – корпускулярне (альфа- і бета-частинки) і електромагнітне – гамма-випромінювання. Ці види випромінювання пов'язані з процесами, які відбуваються в ядрах атомів.

Рентгенівське випромінювання є наслідком переходу електронів з одних енергетичних рівнів на інші в оболонках атомів. **Корпускулярне випромінювання** складається з потоку атомних і субатомних частинок, які передають енергію всьому, з чим вони стикаються.

***Альфа-випромінювання** – це самочинне випускання ядрами надзвичайно стійких частинок, які складаються з двох протонів і двох нейтронів.*

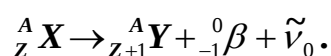
Альфа-частинки є ядрами атомів гелію, вони відносно великі і важкі, і тому легко гальмуються речовиною. Під час α -розпаду в радіоактивних ядрах відбувається такі перетворення[32]:



Дочірні ядра, які утворюються після α -розпаду, перебувають в збудженому стані, який завжди закінчується вивільненням надлишкової енергії у вигляді одного або кількох γ -квантів

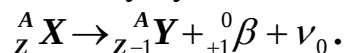
***Бета-випромінювання** – це самочинне випромінювання ядрами деяких атомів легких заряджених частинок – електронів або позитронів.*

Якщо в ядрах деяких хімічних елементів число нейтронів в певній мірі перевищує число протонів, то такі ядра здатні самочинно розпадатись з виділенням від'ємно заряджених бета-частинок – електронів. При цьому в ядрі один із нейтронів перетворюється в протон з виділенням електрона і антинейтрино. Правило зміщення для електронного розпаду має вигляд



В збуджених ядрах можливий процес, коли один із протонів одержить від інших нуклонів ядра деякий надлишок енергії і зможе

здійснити перетворення в нейтрон. При цьому з таких збуджених ядер випромінюються позитрони — позитивно заряджені електрони і нейтрино. Правило зміщення в цьому випадку буде мати вигляд



Часто дочірні ядра, які утворилися при радіоактивному випромінюванні материнськими ядрами α -частинок або тих чи інших β -частинок, залишаються досить збудженими і здатні випромінювати порції чистої енергії, яка називається **γ -випромінюванням**. Гамма — випромінювання — це різновидність електромагнітного випромінювання, яке має таку ж природу, що і видиме світло. Але енергія гамма-квантів набагато більша за енергію фотонів світла. Ці кванти мають велику проникну здатність. Гамма-радіація — єдина з трьох типів радіації (альфа-, бета-випромінювання), яка здатна опромінювати організм ззовні.

*Весь процес самочинного розпаду нестабільного нукліду називається **радіоактивним розпадом**, а сам нуклід — **радіонуклідом**.*

Радіоактивними є всі хімічні елементи з атомними номерами понад 83, решта елементів можуть мати радіоактивні ізотопи [26]. Проведені дослідження з радіоактивними речовинами показали, що жодні зовнішні впливи не можуть змінити характеру та швидкості розпаду. Із плином часу кількість радіоактивних ядер зменшується за **законом радіоактивного розпаду**:

$$N_{(t)} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (1.2)$$

де N_0 — кількість ядер у початковий момент часу ($t_0 = 0$); $N_{(t)}$ — число ядер, які ще не розпалися на момент часу t ; λ — стала радіоактивного розпаду, характеризує радіоактивні властивості того чи іншого нукліду; e — основа натурального логарифму.

*Час, за який розпадається в середньому половина всіх ядер радіонукліду даного типу в будь-якому радіоактивному джерелі, називається **періодом піврозпаду**.*

Цей процес продовжується безупинно. За час, який дорівнює одному періоду піврозпаду, із N ядер залишиться $N/2$. Далше ще через один період піврозпаду залишається $N/4$, і т. д..

Кількість розпадів в секунду в радіоактивному зразку називається його активністю. Одиницею вимірювання активності (в системі СІ) є беккерель. Один беккерель дорівнює одному розпаду за одну секунду.

Різні види випромінювання супроводжуються звільненням різної кількості енергії, і мають різну проникну здатність, тому вони здійснюють

неоднаковий вплив на тканини живого організму. Альфа-випромінювання, яке є потоком важких заряджених частинок, затримується аркушем паперу та практично не може проникнути через зовнішній шар шкіри. Тому вони не створюють небезпеки, поки радіоактивна речовина не попаде в організм через відкриту рану або з повітрям при диханні. Гальмування альфа-частинок біологічною тканиною викликає сильну локальну іонізацію.

Бета-випромінювання має більшу проникну здатність: проникає в біологічну тканину на 1 – 2 см. Бета-частинки віддають енергію протягом всього свого пробігу в речовині.

Проникна здатність γ - випромінювання, яке розповсюджується зі швидкістю, близькою до швидкості світла, дуже велика. Інтенсивність гамма-випромінювання можна в значній мірі ослабити за допомогою товстої свинцевої або бетонної плити. Гамма-промені легко проникають крізь організм, не виявляючи ніякого впливу, або навпаки, взаємодіючи з біологічною тканиною, іонізують її. Кожний окремий гамма-квант здатний на своєму шляху створювати не більше однієї – трьох іонізацій, після чого він перестає існувати. Це залежить від енергії гамма-квантів, їх числа і відстані організму від джерела випромінювання.

1.3 Дози радіаційного опромінення та одиниці їх вимірювання

Пошкоджень клітин організму від дії різних видів випромінювання, буде тим більше, чим більше енергії воно передасть тканинам. Кількість такої переданої організму енергії називається **дозою**. Доза опромінювання характеризує ступінь іонізації речовини: чим більша доза, тим вища ступінь іонізації. Тому саме доза випромінювань є мірою руйнівної дії радіоактивних випромінювань на організм. Одна і та ж доза може накопичуватися за різний час, і біологічний ефект залежить не тільки від дози, а й від часу її накопичення. Чим швидше отримана доза, тим більша її руйнівна дія.

Дозу можна розраховувати по різному, з урахуванням того, який розмір опроміненої ділянки, і де вона розташована; одна людина або декілька людей опромінюються і протягом якого часу відбувається цей процес.

***Поглинена доза** - кількість енергії випромінювання, яка поглинена одиницею маси опроміненого тіла, вимірюється в системі СІ в грях (Гр.).*

Але ця величина не враховує того, що при однаковій поглиненій дозі α - випромінювання більш небезпечніше за β - випромінювання та γ – випромінювання.

Якщо прийняти до уваги той факт, що дозу слід помножити на коефіцієнт якості, який відображає здатність випромінювання даного виду

пошкоджувати тканини організму: α - випромінювання вважається при цьому в 20 разів більш небезпечно за інші види випромінювань. Перераховану таким чином дозу називають еквівалентною дозою.

Еквівалентна доза – це поглинена доза помножена на коефіцієнт якості, який відображає здатність даного виду випромінювання пошкоджувати тканини організму. Вимірюють еквівалентну дозу у системі СІ в одиницях, які називаються зівертами (Зв).

Слід враховувати, що одні частини тіла (органи, тканини) більш чутливі, ніж інші: наприклад, при однаковій еквівалентній дозі опромінення, виникнення раку легенів більш імовірно, ніж щитовидної залози. Тому дози опромінення органів і тканин слід враховувати з різними коефіцієнтами (дивись розділ 2.4). Помноживши еквівалентну дозу на відповідний коефіцієнти якості та підсумувавши по усіх органах і тканинах, отримаємо ефективну еквівалентну дозу, яка відображає сумарний ефект опромінення для організму.

Ефективна еквівалентна доза - це еквівалентна доза помножена на коефіцієнт якості, який враховує різну чутливість різних тканин живого організму до опромінення (Зв).

Ці три поняття описують тільки індивідуально отримані дози. Підсумувавши індивідуальні ефективні дози, які отримані групою людей, ми отримаємо колективну ефективну еквівалентну дозу.

Колективна ефективна еквівалентна доза – це ефективна еквівалентна доза, яка отримана групою людей від будь-якого джерела радіації, вимірюється у системі СІ в людино-зівертах (люд-Зв).

Оскільки багато радіонуклідів розпадаються повільно і залишаються радіоактивними, тому вводиться ще одне означення, яке враховує цю властивість радіонуклідів.

Повна колективна ефективна еквівалентна доза – це колективна ефективна еквівалентна доза, яку отримає покоління людей від будь-якого джерела за весь період часу його майбутнього існування, вимірюється у люд-Зв.

Для вимірювання рентгенівських та гамма-випромінювань застосовують експозиційну дозу.

Експозиційна доза – це доза випромінювання, яка характеризує іонізаційний ефект рентгенівського та гамма-випромінювань у повітрі.

Саме її вимірюють дозиметричними приладами. Вона характеризує джерело і радіоактивне поле, яке воно створює. Це потенційна небезпека

опромінення. Людина може увійти в це поле і опромінитися, але може і не увійти і не опромінитися. Але поле з певною дозою випромінювання залишається. Одиниці вимірювання цієї дози та інших наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Одиниці вимірювання іонізуючих випромінювань

Фізичні величини та їх символи	У системі СІ	Позасистемні	Співвідношення між одиницями
Активність, А	Бк (беккерель)	Ки (кюрі)	1 Бк = 1 розпад за 1 с 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
Поглинена доза, Д	Гр (грей)	Рад (рад)	1 Гр = 100 рад 1 Гр = 1 Дж/кг = $1 \text{ м}^2/\text{с}^2$ 1 рад = 0,01 Гр
Еквівалентна доза, Н	Зв (зіверт)	Бер (бер)	1 Зв = 100 Бер = 1 Дж/кг = 1 Гр 1 Бер = 10^{-2} Зв = 10^{-2} Гр = 1 рад
Експозиційна доза, Х	Кл/кг (кулон на кілограм)	Р (рентген)	1 Кл/кг = $3,77 \cdot 10^3$ Р; 1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг

Рівень радіації (потужність дози) характеризує інтенсивність випромінювання (як правило – гамма-випромінювання). Це доза, утворена за одиницю часу, характеризує швидкість накопичення дози. Вимірюється в рентгенах за годину (Р/год). Чим більший рівень радіації (фон), тим менше часу повинна знаходитися людина в забрудненій території, щоб отримана нею доза опромінення не перевищувала допустиму. Природний фон на Землі коливається в широких межах (в районі Алтайських гір він у 10 – 20 разів вищий, ніж в м. Києві) [2]. Ступінь забруднення радіоактивними речовинами характеризується щільністю забруднення, яка вимірюється кількістю радіоактивних розпадів атомів за одиницю часу на одиницю поверхні, в одиниці маси або об'єму, тобто одиницями питомої активності.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Дайте означення поняття „радіоекологія”.
2. В які роки і що спонукало виникнення нової науки радіаційної екології?
3. Які вчені займалися дослідженнями радіоактивних явищ і який їх основний внесок в розвиток науки про радіоактивність?
4. Охарактеризуйте будову атома.
5. Охарактеризуйте радіоактивний розпад нестабільних нуклідів.
6. Дайте означення та поясніть основні властивості альфа-, бета- та гамма-випромінювання.
7. Охарактеризуйте різні види корпускулярного випромінювання.
8. Поясніть суть закону радіоактивного розпаду.
9. Що таке доза опромінення?
10. Що таке поглинена доза та які одиниці її вимірювання?
11. Як розраховується еквівалентна доза і в яких одиницях вона вимірюється?
12. Дайте означення ефективної еквівалентної дози, колективної ефективної еквівалентної дози та повної колективної ефективної еквівалентної дози.
13. Яку дозу застосовують для характеристики рентгенівського та гамма-випромінювань?

2 ДЖЕРЕЛА ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

В результаті дії іонізуючого випромінювання на організм людини в тканинах виникають складні фізичні, хімічні та біологічні процеси, які в залежності від дози опромінення та терміну їх дії можуть мати позитивний або негативний вплив. Для того, щоб зменшити ризик для здоров'я людини, необхідно, в першу чергу, визначити величину всіх можливих джерел випромінювання та їх відносний внесок у сумарну дозу опромінення населення. На рис. 2.1 подана класифікація основних джерел опромінення населення[18].



Рисунок 2.1 - Основні джерела опромінення населення

2.1 Природні джерела радіації

До середини ХХ ст. основним джерелом іонізаційного випромінювання були природні джерела — гірські породи, космос (рис. 2.2). Але й тоді рівні земної радіації в різних регіонах різнилися, досягаючи максимальних значень у районах родовищ уранових руд, радіоактивних сланців, фосфоритів або кристалічних порід, торієвих пісків, радонових мінеральних джерел (Індія — штати Керала та Тамілнад, Бразилія — штати Ріо-де-Жанейро, Еспіріту-Санту, Іран — район Размар, Канада, Чехія та Словаччина, ПАР, Нігерія та ін.[2]. Відомі такі аномальні райони й у нас на Україні — Хмельник, Миронівка, Жовті Води. В цих місцях рівні природного радіоактивного фону в десятки й більше разів вищі, ніж у інших. Такий підвищений радіаційний фон справляє негативний вплив на населення. Це проявилось в значному підвищенні кількості хворих з синдромом Дауна, іншими патологічними проявами, зокрема раковими пухлинами.

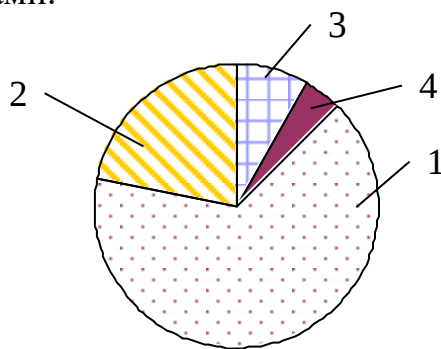


Рисунок 2.2 – Джерела радіації та спричинена ними доза опромінення: 1- природні;

2 – ті, що використовуються в медицині, 0,4 мЗв;

3 – радіаційні опади, 0,02 мЗв;

4 – атомна енергетика, 0,001 мЗв.

Більшість природних джерел такі, що уникнути опромінення від них неможливо. Людина підпадає під опромінення двома шляхами. Радіоактивні речовини можуть знаходитись зовні організму і опромінювати його ззовні – це **зовнішнє опромінення**.

Або вони можуть знаходитися в повітрі, яким дихає людина, в їжі або воді та надходити в середину організму. Такий спосіб опромінення – **внутрішнє опромінення**.

Космічне випромінювання складається з галактичного та сонячного, яке змінюється залежно від активності процесів на Сонці та в

його надрах. Енергія космічного випромінювання порівняно з іншими досить мала біля поверхні Землі, але в межах стратосфери, іоносфери та екзосфери її значення в опроміненні значно зростає. Космічні промені складаються із корпускулярної та електромагнітної компонентів, з протонів і важких ядерних частинок з дуже великою енергією. Заряджені частинки космічного походження до Землі не долітають; вони затримуються магнітним полем Землі. Частина енергії взаємодії нейтронів, нейтральних ядер та електромагнітної компоненти космічного випромінювання витрачається на зіткнення з ядрами атмосферного азоту, кисню, аргону, в результаті чого на висотах близько 20 км виникає вторинне високе енергетичне випромінювання. Воно складається з мезонів, нейтронів, протонів, електронів. Тут з'являються космогенні радіонукліди, які з атмосферними опадами потрапляють на поверхню Землі — тритій, вуглець-14, берилій-7, натрій-22 та інші (всього більше десяти).

Оскільки інтенсивність космічного опромінення зростає з висотою, то екіпажі літаків і пасажери, які часто літають на висотах 8—11 км, з часом одержують в певній мірі значні дози радіації (за 2 години польоту більше ніж за тиждень проживання на земній поверхні).

Кожен житель планети в середньому від космічного опромінення протягом року одержує радіаційну дозу близько 300 мкЗв (0,03 Бер).

Земних природних джерел випромінювання нині налічується близько 60, зокрема 32—урано-радієвої та торієвої групи, 11—з груп інших радіонуклідів з тривалим періодом піврозпаду, таких, як калій – 40, рубідій – 87 та ін.

Рівні земної радіації неоднакові для різних місць земної кулі і залежать від концентрації радіонуклідів на різних ділянках кори.

В Бразилії є невелике підвищення, де рівень радіації у 800 разів перебільшує середній по країні. На південно західній частині Індії 70000 мешканців проживають біля піску, який багатий торієм. Мешканці отримують в середньому 3,8 мілізівертів в рік на одну людину.

В Ірані в районі міста Рамсер, де б'ють джерела збагачені радієм, були зареєстровані рівні радіації до 400 мілізівертів в рік.

В середньому приблизно $\frac{2}{3}$ ефективної еквівалентної дози опромінення, яку людина отримує від природних джерел радіації, надходить від радіоактивних речовин, що потрапили в організм разом з їжею, водою, повітрям. Невелика частина цієї дози приходить на радіоактивні ізотопи вуглерода-14 та тритію, які утворюються під дією космічної радіації. Всі інші поступають від джерел земного походження. В середньому людина отримує біля 180 мЗв в рік за рахунок калію-40. Значну дозу внутрішнього опромінення людина отримує від нуклідів радіоактивного ряду урану-238.

Десятки тисяч людей на Крайньому Півночі вживають м'ясо оленя, в якому присутні нукліди свинцю-210, полонію-210. Олені зимою вживають лишайник, який має здатність нагромаджувати усі ці нукліди.

2.1.1 Фізична характеристика радону-222

За оцінками Наукового комітету щодо дії атомної радіації (НКДАР) ООН радон із своїми дочірніми продуктами розпаду відповідає приблизно за 3/4 річної індивідуальної ефективної еквівалентної дози опромінення, яку отримує населення від земних джерел радіації та приблизно біля половини цієї дози людина отримує від радіонуклідів, які потрапляють в його організм разом з повітрям, особливо в непровітрюваному приміщенні. Із рисунку 2.3, де показана структура доз опромінення населення України видно, що із всіх природних джерел вагомий внесок дає радон-222 – 78,2% [30].

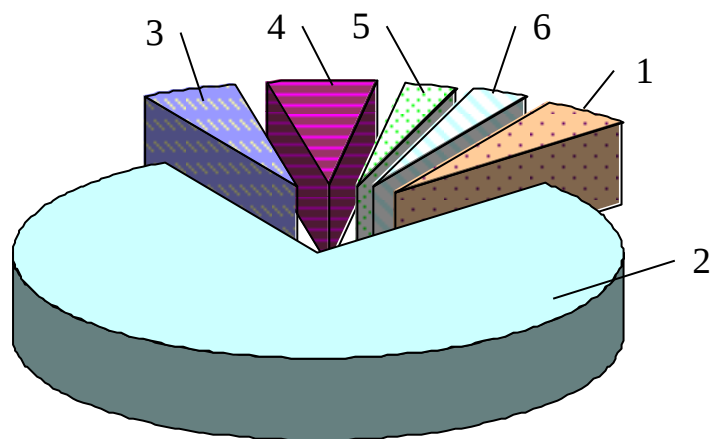


Рисунок 2.3 – Структура доз опромінення населення України від природних джерел: 1 – радіоактивність від будівельних матеріалів, 5%; 2 – радон-222 в повітрі, 78,2%; 3 – внутрішнє бета-опромінення, 5,1%; 4 – космічне випромінювання, 5,6%; 5 – уран-234, радій-226, радон-222 у воді, 2,8%; 6 – природний гамма-фон, 3,3%.

Активність радону в повітрі вимірюється в беккерелях на кубічний метр, позначається Бк/м³ (один беккерель відповідає одному розпаду за секунду).

Фізичні характеристики радону - 222: радон (Rn) - продукт α -розпаду природних ізотопів радію - ^{226}Ra в рядах розпаду торію-232 (торон - ^{220}Rn), урану - 235 (актинон - ^{219}Rn) та урану - 238 (радон - ^{222}Rn). Найбільш велике значення має останній α -випромінювач з періодом напіврозпаду 3,825 діб - найбільш довгоживучий ізотоп (торон - 55 сек, актинон - 3,9 сек). Радон належить до інертних газів. За нормальних умов - це газ без кольору, запаху і смаку, в 7,5 раза важчий за повітря. В природі, завдяки широкому розповсюдженню урану, радію і торію в рудах

(гранітах), ґрунті та воді радон міститься в атмосфері над поверхнею суші ($7 \cdot 10^{-10}$ г/м³) та океану ($2 \cdot 10^{-11}$ г/м³).

Якщо прийняти початкову концентрацію радону-222 за 100%, то через 3,83 доби його кількість зменшиться до 50%, ще через 3,83 доби – до 25%. Таким чином, радон-222 послідовно розпадається до короткоживучих радіонуклідів, дочірніх продуктів розпаду (ДПР). Ці нукліди є радіоізотопами Po , Pb , P і в процесі приєднання їх до частинок пилу субмікронного розміру утворюється радіоактивна аерозоль. В закритих приміщеннях (шахтах, будинках), завдяки осіданню на різні поверхні та вентиляції, не досягається радіоактивної рівноваги між радоном-222 та його ДПР.

Біологічна дія радону

Аерозольні частинки радону в процесі дихання разом з повітрям через трахею та бронхи надходять в альвеолярні тканини, а звідти в лімфатичну систему або кров. Механізм осідання визначається таким фізичним явищем, як броунівський рух. Будучи інкорпорованими протягом деякого часу в органах та тканинах, радіонукліди створюють внутрішнє опромінення, що може призвести до захворювання крові (лейкемії, лімфонеїї) онкологічних захворювань, викликає задуху, серцебиття.

За даними деяких вчених біля 1 % населення (1,5 млн. людей) отримує за рахунок вдихання радону ефективну еквівалентну дозу від 0,6 до 1,2 бер/рік.

У 1984 році Національна комісія радіаційної безпеки США обстежила сотні тисяч будинків, в 20% яких виявлено підвищену кількість радону-222, вплив якого на організм був негативним і аналогічним викурюванню сорока цигарок на день. Американські вчені вважають, що проживання в середовищі підвищеної концентрації радону-222 в середньому скорочує вік людини на 7 років. За прогнозами російських вчених при виконанні прийнятої програми протирадонової небезпеки в одному поколінні збережеться життя 1,5 млн. людей. У Швеції радон-222 “вражені” 130 тис. житлових будинків, із яких 80 тис. односімейних. Кожного року у цій країні від раку легень вмирає 1100 чоловік. У США, незважаючи на високий рівень ранньої діагностики, від цієї хвороби вмирає близько 13 тис. осіб на рік [18]. В Кореї при середній концентрації радону-222 в приміщеннях 20 Бк/м³ щорічна частка випадків смерті від раку легень радонового походження склала в 1989 році 2300 випадків. За даними Наукового центру радіаційної медицини АМН України [29] колективна ефективна доза (ЕД) від радону-222 для жителів нашої країни склала 177966,8 люд.Зв.рік⁻¹, кількість летальних випадків від захворювань на рак склала 10592 випадків на рік.

Крім негативної дії радону-222 на організм людини він має також і лікувальні властивості [16, 28]. Воду з великим вмістом радону-222

використовують для лікування ряду захворювань органів руху, нервової системи, захворювання обміну речовин, гінекологічних захворювань. У цих випадках застосовують бальнеологічне лікування з використанням радонових ванн.

При проходженні курсу лікування з використанням радонових ванн, крім лікувального ефекту, може відбуватися і негативний вплив дії радону-222 на організм людини через вдихання радону-222, що знаходиться у воді [7]. При короткочасній дії радону-222 імунна система організму людини здатна відновити частину пошкоджених клітин і замінити їх на здорові. Якщо дія радіоактивного опромінювання постійна, то організм не в змозі ліквідувати ушкодження і можуть мати місце невідомні наслідки для здорової людини.

Джерела надходження радону.

Виявлено, що радон концентрується в повітрі приміщень лише тоді, коли вони ізольовані від зовнішнього середовища. Надходить в приміщення тим чи іншим шляхом, а саме:

- просочується через фундамент та підлогу, ґрунт;
- звільняється із будівельних матеріалів;
- надходить разом із зовнішнім повітрям в результаті вентиляції;
- попадає в приміщення разом з природним газом та водою.

Порівняння потужностей різних джерел радону-222 в повітрі типового будинку за даними [18] наведено на рисунку 2.4.

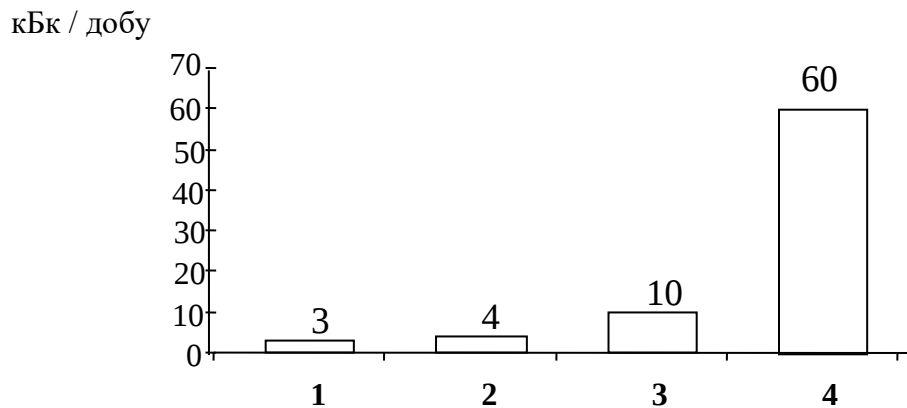


Рисунок 2.4 - Порівняння потужностей різних джерел радону-222 в типовому будинку:

- 1 – природний газ;
- 2 – вода;
- 3 – зовнішнє повітря;
- 4 – будівельні матеріали і ґрунт

Вода. За оцінками НКДАР ООН серед населення Землі менше 1% жителів вживають воду з питомою радіоактивністю біля 1 млн. Бк/м³ і менше 10% п'є воду з концентрацією радону-222, яка перевищує

100 000 Бк/м³. Концентрація радону-222 у воді звичайно незначна, але вода з глибоких артезіанських свердловин містить надзвичайно багато радону-222. Основну небезпеку становить не споживання води, а попадання парів води з високою концентрацією радону-222 в легені, коли людина вдихає повітря, що найчастіше має місце у ванній кімнаті. Динаміка концентрації радону-222 та його дочірніх продуктів у ванній кімнаті одного із будинків Канади після 7 хвилин роботи теплового душу та після його вимкнення, вода якого мала концентрацію радону-222 4400 Бк/м³, наведена на рис.2.5. При обстеженні будинків у Фінляндії встановлено, що в середньому концентрації радону-222 у ванній кімнаті в 3 рази більша ніж на кухні, та в 40 разів більша ніж в житлових кімнатах [26].

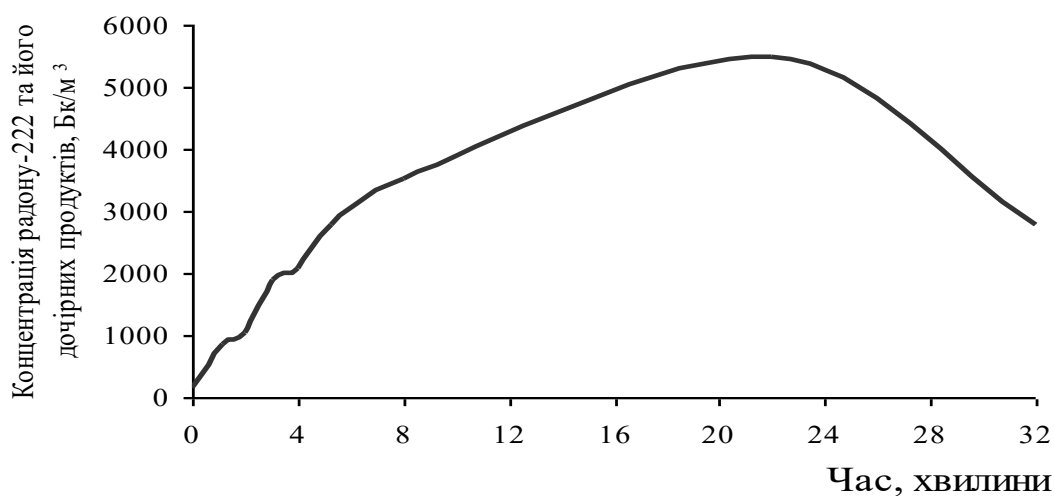


Рисунок 2.5 - Динаміка концентрації радону-222 та його дочірніх продуктів у ванній кімнаті

Природний газ. Радон-222 проникає в природний газ під ґрунтом. В результаті попередньої переробки та протягом зберігання газу перед надходженням його до споживача більша частина радону-222 зникає, але концентрація радону-222 в приміщенні може значно вирости, якщо кухонні плити, опалювальні та інші нагрівальні пристрої, в яких спалюється газ, не забезпечені витяжкою.

Багато радону-222, що надходить з природного газу в процесі попередньої переробки, попадає в зріджений газ – побічний продукт цієї обробки. За рахунок природного газу в будинки надходить значно більше радіоактивних речовин (в 10...100 разів) ніж від більш радіоактивного зрідженого газу, оскільки споживання природного газу набагато вище.

Зовнішнє повітря. Радон-222 вивільнюється із земної кори скрізь, але його концентрація в зовнішньому повітрі суттєво відрізняється для різних точок земної кулі. Це обумовлено геологічними особливостями території та метеорологічними процесами. Середня активність радону-222

на поверхні землі в місцях з нормальною природною активністю ґрунту коливається в межах 1...10 Бк/м³. Тому дуже незначна кількість цього газу потрапляє в приміщення завдяки вентиляції.

В США були обстежені будинки із бетонних панелей, що побудовані в 1975 році, де мікроклімат в приміщеннях підтримувався кондиціонерами. Концентрація радону всередині приміщень – 12±3 Бк/м³, зовні – 8,5±2,5 Бк/м³. В середньому кількість радону-222 в приміщенні тільки на 40% вища ніж його концентрація поза приміщенням.

Будівельні матеріали. Будівельні матеріали виділяють приблизно 10% потужності всіх джерел радону-222 в будинку, що має площу 100 м². Радон-222 вивільнюється з будівельних матеріалів в результаті розпаду природних довгоживучих радіонуклідів сімейства урану-238, торію-232 [27], які присутні практично у всіх гірських породах та золотшлакових відходах. Останні використовуються як мінеральна сировина в будівельній індустрії.

За даними Данчева В.І. із земної кори разом з породою щорічно виймається торію-232 – 55,5·10⁴ ГБк і урану-238 – 333·10⁴ ГБк.

Розповсюдженими будівельними матеріалами є дерево, цегла й бетон, які виділяють відносно небагато радону-222. В зарубіжних країнах середня питома радіоактивність будівельних матеріалів (Бк радію і торію на 1 кг) така: дерево (Фінляндія) – 1,1; природний гіпс (Великобританія) – 29, цегла (Німеччина) – 126, пісок і гравій (Німеччина) – 34. Більшу питому радіоактивність мають пемза та граніт, які використовуються в якості будівельних матеріалів в пострадянських країнах та Німеччині.

Дифузія радону-222 в будівельних матеріалах відбувається завдяки існуванню різних шпарин, які суттєво відрізняються за діаметром. Тому вихід атомів радону-222 з реального матеріалу протікає із усього його об'єму: швидко – із великих шпарин та щілин і повільно – із дрібних. Один із методів визначення довжини (коефіцієнта) дифузії радону-222 базується на порівнянні швидкостей ексхаляції радону-222 із тонкого та товстого зразків одного і того ж матеріалу.

Швидкість ексхаляції радону-222 q_1 із товстого зразка пропорційна довжині дифузії радону-222 в матеріалі l_0 , а із тонкого зразка q_2 - його товщині d_2 [3]:

$$l_0 = (q_1/q_2) d_2 \quad (2.1)$$

Ця формула справедлива з точністю $\pm 10\%$, якщо виконується умова:

$$d_1 \geq 1,5 l_0 \quad \text{та} \quad d_2 \leq 0,5 l_0 \quad (2.2)$$

Ґрунт. В надрах українського кристалічного щита знаходяться поклади граніту з високою концентрацією природних радіонуклідів, при розпаді яких відбувається постійне надходження радону-222 із надр Землі в атмосферу. Якщо для населення земної кулі, що проживає в районах з так званим “нормальним” радіаційним фоном, потужність експозиційної дози

гамма-випромінювання на поверхні ґрунту коливається від 3 до 7 мкР/год, то для значної частини території України цей рівень приблизно на порядок більший.

В Хельсінкі максимальні концентрації радону-222, які більше ніж в 5000 разів перевищують його середню концентрацію в зовнішньому повітрі, були виявлені в будинках, де його основним джерелом міг бути ґрунт. Навіть у Швеції, де при будівництві будинків використовували глиноземні цементи, головною причиною радіації є ґрунт. Швидкість проникання із землі радону-222 в приміщення визначається товщиною та цілісністю міжповерхового перекриття. Цей висновок підтвердився при інспекції будинків, які побудовані на регенерованих після добування фосфатів землях у Флориді. В будинках Чікаго із земляними підвалами були зареєстровані концентрації радону-222, які в 100 разів перевищували його середній рівень в зовнішньому повітрі, хоча питома радіоактивність ґрунту була звичайна.

Середня кількість радону-222 в повітрі, що знаходиться в граніті, в 1000 разів вища ніж в повітрі на рівні землі. Таким чином, перехід значної кількості радону-222 з ґрунту в повітря приміщення може призвести до досить високої концентрації його всередині приміщення. Радон-222 проникає в будинок разом з повітрям, що поступає з ґрунту внаслідок різниці тиску всередині та зовні будинку [18]. Тому що усередині приміщення тепліше ніж зовні, повітря намагається проникнути в будинок через нижню його частину і вийти через верх (проходячи через фундамент, стіни та дах). В будинках з міцним герметичним фундаментом швидкість надходження радону-222 з ґрунту менша 10 Бк/(м³·год.). Проте шпарини та отвори в фундаментах та підлозі можуть призвести до більш високих значень. В місцях з високою природною активністю ґрунту, наприклад у Швеції (Балтійський кристалічний щит), зафіксована швидкість надходження радону-222 до 1000 Бк/(м³·год), що можна пояснити тільки конвекційним переносом та молекулярною дифузією радону-222 з ґрунту.

2.1.2 Результати дослідження опромінювання від радону-222 на Україні

Результати досліджень свідчать про суттєве радіаційне опромінення населення України за рахунок радонової складової. Це обумовлено тим, що 60% території нашої держави розміщено на українському кристалічному щиті, де знаходяться поклади граніту з високою концентрацією радіонуклідів [4]. В Україні проведені дослідження, метою яких було визначити дозу опромінення від радону Rn-222. Виконано біля 6000 обмірювань методом пасивної дозиметрії на всій території країни в будинках різної архітектури й планування. Дослідження підтверджують необхідність розробки ефективної системи заходів, які направлені на зниження концентрації Rn-222 в повітрі будинків, що приведе до зменшення сумарних доз опромінення, й до зниження радіаційного ризику

для здоров'я населення України.

Всього обстежено біля 400 населених пунктів. Попередні дослідження показали, що в першому наближенні доцільно поділити будівлі на три типи: одноповерхові сільські будинки — 1 тип; перший поверх багатоповерхових будинків — 2 тип; приміщення, які розташовані вище першого поверху – 3 тип. Для першого та другого типів будинків головним джерелом надходження радону є ґрунт. Це пов'язано з тим, що 60% території країни розташовано на Українському кристалічному щиті з підвищеним вмістом урана-238 та радія-226. В повітря будинків третього типу радон поступає в основному із будівельних матеріалів.

Виявлено, що концентрація Rn-222 в повітрі більша в 19% будинків і перевищує 100 Бк/м³.

Аналіз розповсюдження еквівалентної рівноважної концентрації радону-222 на Україні свідчить, що найбільш високі середні значення радону зафіксовані в Черкаській, Донецькій, Кіровоградській областях, які розташовані на Українському кристалічному щиті (УКЩ) (рис.2.6).

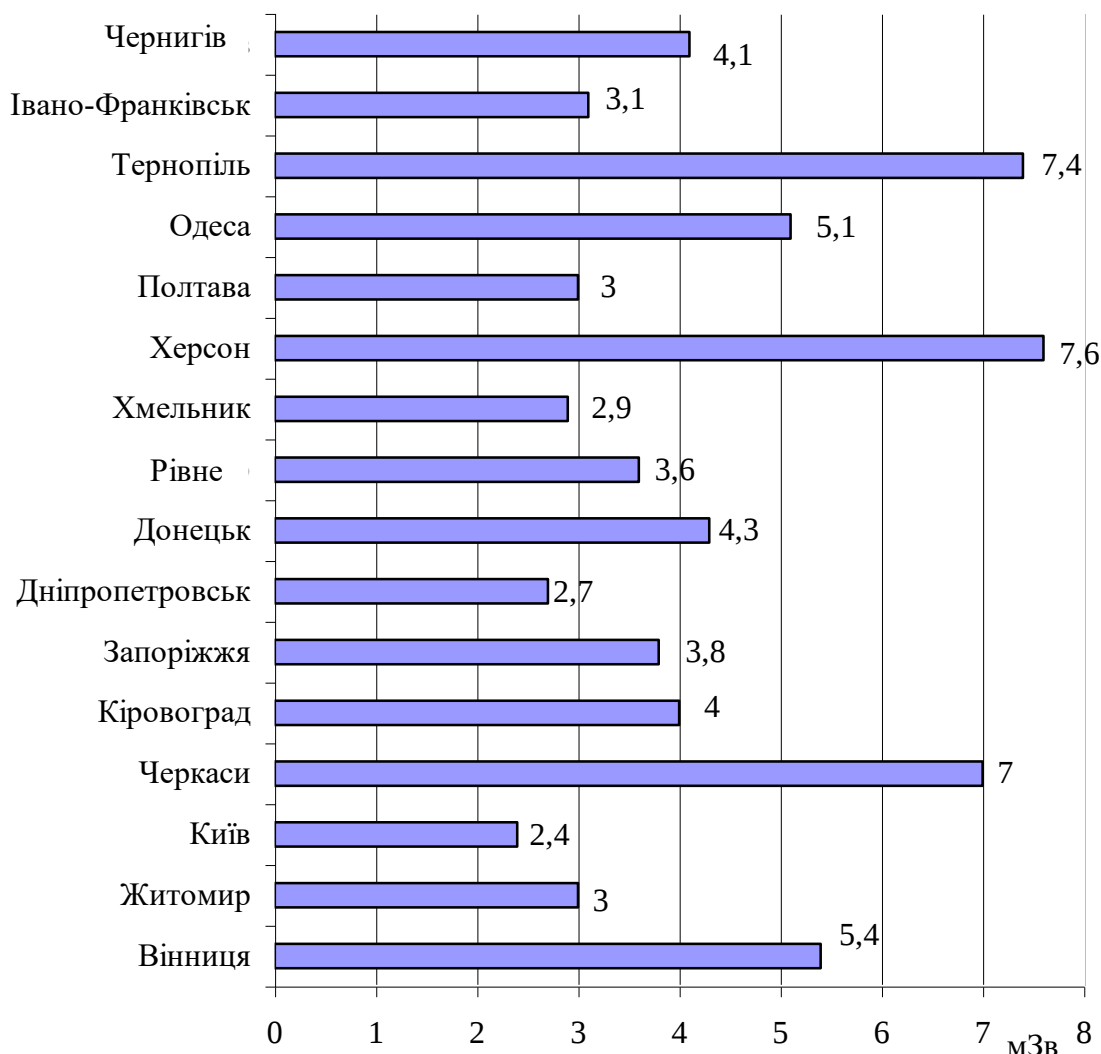


Рисунок 2.6 – Середньозважена річна доза опромінення від радону

для обстежених областей України

Не менші дози концентрації були зафіксовані за межами УКЩ. Це пов'язано не тільки з геологічними особливостями регіонів, але й з специфікою архітектурно-планувальних рішень будинків. Причиною є те, що більшість будинків старої забудови не мають достатньої ізоляції між підлогою та підстильним ґрунтом, різні деталі будинків виготовлені з каменю та вапняку.

На величину концентрації радону в повітрі житлових будівель України впливають:

- геологічні особливості території;
- планувально-архітектурне рішення будинків;
- кліматичні аспекти регіонів (температура, тиск, напрямок вітру);
- особливості поведінки та уклад життя населення, яке визначає режими вентиляції приміщення.

Ряд співробітників Вінницького національного технічного університету проводили вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону (ЕРОА) у Вінницькій області. Аналіз бази даних експериментальних результатів (табл.2.1.) свідчать про суттєве перевищення ЕРОА радону-222 в повітрі приміщень норм Міністерства охорони здоров'я України, яке становить 50 Бк/м³. Вміст ЕРОА радону-222 від 50 до 100 Бк/м³ спостерігається в 12...42% обстежених будівель, а більше 100 Бк/м³ в 5...45% приміщень. В залежності від архітектурно-планувальних рішень середні значення ЕРОА радону-222 в повітрі приміщень такі: в одноповерхових будівлях 65 Бк/м³; на перших поверхах багатоповерхових будівель 55 Бк/м³; вище першого поверху 28 Бк/м³; в підвалах 75 Бк/м³; в підвалах окремих приміщень з постійним перебуванням людей 202 Бк/м³. Такий розподіл вмісту радону-222 в повітрі приміщень обумовлений фізичними властивостями радону та характеристиками приміщень.

Кристалічний фундамент на Вінниччині складають гірські породи докембрійського віку (2,1...2,6 млрд. років), які представлені в основному гранітами. Досить часто граніти виступають над поверхню ґрунту (в ярах, балках, у вигляді порогів на річках). Усі ці геологічні явища сприяють вільному виходу та накопиченню радіонуклідів в повітрі приміщень підвального типу та на перших поверхах будинків.

Таблиця 2.1 - Результати вимірювань ЕРОА радону-222 в повітрі приміщень житлово-цивільного та промислового призначення Вінницької області

Населений пункт	% вміст ЕРОА радону-222			Середній вміст ЕРОА радону-222 Бк/м ³	Максимальний вміст ЕРОА радону-222 Бк/м ³
	До 50 Бк/м ³	50-100 Бк/м ³	>100 Бк/м ³		
Бар	-	-	100	-	176
Вінниця	83	12	5	53	342
Мог-Поділ	100	-	-	27	38
Ладижин	75	25	-	45	66
Літин	10	40	50	105	263
Мурафа	42	14	44	114	315
Немирів	55	25	20	56	153
Погребище	34	33	33	54	77
Самчинці	48	30	22	476	368
Стрижавка	67	33	-	34	63
Тиврів	40	15	45	79	133
Тростянець	29	42	29	94	275
Хмільник	85	15	-	26	54

При побудові житла для переселенців з Чорнобильської зони не завжди враховувалась радонова природна радіоактивність місцевості. Так, при переселенні в Херсонську область жителі Народичівського району за рахунок природної радіоактивності, в основному через радон в повітрі житлових приміщень, отримують більші сумарні дози опромінювання в порівнянні з тими, які б вони отримали, коли б проживали на забруднених територіях.

2.2 Джерела опромінення, які створені людиною

2.2.1 Джерела опромінення, що використовуються в медицині

На сьогодні основними джерелами опромінення є техногенні джерела радіації, медичні процедури та методи лікування, що пов'язані з застосуванням радіоактивності.

Опромінення використовується в медицині як з діагностичною метою, так і для лікування. Одним із найрозповсюджених медичних

приладів є рентгенівський апарат. Нові складні діагностичні методи ґрунтуються на використанні радіоізотопів. Як це не парадоксально, але одним із шляхів боротьби з раком є променева терапія.

За деякими даними в розвинених країнах на кожних 1000 мешканців приходить від 300 до 900 обстежень на рік.

В більшості країн світу біля половини рентгенологічних обстежень приходить на грудну клітку. Завдяки технічному удосконаленню рентгенологічної апаратури в багатьох випадках появилась можливість зменшити ці дози. Це дуже важливо ще й тому, що в багатьох країнах рентгенографічне обстеження грудної клітки й зубів проводиться дуже часто. Максимальне зменшення площі рентгенівського променя, його фільтрації, яка забирає зайве випромінювання, використання більш чутливих плівок та правильне екранування – все це дає змогу зменшувати дозу опромінення.

Зменшені дози повинні використовуватись і при обстеженні молочних залоз. Введення в другій половині 70-х років нових методів рентгенографії цього органу привели до суттєвого зниження рівня опромінення в порівнянні з попереднім [22].

З моменту відкриття рентгенівських променів найвизначнішим досягненням в розробці методів рентгенодіагностики є комп'ютерна томографія (КТ). Його застосування при обстеженні нирок дозволило зменшити дозу опромінення шкіри в 5 разів, яєчників – в 25 разів. Крім того при проведенні комп'ютерної томографії визначається дозовий індекс, який дозволяє не тільки оцінити працездатність рентгенівського випромінювача, але й дає можливість визначити індивідуальні дозові навантаження на пацієнта при КТ- дослідженнях.

Оцінити середню дозу, яку отримує населення при рентгенологічних обстеженнях, - це означає визначити рівень опромінення, яке може привести до генетичних наслідків. Його називають *генетично значимою еквівалентною дозою* або *ГЗЕД*. Величина ГЗЕД визначається двома факторами:

- імовірністю того, що пацієнт в майбутньому буде мати дітей;
- дозою опромінення статевих залоз.

ГЗЕД залежить від типу обстеження: великий внесок дають обстеження таза, нижньої частини спини.

В кінці 70-х років ГЗЕД в деяких країнах були такі:

- Англія – 120 мкЗв;
- Австралія – 150 мкЗв;
- Японія – 150 мкЗв;
- СРСР – 230 мкЗв.

Радіоізотопи використовуються для дослідження різних процесів, що відбуваються в організмі, і для локалізації пухлин. За останні 30 років застосування їх дуже зросло. В розвинених країнах на 1000 мешканців

приходиться не менше 10 – 40 обстежень. Оскільки в розвинених країнах опромінення в медичних цілях використовується менше, середня індивідуальна доза за рахунок цього джерела в усьому світі становить приблизно 400 мкЗв на людину в рік.

Сумарна доза, яку отримує населення Землі кожний рік під час сотень мільйонів рентгенологічних обстежень із застосуванням малих доз, значно перевищує дозу, яка отримується в сумі порівняно невеликим числом хворих на рак.

Закон України "Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань" вимагає використовувати у медичній практиці будь-які джерела випромінювання обов'язково із застосуванням засобів індивідуального захисту та контролю доз опромінення пацієнтів. Крім того Постанова Кабінету Міністрів України № 406 від 16 березня 1999 р. „ Про порядок створення єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення” зумовлює необхідність розробки та впровадження науково-методичних та організаційних заходів щодо дозиметричного контролю та реєстрації опромінення населення й пацієнтів в цих галузях діагностичного та лікувального використання іонізуючого випромінювання.

2.2.2 Ядерні вибухи

За останні 40 років кожний із нас зазнав опромінення від радіоактивних опадів, які утворилися в результаті ядерних вибухів[8]. Мова йде не про ті радіоактивні опади, які випали після бомбардування Хіросіми та Нагасакі в 1945 році, а про опади, які пов'язані з випробуванням ядерної зброї в атмосфері й на поверхні ґрунту.

Максимум цих випробувань приходиться на два періоди: перший – на 1954-1958 роки, коли вибухи здійснювали Англія, США, СРСР; другий – більш значний – на 1961-1962 роки, коли їх проводили США і Радянський Союз.

Перші в історії людства ядерний пристрій був підірваний в США в пустельній місцевості штату Нью-Мексико 16 липня 1945 року. З тих пір п'ять країн : США, СРСР, Англія, Франція і Китай – станом на 1 серпня 1993 р. провели 2061 ядерне випробування (США – 1099, СРСР – 715, Англія – 43, з них 21 спільно із США на полігоні в штаті Невада, Франція – 188, Китай -37). Свої випробування в атмосфері завершили: Англія – 23 вересня 1958 р., СРСР – 25 грудня 1962 р., США – 9 липня 1963 р., Франція – 15 вересня 1974 р., Китай – 16 жовтня 1980 р.

Частина радіоактивного матеріалу випадає неподалік від місця випробування, інша частина затримується в тропосфері та перебазовується на великі відстані, а потім поступово випадає на землю.

Внесок в очікувану колективну ефективну еквівалентну дозу

опромінення населення від ядерних вибухів дають тільки чотири радіонукліди. Це вуглець-14, цезій-137, цирконій-95 і стронцій-90.

Дози опромінення за рахунок цих та інших радіонуклідів відрізняються, оскільки вони розпадаються з різною швидкістю. Так, цирконій-95, період напіврозпаду якого складає 64 доби, вже не є джерелом опромінення. Цезій – 137, стронцій – 90 має період піврозпаду – 30 років, тому вони робили свій внесок в опромінення до кінця двадцятого сторіччя. І тільки вуглець – 14, період піврозпаду якого дорівнює 5730 років, буде залишатися джерелом радіоактивного опромінення ще досить довго.

Сумарна очікувана колективна ефективна еквівалентна доза від усіх ядерних вибухів в атмосфері, складає 30000000 люд.Зв. До 1980 року людство отримало лише 12% цієї дози, останню частину воно буде отримувати ще багато тисяч років.

Ядерні вибухи можуть здійснюватись в повітрі, на поверхні землі, під землею і під водою. Відповідно до цього розрізняють висотний, повітряний, наземний (надводний) і підземний (підводний) вибухи [34].

Висотний ядерний вибух — це вибух, ціль якого знищення в польоті ракет і літаків на безпечній для наземних об'єктів висоті (понад 10 км). Вражаючими факторами висотного вибуху є ударна хвиля, світлове випромінювання, рентгенівське випромінювання, потужний електромагнітний імпульс (ЕМІ).

Повітряний ядерний вибух — це вибух, здійснений на висоті до 10 км, коли світлова область не торкається землі (води). Сильне радіоактивне зараження місцевості виникає тільки поблизу епіцентрів низьких повітряних вибухів. Істотного зараження місцевості по сліду переміщення хмари не відбувається. Найбільш повно при такому вибуху проявляються ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація (рентгенівське випромінювання) і ЕМІ

Наземний (надводний) атомний вибух—це вибух, який здійснений на поверхні землі (води), при якому світлова область торкається поверхні землі (води), а пиловий (водяний) стовп з моменту виникнення з'єднаний з хмарию вибуху.

Характерною особливістю наземного ядерного вибуху є сильне радіоактивне забруднення місцевості як в районі вибуху, так і в напрямку руху хмари вибуху. Вражаючим фактором цього вибуху є ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне зараження і ЕМІ.

Підземний ядерний вибух — це вибух, що здійснюється під землею і характеризується викидом великої кількості ґрунту, перемішаного з продуктами ядерної «начинки» бомби (ураном, плутонієм). Вражуюча і руйнівна дія підземного ядерного вибуху визначається в основному сейсмовибуховими хвилями (основний руйнівний фактор), виникненням кратера в ґрунті і сильним радіоактивним забрудненням місцевості.

Світлове випромінювання і проникаюча радіація неprisутні. Характерним для підводного вибуху є виникнення султана (водяного стовпа), базисної хвилі, що виникає при падінні стовпа води.

Повітряний ядерний вибух починається короточасним сліпучим спалахом, який можна спостерігати за кілька десятків і сотень кілометрів. Слідом за спалахом з'являється сяюча область у вигляді сфери або півсфери (при наземному вибуху), що є джерелом потужного світлового випромінювання. Одночасно із зони вибуху в навколишнє середовище розповсюджується потужний потік рентгенівських і гамма-променів і нейтронів, які виникають під час ланцюгової ядерної реакції і в процесі розпаду радіоактивних шматків поділу ядерного заряду. Рентгенівські кванти і нейтрони, що випускаються при ядерному вибуху, називають проникаючою радіацією. Під дією миттєвого гамма-випромінювання в зоні вибуху виникає іонізація атомів навколишнього середовища, яка призводить до виникнення електро-магнітних полів. Ці поля через їх короточасну дію прийнято називати електромагнітним імпульсом ядерного вибуху.

Фізичні процеси під час вибуху

В центрі ядерного вибуху температура миттєво піднімається до десятків і сотень мільйонів градусів, в результаті чого речовина заряду перетворюється в високотемпературну плазму, яка випускає рентгенівське випромінювання. Тиск газоподібних продуктів спочатку досягає кілька мільярдів атмосфер. Сфера розпечених газів освітленої області, намагаючись розширитись, стискає прилеглі пласти повітря, створює різкий перепад тиску на границі стисненого пласту і утворює ударну хвилю, яка поширюється від центру вибуху в різних напрямках. Оскільки щільність газів, що утворюють вогняну кулю, набагато нижча щільності навколишнього повітря, то куля швидко піднімається вгору. При цьому виникає хмара грибовидної форми, яка містить гази, пари води, дрібні частини ґрунту і велику кількість радіоактивних продуктів вибуху. При досягненні максимальної висоти хмара під дією повітряних течій переноситься на великі відстані, розсіюється і радіоактивні продукти випадають на поверхню землі, створюючи радіоактивне забруднення місцевості і об'єктів.

Дія ядерної зброї. Уражуюча дія ядерного вибуху визначається механічною дією ударної хвилі, тепловою дією світлового випромінювання, радіаційною дією проникаючої радіації і радіоактивним забрудненням. Для деяких елементів об'єктів уражальним фактором є електромагнітне випромінювання (електромагнітний імпульс) ядерного вибуху. Розподіл енергії між вражаючими факторами ядерного вибуху залежить від виду вибуху і умов, за яких він відбувався. При вибуху в атмосфері приблизно 50% енергії вибуху йде на виникнення ударної хвилі,

30-40%—на світлове випромінювання, до 5% — на проникну радіацію і електромагнітний імпульс до 15% — на радіоактивне зараження. Для нейтронного вибуху характерні ті ж уражальні фактори, однак дещо по іншому розподіляється енергія вибуху : 8-10% — на виникнення ударної хвилі, 5-8% — на світлове випромінювання і близько 85% використовується на виникнення нейтронного і гамма-випромінювань (проникної радіації). Дія уражальних факторів ядерного вибуху на людей і елементи об'єктів відбувається не одночасно і відрізняється за часом дії, характером і масштабами враження.

***Ударна хвиля** — це область різкого стиску середовища, яка у вигляді сферичного шару розповсюджується у всі сторони від місця вибуху із надзвуковою швидкістю.*

В залежності від середовища розповсюдження розрізняють ударну хвилю в повітрі, в воді або ґрунті (сейсмічні вибухові хвилі).

Ударна хвиля в повітрі виникає за рахунок колосальної енергії, яка виділяється в зоні реакції, де виключно висока температура, а тиск досягає мільярдів атмосфер (до 105 млрд. Па). Нагріта пара й газ, намагаючись розширитись, викликають удар по навколишніх шарах повітря, стискають їх до більших тисків і щільностей і нагрівають до високої температури. Ці шари повітря приводять у рух інші шари. І так стиснення і переміщення повітря переходить від одного шару до іншого у всі сторони від вибуху, при цьому виникає повітряна ударна хвиля. Розширення нагрітих газів виникає в порівняно невеликих об'ємах, через це їх дія не поширюється на великі відстані від центру вибуху і основним носієм дії вибуху стає повітряна ударна хвиля. Поблизу від центру вибуху швидкість розповсюдження ударної хвилі в кілька раз перевищує швидкість звуку в повітрі. Із збільшенням відстані від місця вибуху швидкість розповсюдження хвилі різко падає, а ударна хвиля слабшає; на великих віддальх ударна хвиля переходить у звичайну акустичну хвилю і швидкість її розповсюдження наближається до швидкості звуку в навколишньому середовищі, тобто до 340 м/с. Повітряна ударна хвиля при ядерному вибуху середньої потужності проходить приблизно 1000 м за 1,4 с, 2000 м — за 4 с, 3000 м — за 7 с, 5000 м — за 12с. Звідси випливає, що людина “побачивши” спалах ядерного вибуху, за час приходу ударної хвилі, може зайняти найближче укриття, і цим зменшити можливі пошкодження при ураженні ударною хвилею.

Ударна хвиля у воді при підводному ядерному вибуху якісно нагадує ударну хвилю в повітрі. Однак підводна ударна хвиля відрізняється від повітряної своїми параметрами. На одних і тих же відстанях тиск по фронту ударної хвилі у воді значно більший ніж у повітрі, а час дії — менший. Наприклад, максимальний надлишковий тиск на відстані 900 м від центру вибуху потужністю 100 кт в глибокій водоймі

складає 19000 кПа, а при вибуху в повітрі — біля 100 кПа. При наземному ядерному вибуху частина енергії вибуху йде на виникнення хвилі стиснення в ґрунті. На відміну від ударної хвилі в повітрі, вона характеризується менш різким збільшенням тиску по фронту хвилі, а також більш повільним його послабленням за фронтом. Тиск по фронту хвилі стиснення зменшується доволі швидко з віддаленням від центру вибуху, і на великих відстанях хвиля стиснення стає подібною до сейсмічної хвилі. При вибуху боєприпасів в ґрунті основна частина енергії вибуху передається навколишній масі ґрунту і призводить до потужного струсу ґрунту, що нагадує за своєю дією землетрус.

Деякі відомості щодо використання ядерної зброї

У серпні 1963 р. у Москві між СРСР, США і Англією був підписаний договір про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космічному просторі і під водою, який вступив у дію 10 жовтня 1963 р. Однак до трьох ядерних держав не приєдналися Франція і Китай, які тим не менше в 1975 і 1981 рр. відповідно призупинили свої ядерні випробування в атмосфері. Цей крок на шляху до загального ядерного роззброєння привітав весь світ. На даний момент учасниками Московського договору стали понад 117 держав. Договором 1963 р. передбачається, що кожен із його учасників повинен утримуватись від спокуси участі у проведенні будь-яких випробувальних вибухів ядерної зброї та інших ядерних вибухів, де б то не було, які проводилися б у будь-якому середовищі, а також встановлена заборона на випробувальні вибухи ядерної зброї та інші ядерні вибухи у названих середовищах і на ядерні вибухи в іншому середовищі, якщо такий вибух викличе випадання радіоактивних опадів за межами територіальних рубежів держави, під юрисдикцією або контролем якого проводиться такий вибух. Країни, що підписали договір, заявили про свою рішучість досягти на завжди припинення всіх ядерних випробувань і з цією метою продовжили переговори. В тому ж 1963 р. Генеральною Асамблеєю ООН був створений Комітет стосовно роззброєння, в який увійшли 18 країн. В якості пріоритетного завдання Комітету із 18 країн доручалось більш інтенсивно проводити роботи з роззброєння. Терміновість цього рішення зростала із збільшенням ядерних випробувань, що проводились всіма членами "ядерного клубу". В наступні роки існування Комітету 18 різних держав внесли ряд пропозицій щодо досягнення договорів і про зупинку підземних ядерних випробувань шляхом розв'язання проблеми контролю. А такі спроби також були зроблені в рамках спільного радянсько-американського експерименту у 1988 р. в ході проведення каліброваних ядерних вибухів із досягненням контролю методом СОККЕХ на Семіпалатинському і Невадському полігонах. Отримані результати дали привід СРСР і президенту США ратифікувати у 1990 р. договори і протоколи до них "Про обмеження підземних випробувань ядерної зброї" 1974 р. і "Про підземні ядерні

вибухи в мирних цілях" 1976 р. Обмін ратифікаційними грамотами був проведений в США 11 грудня 1990 р. в м. Х'юстоні.

З 25 жовтня 1990 р. в Росії як правонаступниці СРСР в односторонньому порядку не проводились ядерні випробування. За цим прикладом Франція з травня 1992 р. і США з жовтня 1992 р. також призупинили проведення випробувань. В 1990 р. в Радянському Союзі на державному рівні було прийнято рішення про доцільність надання широкому загалу систематизованої інформації про проведені ядерні випробування і підземні вибухи ядерних пристроїв у промислових цілях на території країни, тим більше що до подібної інформації з'явилась підвищена зацікавленість як до одної із сфер діяльності воєнно-промислового комплексу, достатньо засекреченого, а через те мовби безконтрольного. Крім того, про діяльність ядерних випробувальних полігонів стали розповсюджуватись різноманітні чутки, сенсаційні "відкриття", що призвело серед населення районів, які прилягають до полігонів, сплеску радіофобії і полігонофобії.

2.2.3 Атомна енергетика

Джерелом опромінення, біля якого ведуться інтенсивні дебати, є атомні електростанції. При нормальній роботі ядерних установок викиди радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище дуже незначні.

Атомна електростанція (АЕС) - це електростанція, у якій ядерна енергія перетворюється в електричну. Генератором енергії на АЕС є ядерний реактор.

Тепло, що виділяється в реакторі в результаті ланцюгової реакції поділу ядер деяких важких елементів, використовується для переведення води в пару. Одержана високотемпературна пара приводить в рух парову турбіну, яка в свою чергу приводить в рух електричний генератор. На відміну від теплових електростанцій, які працюють на органічному паливі, АЕС працює на ядерному паливі (в основному уран-235 або плутоній-239). Установлено, що світові енергетичні ресурси ядерного пального (уран, плутоній та інші) істотно перевищують енергоресурси природних запасів органічного палива (нафта, вугілля, природний газ та інші).

Атомні електростанції є лише частиною ядерного паливного циклу, який починається з добування і збагачення уранової руди. Наступний етап – виробництво ядерного палива. Відпрацьоване в атомних електростанціях ядерне паливо іноді підлягає вторинній обробці, щоб одержати із нього уран та плутоній. Закінчується цикл похованням радіоактивних відходів. На кожній стадії ядерного паливного циклу в навколишнє середовище можуть надходити різноманітні радіоактивні речовини.

Приблизно половина всієї уранової руди добувається відкритим способом, а друга половина – шахтним. Добуту руду везуть на

збагачувальну фабрику. Тому рудники, і збагачувальні фабрики є джерелом незначного забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами. Урановою рудою є звичайні граніти в яких концентрація урану –238 трохи вища одного відсотка, в той же час в цьому урані потрібного для пального в ядерному реакторі урану -235 не більше 0,05%. На фабриці в процесі переробки руди створюється велика кількість збіднених ураном відходів (на півночі США – вже накопичилось їх біля 500 мтн. т). Однак ці відходи небезпеки для людства не створюють, оскільки їхня радіоактивність не перевищує радіоактивності звичайних облицювальних гранітів.

Урановий концентрат, що надійшов з фабрики, підлягає очистці і на спеціальних заводах збагачується ураном –235. Для ядерного палива в ядерних реакторах використовують уран – 238, в якому міститься біля 2-х відсотків урану –235. Ланцюгову реакцію в ядерному реакторі дає лише уран-235. Невеличкими таблетками збагаченого урану заповнюються ніобій-цирконієві трубки, які в свою чергу зв'язують у свого роду в'язанки (по кілька десятків в одній в'язанці). В такому вигляді паливо готове до використання в ядерному реакторі [21].

Існує п'ять основних типів енергетичних реакторів: водно-водяні реактори з водою під тиском; водно-водяні киплячі реактори; реактор із газовим охолодженням – розроблені і застосовуються в Англії і Франції; реактор із важкою водою – в Канаді; водно-графітові каналні реактори, які експлуатувалися в СРСР.

На кінець 1984 р. в 25 країнах світу працювало 345 ядерних реакторів (США – 85, Франція – 41, СРСР – 56, Великобританія – 37, ФРН – 19, Японія – 31), які виробляли 220 ГВт електроенергії (13% загальної потужності). В 1991 році у світі діяло 530 ядерних реакторів, які виробляли 21% всієї енергії. За прогнозами МАГАТЕ (міжнародне агентство з атомної енергетики) їх потужність на початок третього тисячоліття мала зрости до 720 – 950 ГВт.

Україна за кількістю і потужністю АЕС займає 8 місце в світі та 5 а Європі. У 1996 р. 43,9% електроенергії виробляється на АЕС. Станом на 2000 рік на Україні діють:

1) 4 АЕС з 12 діючими блоками:

- Запорізька АЕС – 6 блоків ВВЕР-1000;
- Південно-Українська АЕС – 3 блоки ВВЕР-1000;
- Хмельницька АЕС - 1 блок ВВЕР-1000;
- Рівенська АЕС – 2 блоки ВВЕР-440.

2) 2 дослідних реактори;

3) 6 міжобласних спец. комбінатів поховання радіоактивних відходів (Дніпропетровський, Львівський, Одеський, Харківський, Київський, Донецький – у 1965 законсервований);

4) 5 гірничодобувних комбінатів;

- 6) 2 гідрометалургійних заводи з видобутку та переробки урану;
- 7) приблизно 7 тисяч підприємств, що використовують джерела іонізуючого випромінювання.

Хмельницька АЕС (ХАЕС) – одна із чотирьох атомних станцій України, збудована в Славутському районі м. Нетішин. На території 30-кілометрової зони навкруги ХАЕС розташовано 59 невеликих населених пунктів з кількістю населення приблизно 53 тис. осіб. Готується введення 2-го блока ХАЕС, для цього були зроблені спостереження радіаційно-гігієнічного оцінювання потужності експозиційної дози (ПЕД), яка дорівнює – 10 - 12 мкР/год. Було зроблено висновки, що негативного впливу ХАЕС за радіологічними показниками не спричиняє.

„Чистих” АЕС не буває. Вони викидають в довкілля разом з газоподібними, аерозольними, рідкими і твердими відходами масу радіонуклідів і виробляють мільйони тонн відпрацьованого палива. Навіть при регламентній роботі ядерного реактора кількість газоподібних радіонуклідів, що поступають в атмосферу на 1 МВт потужності за один рік складає: йоду-131 – $1,4 \cdot 10^{10}$, криптону-85 – $1,4 \cdot 10^{13}$, водню-3 – $7,4 \cdot 10^{11}$, радону-222 – $2,1 \cdot 10^9$ Бк тощо. Крім них з технологічними водами в довкілля поступають марганець-54, залізо-55, цинк-65, стронцій-90, цезій-137, кобальт-60, водень-3.

Існує інформація про існування „стовпів” іонізованого повітря над АЕС, вплив яких на магнітне поле землі, довкілля ще не вивчено.

Нещодавно Верховною Радою України було знято мораторій на будівництво нових АЕС. При цьому мабуть не було враховано, що територія України характеризується складними геологогідрологічними умовами - на 40% території залягають карстові породи, будівництво на яких може викликати провали, воронки, просадки ґрунту. Активація карстових процесів в зоні Рівненської АЕС викликала необхідність екстреного укріплення фундаментів споруд. Функціонування АЕС призводить до утворення „теплових островів”, які порушують природні циркуляційні процеси в атмосфері.

За оцінками західних спеціалістів ймовірність аварій становить всього одна на 10 тисяч років. Щоправда неясно, коли аварія може статися через 10 тисяч років, чи завтра і що робити. Дві аварії із зруйнуванням активної зони реактора вже сталися протягом семи років (на АЕС „Трімал Айленд” у 1979 р. та на АЕС ім. Леніна в Чорнобилі).

Внаслідок **аварії на ЧАЕС в Україні** постраждало майже 8% населення: 3,2 млн. населення проживає на забрудненій території, 350 тис. брали участь в ліквідації аварії, 130 тис. було евакуйовано та відселено із забрудненої території. Із 600 людей, що знаходилися на проммайданчику ЧАЕС в ніч на 26.04.1986 року, у 134-х в перші три місяці виникла гостра променева хвороба, 56 людей отримали променеві опіки шкіри. Двадцять вісім людей з найбільш важкими проявами променевої хвороби пішли з

життя в перші три місяці [31].

В повітря у Чорнобилі було викинуто близько 49 ізотопів радіонуклідів. З них більша частка припадає на короткоживучий ізотоп йод-131 (проникає в організм людини з повітрям, яке вдихаємо, при споживанні овочів, риби, молока, концентрується в основному в щитовидній залозі). Він давав 80-90% радіоактивності в перші дні аварії. Поступово, з припиненням викидів, радіоактивність спадала. Вимирали короткоживучі ізотопи.

У результаті аварії на ЧАЕС приблизно 20% території України була забруднена штучними довгоіснуючими радіоактивними речовинами (радіонуклідами), серед яких:

1. Тритій – період напіврозпаду 12,4 року. Утворюється в активній зоні реактора. Тритій потрапляє в організм людини разом з продуктами харчування та питною водою. Крім того, може потрапити в організм людини при вдиханні, а також через шкіряний покрив. При наявності тритію весь організм людини піддається дії бета-випромінювання. Дуже небезпечний для людини.

2. Криптон-85 – період напіврозпаду 10,7 року. Є продуктом ділення. Після розбавлення він випускається з установок паливного циклу безпосередньо в атмосферу. При цьому його концентрація, яка міститься в атмосфері, не може бути зменшена за рахунок осадження чи вимивання, він практично нерозчинний у воді. Радіологічний вплив на людину відбувається здебільшого через опромінення шкіряного покриву. Вдихання криптону-85 відіграє меншу роль. Дуже небезпечний для людини. Крім того, накопичення в атмосфері криптону - це також потенційна суттєва зміна електропровідності повітря, що може спричинити глобальні наслідки.

3. Стронцій-90 – період напіврозпаду 29,1 року. В організм потрапляє з їжею та водою. Як і кальцій, відкладається переважно в кісткових тканинах та кістковому мозку. Через це стронцій-90 дуже небезпечний для людини – біологічний час виведення його з організму – 18 років, період напіввиведення із кісткової тканини – 50 років, а продукти розпаду дають бета-випромінювання. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) встановлюють для стронцію -90 жорсткі обмеження при пероральному надходженні – 4000 Бк/рік.

4. Цезій-137 – період напіврозпаду 30 років. Для нього разом з бета-випромінюванням характерне ще й гамма-випромінювання. Потрапляє в організм людини з їжею. В живих організмах він може замінювати калій і розповсюджуватися по всьому організмові у вигляді високо розчинних сполук. Дуже небезпечний для людини. За НРБУ-97 норма надходження – 50000 Бк/рік.

5. Нукліди плутонію – плутоній-228 (період напіврозпаду 87,8 року),

плутоній-239 ($2,4 \cdot 10^4$ років), плутоній-240 (650 років), плутоній-241 (14,4 років), плутоній-242 ($3,9 \cdot 10^5$ років). Найбільш небезпечним для людини є вдихання плутонію, який накопичується в легенях. Плутоній може потрапляти з їжею та водою і відкладається в кістках.

6. Вуглець-14 – період піврозпаду 5730 років. Утворюється в активній зоні реактора, дає бета-випромінювання. Дія іонізуючого випромінювання зумовлена головним чином споживанням продуктів харчування (молоко, овочі, м'ясо). Небезпечний для людини. Рівень надходження - $6 \cdot 10^5$ Бк/рік.

Із всіх перелічених радіонуклідів небезпечними залишаються вуглець-14, нукліди плутонію, цезій-137, стронцій-90. З 1990 року до теперішнього часу, концентрація цезію та стронцію не перевищує $5 \cdot 10^{-14}$ Кі/м³. Для радіоактивних ізотопів плутонію ця величина складає від $1 \cdot 10^{-10}$ Кі/м³ до $1 \cdot 10^{-12}$ Кі/м³ на 1 Кі/км². На сьогоднішній сумарна активність радіонуклідів аварійного походження від ЧАЕС складає $5,6 \cdot 10^{16}$ Бк, із них : $8,1 \cdot 10^{15}$ знаходиться в різних об'єктах навколишнього середовища, $8,2 \cdot 10^{15}$ локалізовано в могильниках. Зараз концентрація довгоживучих радіонуклідів (цезія-137, стронція-90, ізотопів плутонію) в атмосферному повітрі знаходиться на рівні $8,5 \pm 3,3 \cdot 10^{-8}$ Бк/л, а на промайданчику – ЧАЕС на порядок вище – $32,9 \pm 2,1 \cdot 10^{-7}$, що відповідає доаварійній ситуації.

За результатами досліджуваних територій від аварії на ЧАЕС найбільш значний внесок у формування сумарних колективних доз опромінення внесли неаварійні джерела іонізуючого випромінювання, їх питома вага становила: у дітей – 87%, у дорослих – 84% (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Структура сумарних колективних ефективних доз опромінення, отриманих населенням від аварійних і неаварійних джерел іонізуючого випромінювання після аварії на ЧАЕС, %.

Доза опромінення	Вікова група			
	діти		дорослі	
	І*	ІІ	І*	ІІ
Аварійна доза з радіоїодом	13	60	16	62
Радон-222 у повітрі житлових приміщень	61	28	39	18
Радіоактивність будівельних матеріалів	8	4	10	5
Медико-діагностичні дослідження	3	1	15	7
Інші неаварійні джерела	15	7	20	8
Усього	100	100	100	100

Примітка. І* - населення, яке постійно проживає на даній території; ІІ –

переселенці.

Середня ефективна доза опромінення, отримана населенням за 11 років, від радону у повітрі житлових приміщень, природних радіонуклідів в будівельних матеріалах та інших джерелах іонізуючого випромінювання не чорнобильського походження становила 209,5 люд-Зв.

2.2.4 Професійне опромінення

Значні дози опромінення отримують люди, які працюють на АЕС :

технічний персонал – 97,5 люд-Гр ;

адміністрація - 15,5 люд-Гр;

оператори – 13,5 люд-Гр;

дозиметристи – 10,5 люд-Гр.

Дози, які отримують робочі уранових рудників та збагачувальних фабрик, складають в середньому 1 люд-Зв на кожний гігават-рік електроенергії. Приблизно 90 % дози приходить на частку працівників в шахтах. Колективна еквівалентна доза від заводів, на яких отримують ядерне паливо, теж складає 1 люд-Зв на гігават-рік. Це середні дані. Індивідуальні дози робочих, які виконують різні роботи, неоднакові і дуже суттєво відрізняються.

Найбільш великі дози опромінення отримують при ремонтних роботах на АЕС, на які приходить приблизно 70% колективної дози для реакторів.

Дози, які отримують люди, що займаються науково-дослідною роботою в області ядерної фізики та енергетики, дуже сильно відрізняється для різних підприємств та країн. В середньому по всіх країнах складає – 5 люд-За на гігават-рік.

Опроміненню підлягає медичний персонал, який займається радіологічними обстеженнями, персонал курортів, де приймають радонові ванни. Норматив для осіб, які добровільно надають допомогу пацієнтам під час проведення діагностичних та терапевтичних процедур, не повинен перевищувати 5 мЗв/рік.

Для радонотерапії використовують як природні води (м.Хмельник), так і штучні, приготовлені за допомогою розчину радія-226 (м. Запоріжжя). В профілакторіях м. Запоріжжя аналіз отриманих результатів свідчить про те, що найбільша концентрація радону-222 зареєстрована в барботерній – 1356,5 Бк/м³ (при нормі 50 Бк/м³), в приміщеннях розливу радону – 1004 Бк/м³. Найбільшу річну дозу за рахунок внутрішнього опромінення персонал отримує при роботі в кімнаті розливу – $602,4 \cdot 10^{-3}$ мЗв. В зв'язку з тривалим перебуванням персоналу в ванному відділенні і незважаючи на невеликий рівень концентрації радону річна доза опромінення персоналу за рахунок вдихання радону в цьому приміщенні складає 463,1 мкЗв. Це пояснюється тим, що за зміну готується 25 – 30 ванн з активністю 1,5 та 3 кБк/л.

Внизу, під землею, велику дозу отримують шахтарі, що добувають кам'яне вугілля, залізну руду. В Криворізькому залізничному басейні в шахті „Гвардеская” спостерігалася максимальна потужність дози гамма-випромінювання 128 мкЗв/год.

Деякі працівники отримують більш значні дози від природної радіації. Найбільшу групу таких працівників становлять екіпажі літаків. Польоти здійснюються на великій висоті, що зводить до збільшення дози за рахунок дії космічних променів. Екіпажі літаків отримують додаткову дозу на висоті 1 – 2 мЗв/рік.

На сьогоднішній день дози опромінення отримують фахівці, які працюють в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. В наслідок обстеження робітників Овруцького та Народичського лісхосзагів виявлено, що середні дози опромінення у 46% обстежених лісників, 13,4% лісорубів, 19,8% робітників цехів з переробки деревини перевищують допустиму дозу 2 мЗв/рік і становлять 5 мЗв/рік.

2.3 Інші джерела опромінення

Джерелами опромінення є багато загальноживаних предметів, які містять радіоактивні речовини.

Розповсюдженим джерелом опромінення були в деякий час годинники з циферблатом, який сяє. Вони давали річну дозу, яка в 4 рази перевищує ту, що обумовлена викидами на АЕС. Таку дозу отримують робітники АЕС, екіпажі літаків. Для цих годинників при виготовленні використовували радій, що зводить до опромінення всього організму, на відстані 1 м від циферблату випромінювання в 10000 раз слабше ніж на відстані 1 см. Зараз намагаються замінити радій тритієм чи прометеєм-147, які приводять до меншого опромінення.

При виготовленні особливо тонких оптичних лінз застосовують торій, який може призвести до суттєвого опромінення кристалика ока. Для того, щоб блищали штучні зуби використовують уран, який може бути джерелом опромінення тканини порожнини рота. Національна Рада Великобританії з радіаційного захисту рекомендувала припинити використання урану для цих цілей, а в США була встановлена його межа концентрації

Джерелом м'якого рентгенівського опромінення є кольорові телевізори, комп'ютери, але при правильному їх налаштуванні та експлуатації – дози не значні. Дисплеї на рідких кристалах повністю безпечні.

2.4 Дія радіації на людину

За силою та глибиною впливу на організм іонізуюче випромінювання вважається найсильнішим. Різні організми мають неоднакову стійкість до дії радіоактивного опромінення, навіть клітини

одного організму мають різну чутливість.

Коефіцієнти радіаційного ризику для різних тканин (органів) людини внаслідок рівномірного опромінення всього тіла, встановлені Міжнародною комісією з радіаційного захисту для вирахування ефективної еквівалентної дози, мають такі значення:

0,12 — червоний кістковий мозок	0,24—яєчники або сім'яники
0,03 — кісткова тканина	0,03 — щитовидна залоза
0,15 — молочні залози	0,30 — інші органи
0,12 — легені	1,00— організм у цілому

Для оцінювання токсичності дози вживають поняття середня смертельна доза (LD_{50}), коли гине не менше 50 % організмів, які постраждали від отруєння чи радіації. Так ось, внаслідок одноразового опромінення гамма-променями LD_{50} для вірусів і бактерій становить 4500—7000 Гр; найпростіших (амеба, інфузорія) — 3000—7000; вищих рослин—10—1500; водоростей—180; молюсків—120—200; голубів, тритонів, асцидів—25—30; курей, черепах—10—15; жаб, риби, гризунів, собак — 2,5—10, мавпи, людини — 3—5 Гр. Як бачимо, найбільш стійкі до дії іонізуючих випромінювань мікроорганізми та найпростіші.

Неоднакову радіочутливість (вразливість) мають організми різного віку. Чим молодший організм, тим він чутливіший до радіації.

Ще один важливий висновок — чим складніший організм, тим більше він уражується радіацією. В складно збудованих організмах з їх тонко скоординованими та взаємозалежними функціями численних органів і систем набагато більше й слабких ланок, де виникають ланцюгові реакції дезадаптації та патології.

2.4.1 Механізм біологічної дії іонізуючого випромінювання

Радіоактивність — це розпад важких ядер певних елементів, які перевантажені нейтронами. Природна радіоактивність — довільний, не спровокований розпад ядер елементів у природному стані, а штучна — викликана людиною в лабораторіях або реакторах АЕС тощо.

Ядерна реакція — це сильна взаємодія атомного ядра з елементарними частинками або з іншими ядрами, в результаті якої відбувається збудження та перетворення ядер.

Радіоактивний розпад не залежить від зовнішніх причин (тиску, температури, хімічних умов), для виникнення ядерної реакції потрібне зближення атомного ядра та частинки на відстань приблизно 10^{-15} м. З ядра під час його поділу виділяється величезна кількість енергії.

Ця енергія й викинуті радіоактивні частки різного типу іонізують речовини в тілі організмів, діючи на молекулярному рівні, викликаючи сильні зміни (залежно від дози опромінення) в ядрах клітин, порушуючи їх

нормальне функціонування.

Біологічну дію іонізуючого випромінювання умовно можна поділити на:

- 1) первинні фізико-хімічні процеси, що виникають в молекулах живих клітин;
- 2) порушення функцій цілого організму як наслідок первинних процесів.

Первинні фізико-хімічні процеси діють паралельно й призводять до складних взаємопов'язаних змін, які порушують функціонування біосистеми. Розрізняють пряму дію радіації й непряму [13].

***Непряма дія радіації** - це, коли іонізується вода організмів, відбувається радіоліз.*

В результаті опромінення в живій тканині, як і в будь-якому середовищі, поглинається енергія і виникають збудження і іонізація атомів опроміненої речовини. Оскільки у людини (і ссавців) основну частину маси тіла складає вода (біля 70%), первинні процеси в багатьох випадках визначаються поглинанням випромінювання водою, іонізацією молекул води з утворенням високоактивних в хімічному відношенні вільних радикалів типу OH чи H і наступними ланцюговими реакціями (в основному окисленням цими радикалами молекул білка).

***Пряма дія радіації** може викликати розщеплення молекул білка, розрив найменш міцних зв'язків, відрив радикалів і інші зміни.*

Необхідно зауважити, що пряма іонізація і безпосередня передача енергії тканинам тіла не пояснюють ушкоджуючої дії випромінювання. Так, при **абсолютно смертельній дозі**, рівній для людини **6 Гр** на все тіло, в 1 см³ тканини утворюється 10¹⁵ пар іонів, що складає одну іонізовану молекулу води на 10 млн. наявних молекул в організмі.

В подальшому під дією первинних процесів в клітинах виникають функціональні зміни, що підпорядковуються вже біологічним законам життя клітин.

Найбільш важливі зміни в клітинах:

- 1) пошкодження механізму ділення і хромосомного апарату;
- 2) блокування процесів оновлення клітин;
- 3) фізіологічна регенерація тканини.

У разі дії обох видів радіації головними об'єктами опромінення є великі білкові молекули й пов'язані з ними механізми біосинтезу. Найвищою радіочутливістю (гинуть швидше за інших) характеризуються клітини кісткового мозку, лімфоїдної тканини, статеві клітини, клітини епітелій шлунково-кишкового тракту, загалом — клітини з дуже високим рівнем відновлення (процесів поділу). Тканини, де дуже уповільнений поділ клітин, значно стійкіші до радіації (нервові клітини, кістки, хрящі).

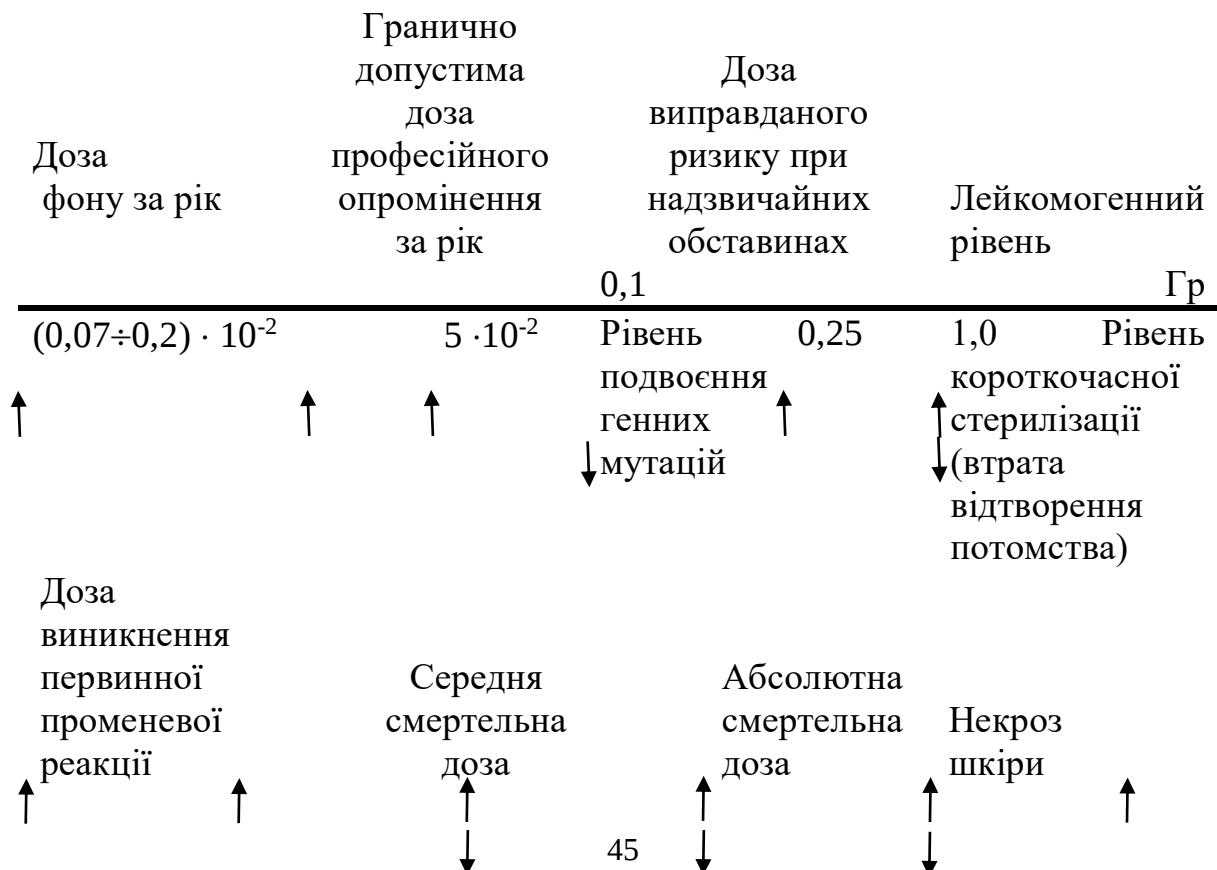
2.4.2 Допустимі рівні радіації та можливі наслідки опромінення людей

Соматичні (тілесні) ефекти – це наслідки дії опромінення на самого опроміненого, а не на його потомство.

Соматичні ефекти опромінення поділяють на стохастичні (вірогідні) і нестохастичні.

До нестохастичних соматичних ефектів відносять ураження, важкість яких залежить від дози опромінення і для виникнення яких існує дозовий поріг. До таких ефектів відносять, наприклад, локальні не злоякісні ураження шкіри, променевиї опік, катаракта очей (затемнення кришталіка), ушкодження статевих клітин (короткочасна і постійна стерилізація) і інше. Ці ефекти виявляються, якщо перевищується висока порогова доза. Значення деяких доз і ефектів показані на схемі рисунку 2.7 (зірочкою вказано місцеве або локальне опромінення тіла чи органів). На цій схемі показана гранично допустима доза професійного опромінення, вона дорівнює 50 мЗв/рік і розрахована на 50 років трудової діяльності.

На теперішній час є надійні дані багаточисельних і тривалих спостережень за персоналом та населенням, які піддавалися впливу підвищених доз (опромінення в медичних цілях, проведення ремонтних робіт на ядерних установках і т.і.). З цих даних випливає, що тривале професійне опромінення дозами до 50 мЗв в рік дорослої практично здорової людини не викликає ніяких несприятливих соматичних змін, реально реєстрованих за допомогою сучасних методів дослідження.



Гр					
1,5	2,0	4,0	6,0	15	20
			Постійна стерилізація	Катаракта	

Рисунок 2.7 – Порогові дози опромінення та відповідні наслідки

Нестохастичні ефекти повністю виключаються, якщо доза випромінювання не перевищує **0,5 Зв/рік для всіх органів**, за винятком кришталика ока, для якого межа річної дози дорівнює **0,3 Зв**.

Соматично-стохастичні і генетичні ефекти опромінення знайти важко, оскільки вони незначні, мають тривалий прихований період, який вимірюється десятками років після опромінення. До соматично-стохастичних ефектів відносять злоякісні новоутворення і пухлини.

Вірогідність їх появи залежить від дози опромінення і не виключається при малих дозах, оскільки вважають, що соматично-стохастичні ефекти не мають дозового порогу.

Генетичні ефекти – вроджена потворність – виникає в результаті мутацій і інших порушень в статевих клітинних структурах, що передаються спадковістю. Генетичні ефекти, так само як і соматично-стохастичні, не мають порога. Вихід обох ефектів мало залежить від потужності дози, а **визначається сумарною накопиченою дозою** незалежно від того, отримана вона за одну добу чи за 50 років. Соматично-стохастичні і генетичні ефекти повинні враховуватись при оцінюванні шкоди в результаті дії малих доз на великі групи людей, які нараховують сотні тисяч людей. Вихід цих ефектів визначається колективною дозою, а виявлення ефекту у окремого індивідуума практично непередбачене.

Для цілей радіаційного захисту згідно з рекомендаціями МКРЗ (Міжнародна комісія з радіаційного захисту) прийнято допущення, що стохастичні ефекти мають безпорогову лінійну залежність „доза – ефект” і були встановлені на основі наявних даних про стохастичну дію великих короткочасних доз (більше 1 Гр). Тому перенесення їх в звичайні умови опромінення на основі безпорогової лінійної концепції завищує реальний ризик малих доз.

Для оцінювання вірогідності виникнення соматично-стохастичних ефектів опромінення були використані стохастичні дані числа випадків смертельного захворювання лейкемією і іншими видами раку японців, що перенесли вибух атомних бомб в Хіросімі і Нагасакі, дані за наслідками рентгенотерапії.

Було встановлено, що кількість цих захворювань (зі смертельними наслідками) залежить не тільки від колективної дози, люд-Зв, а також від віку і статі, і складає в середньому 125 випадків в рік на 10^4 люд-Зв при рівномірному опроміненні всього тіла. Відповідний ризик опромінення виражається значеннями $125 / 10^4 = 1,25 \cdot 10^{-2}$ люд-Зв/рік. Якщо до цього ризику додати ризик генетичних радіаційних ушкоджень, рівний за

сучасними показниками $0,4 \cdot 10^{-2}$ люд-Зв/рік, у перших двох поколінь нащадків опромінених осіб, то загальний ризик складає $1,65 \cdot 10^{-2}$ люд-Зв/рік. Це значення ризику прийнято МКРЗ за номінальне. Необхідно відмітити, що генетичні наслідки опромінення вивчені наближено і будуть уточнюватися.

Доза **6 Гр** (доза 100%-ої летальності) **викликає смерть** всіх опромінених людей, які не лікувалися.

За даними американського радіобіолога Блера, внаслідок одноразового опромінення людини завдяки відновлюваним процесам протягом 30 діб відновлюється половина всіх уражень. Це період напіввідновлення. Інша частина відновлюється протягом 2,5—3,5 місяців.

У разі повторного опромінення наслідки визначаються шляхом додавання залишкової дози від попереднього опромінення й одержаної знову.

У результаті багаторічного опромінення всього тіла (або головного мозку) дозами потужністю, наприклад, 0,5—1 Зв на рік (50—100 Бер на рік) і більше може розвинути хронічна променева хвороба. Чим менша частина тіла зазнає опромінення, тим менші руйнівні наслідки.

Гостра променева хвороба – променева хвороба, яка розвивається після гострого опромінення (для людини - в дозах, які перевищують 1 Гр=100 рад).

Гостра променева хвороба (ГПХ) розвивається при короткочасному опроміненні всього організму, при опроміненні дозами від 1 до 100 і більше Гр за 1 – 3 дні. При отриманій дозі до 10 Гр розвивається ГПХ 4 ступеня. Первинна реакція (перші 2- 3 дні) – запаморочення, нудота, блювота. Протягом 25 днів при дозі 2,5 – 4 Гр спостерігаються зміни слизових оболонок, інфекційні ускладнення, можлива смерть. Перша реакція при ГПХ тяжкого ступеня (4 -10 Гр) протягом 30-60 хвилин – головна біль, нудота, підвищення температури, ураження слизових оболонок, протягом 15 днів настає смерть. Лікування ГПХ залежить від введення в організм антибіотиків, донорських тромбоцитів, пересадки кісткового мозку.

Для того, щоб попередити соматичні та звести до мінімуму генетичні наслідки опромінення, застосовують заходи щодо обмеження дози зовнішнього та внутрішнього опромінення персоналу, окремих осіб та всього населення. Для цього в першу чергу усе населення залежно від наслідків впливу іонізуючого випромінювання на організм поділяють на такі категорії [24].

Категорія А (персонал) – особи, які постійно або тимчасово працюють із джерелами іонізуючого випромінювання.

Категорія Б (персонал) – особи, які безпосередньо не працюють із

джерелами іонізуючого випромінювання, але за умовами праці або проживання можуть зазнати додаткового опромінення.

Категорія В – все населення.

Числові значення лімітів дози для різних категорій населення наведено в таблиці 2.3, а саме річна ефективна доза і еквівалентні дози зовнішнього опромінення для кришталика ока, шкіри та кісток ніг.

Річна ефективна доза – це сума ефективної дози зовнішнього опромінення протягом одного року та очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінення від радіоізотопів, що надходять до організму протягом цього самого року.

Для жінок репродуктивного (дітородного) віку (до 45 років), яких віднесено до категорії В, вводиться додаткове обмеження: середня еквівалентна доза зовнішнього локального опромінення за будь-які два послідовні місяці не повинна перевищувати 1 мЗв. За весь період вагітності ця доза не повинна перевищувати 2 мЗв. Крім того, для вагітних жінок (категорії А і Б) ліміт річного надходження радіоізотопів до організму не повинен перевищувати 1/20 від допустимого рівня.

Таблиця 2.3 – Ліміти доз опромінення, мЗв/рік

Назва дози опромінення	Умовне позначення ліміту дози	Категорія осіб, яка зазнає опромінення		
		А	Б	В
Ефективна доза	ЛДе	20	2	3
Еквівалентна доза зовнішнього опромінення:				
для кришталика ока	ЛД _{lens}	150	15	15
для шкіри	ЛД _{scin}	500	50	50
для кісток і стоп	ЛД _{extrim}	500	50	-

„Нормами радіаційної безпеки України” (НРБУ-97) регламентується також медичне опромінення – опромінення внаслідок медичних обстежень чи лікування. Під час проведення профілактичного обстеження населення річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв. Перевищення цього рівня допускається лише за умов несприятливої епідеміологічної ситуації за узгодженням з органами Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України. Особи, які добровільно надають допомогу пацієнтам під час проведення діагностичних та терапевтичних процедур, не повинні зазнавати опромінення в дозах, що перевищують 5 мЗв/рік.

Особи, молодші 18 років, не допускаються до роботи з джерелами

іонізуючого випромінювання.

Нормами радіаційної безпеки визначено три групи критичних органів за їх чутливістю до радіації:

перша група — все тіло, статеві органи, червоний кістковий мозок;

друга група — м'язи, щитовидна залоза, жирові тканини, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока, інші органи, крім тих, що не відносяться до першої та третьої груп;

третья група — кісткова тканина, шкіра, кисті рук, щиколотки, ступні ніг, передпліччя.

Основні дозові межі – це гранично допустимі соматичні дози зовнішнього та внутрішнього опромінення – показані для критичних груп органів та категорій опромінюваних людей в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дозові межі зовнішнього та внутрішнього опромінення, мЗв/рік

Категорія	Група критичних органів		
	I	II	III
A	50	150	300
Б	5	15	30

Сила впливу радіонуклідів, які потрапляють усередину тіла, визначається їх фізико-хімічними властивостями, шляхами (з їжею – таблиця 2.5, через дихання) й часом проникнення, а також здатністю накопичуватись та швидкістю виведення. При цьому має значення розмір частинок, оскільки крупніші затримуються у верхніх дихальних шляхах і можуть видалятися. Якщо вони надійшли з їжею, то також можуть, не потрапляючи в кров, виводитися з організму. Під час внутрішнього опромінення найбільш небезпечними є такі елементи, як радон, калій, радій, полоній та ін.

Таблиця 2.5 – Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР), Бк/кг, Бк/л

Назва продукту	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	2	3
Хліб, хлібопродукти	20	5
Картопля	60	20
Овочі (листяні, коренеплоди, столова зелень)	40	20
Фрукти	70	10
М'ясо і м'ясні продукти	200	20
Риба і рибні продукти	150	35

Молоко і молочні продукти	100	20
Яйця (шт.)	6	2
Вода	2	2
Молоко згущене і концентроване	300	60
Молоко сухе	500	100

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
Свіжі дикорослі ягоди й гриби	500	50
Сушені дикорослі ягоди й гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Інші продукти	600	200
Спеціальні продукти для дитячого харчування	40	5

Ступінь виведення радіонуклідів з організму залежить від швидкості біологічного (метаболічного) виведення та періоду напіврозпаду цих елементів. Чим молодший організм, тим швидше він очищується від радіонуклідів.

Слід пам'ятати, що, розраховуючи величини доз радіаційного опромінення для тієї чи іншої людини, груп людей чи об'єктів, завжди треба відрізняти й враховувати космічне (позаземне), природне радіоактивне земне випромінювання та випромінювання, пов'язане з використанням людиною радіоактивних речовин.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Дайте класифікацію усіх джерел опромінення.
2. Охарактеризуйте природні джерела радіації.
3. Які дози опромінення отримує людина від космічного випромінювання?
4. Наведіть приклади аномальних радіоактивних територій.
5. Дайте фізичну характеристику радону.
6. Яка позитивна та негативна біологічна дія радону-222?
7. Охарактеризуйте джерела надходження радону в повітря приміщень.
8. Результати дослідження концентрації радону на Україні: в яких районах найбільша концентрація, в яких приміщеннях та будівлях, які основні фактори сприяють накопиченню радону?
9. Як впливає медичне обстеження на загальну дозу опромінення?
10. Як визначається генетично значима еквівалентна доза?

11. Коли і якими країнами проводилися ядерні вибухи?
12. Які радіонукліди утворюються в результаті ядерних вибухів, періоди їх напіврозпаду?
13. Які фізичні процеси відбуваються під час вибуху?
14. Охарактеризуйте такі види ядерних вибухів: повітряний, наземний, підземний.
15. Дайте означення поняття „ударна хвиля”.
16. Як впливають АЕС на навколишнє середовище?
17. Назвіть основні етапи ядерного паливного циклу.
18. Які типи енергетичних реакторів використовують у ядерній енергетиці?
19. Наведіть приклади основних видів підприємств на Україні, які використовують джерела іонізуючого випромінювання, дайте їм характеристику.
20. Наслідки аварії на ЧАЕС: якими основними радіоактивними речовинами забруднена територія України, скільки людей постраждало і які дози отримали під час аварії та за 11 років після аварії?
21. Які види професійного опромінення найбільш вагомі?
22. Дайте означення понять „непряма дія радіації” та „пряма дія радіації”.
23. Яка доза вважається смертельною?
24. Охарактеризуйте стохастичні та нестохастичні соматичні ефекти.
25. Визначить порогові дози опромінення для людини та відповідні наслідки.
26. На які основні категорії можна поділити населення залежно від впливу іонізуючого випромінювання?
27. Дайте означення поняття „річна ефективна доза”.
28. Які ліміти доз опромінення для різних категорій населення встановлено НРБУ-97.
29. Назвіть три групи критичних органів та відповідні для них дозові межі зовнішнього та внутрішнього опромінення.
30. Назвіть допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді.

3 СИСТЕМА НОРМ ТА ПРАВИЛ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ

3.1 Принципи побудови системи якості та радіаційного контролю

В умовах ринкової економіки при укладанні контракту між двома сторонами на поставку продукції певної якості завжди виникає необхідність у затвердженні спроможності постачальника запроектувати, виробити і поставити продукцію, що відповідає вимогам контракту.

Прагнення знайти надійних партнерів привело до практики занесення в контракти вимог щодо системи якості, які доповнюють вимоги до продукції або послуг, а також до перевірки системи якості на підприємстві у постачальника.

Для регулювання систем якості у ряді країн створено національні стандарти, що встановлюють вимоги до систем забезпечення якості, а у 1987 р. Міжнародною організацією із стандартизації (ІСО) була затверджена серія стандартів ІСО 9000-ІСО 9004 [25].

ІСО 9001 „Система якості. Модель для забезпечення якості при проектуванні і розробці, виробництві, монтажі і обслуговуванні”.

ІСО 9002 „Система якості. Модель для забезпечення якості при виробництві та монтажі”

ІСО 9003 „Система якості. Модель для забезпечення якості при кінцевому контролі і випробуваннях”.

В колишньому СРСР вони були прийняті.

Методи раціонального контролю, застосування яких у будівництві регламентовано ДБН В.1.4-0.01-97. „Система норм та правил зниження рівня іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів у будівництві” несуть на собі тяж функціональне навантаження, що і системи якості, регламентовані Стандартами ІСО серії 9000. Вони використовуються на підприємствах промисловості будівельних матеріалів, які виробляють (добувають) сировину, будівельні матеріали, конструкції та вироби, і у будівельних організаціях, що споживають продукцію підприємств і будують об’єкти різноманітного призначення.

Радіаційний контроль здійснюється у складі систем якості, регламентованих стандартами ІСО серії 9000 або іншими нормативними документами, діючими в Україні. В обох випадках рекомендовано

дотримуватися основних вимог стандартів ISO серії 9000.

Основні функції Системи якості:

1. Забезпечення якості продукції - це сукупність заходів, що плануються і систематично проводяться, які утворюють необхідні умови для виконання кожного етапу технологічного процесу таким чином, щоб продукція задовольняла певні вимоги щодо якості.

Ідеологія стандартів ISO серії 9000 полягає у наданні системам якості таких можливостей функціонування, щоб забезпечувалась впевненість у тому, що **проблеми попереджуються**, а не виявляються після виникнення.

2. Управління якістю являє собою методи і діяльність оперативного характеру. До них відноситься управління процесами, виявлення різного роду невідповідностей у продукції, виробництві або в системі якості та ліквідація цих невідповідностей, а також причин, що їх викликали.

В системі якості діє три напрями:

- забезпечення;
- управління;
- покращення.

Рекомендуються такі основні напрями формування політики в області якості:

- покращення економічного становища підприємства за рахунок підвищення якості;
- поширення або завоювання нових ринків збуту за рахунок підвищення якості продукції;
- досягнення технічного рівня продукції, що перевищує рівень провідних підприємств, фірм, організацій;
- орієнтація та задоволення вимог споживача певних галузей або певних регіонів;
- покращення найважливіших показників якості продукції;
- зниження рівня дефектності продукції, що виготовляється;
- збільшення строків гарантії на продукцію.

Система першого типу - „Одноразові радіаційні обстеження” передбачає:

- вхідний контроль;
- контроль у процесі виробництва;
- остаточний контроль.

Структура системи містить:

- пункти проведення контрольних вимірювань або відбору проб;
- лабораторію, що здійснює контрольні дослідження і обробку інформації, аналіз результатів, прийняття рішень і видачу довідок (актів) про результати замовнику або рішень про необхідність корекції процесу забезпечення якості безпосередньо на виробництві.

Система другого типу „Систематичні радіаційні обстеження”

передбачає:

- вхідний контроль;
- контроль у процесі виробництва;
- остаточний контроль;
- контрольні рівні.

Структура системи містить:

- пункти проведення контрольних вимірювань або відбору проб;
- лабораторію, що здійснює контрольні дослідження і обробку інформації, яка надійшла з пунктів проведення вимірювань, зберігання даних про результати вимірювань в банку з використанням ПЕОМ, аналіз результатів поточних вимірювань і масивів інформації за встановлений період часу, прийняття рішень з локальних питань і зміни контрольних рівнів радіаційних параметрів, надання замовнику результатів вимірювання, рішень про необхідність корегування процесу забезпечення встановлених контрольних рівнів, узгоджених з органами Держсанепідемнагляду.

Вибір типу Системи раціонального контролю залежить від таких особливостей цих систем:

- система першого типу: реалізується перший принцип радіаційної безпеки – „не перевищення встановленої дозової межі”, система забезпечує дотримання встановлених нормативних значень радіаційних параметрів;
- система другого типу: реалізується принцип радіаційної безпеки – „зниження дози випромінювання до якнайменшого рівня”, система забезпечує постійне зниження значень радіаційних параметрів шляхом використання замість нормативних – контрольних рівнів.

Відповідальність за види і результати діяльності, що впливають на якість, може бути зафіксована в документах двох видів:

- посадових інструкцій і положеннях про підрозділи;
- документах, що встановлюють порядок виконання функцій і робіт.

Відповідальність, повноваження і взаємодія всього персоналу, який керує, виконує і перевіряє роботу, яка має вплив на якість, повинні бути чітко визначені. Це особливо відноситься до персоналу, якому необхідні організаційна свобода і повноваження для:

- 1) проведення заходів, що направлені на попередження вироблення невідповідної продукції;
- 2) виявлення і реєстрація будь-яких проблем в області якості продукції;
- 3) перевірки виконання рішень;
- 4) контролю за невідповідною продукцією, її постачанням або монтажем до того часу, поки виявлені дефекти або незадовільні умови не будуть усунені.

Функції служб радіаційного контролю (РК) впливають із основних завдань систем радіаційного контролю, застосування яких в будівництві регламентоване ДБН В.1.4 – 0.01 – 97. В цілому ці функції охоплюють

забезпечення, управління та покращення якості будівництва. Основною функцією РК є контрольна, – забезпечення систематичного технологічного контролю – яка забезпечує додержання відповідних нормативних чи встановлених вимог. Згідно з ДБН В.1.4 – 0.01 – 97 основна функція реалізується двома шляхами:

- одноразові радіаційні обстеження, спрямовані на забезпечення нормативного рівня радіаційних параметрів будівельної продукції і управління якістю в межах діючих норм радіаційних параметрів; функція цього типу базується на прийнятті „не перевищення нормативної дозової межі”;

- систематичні радіаційні обстеження, спрямовані на забезпечення умов для постійного покращення якості, тобто покращення радіаційних параметрів будівельної продукції; функція цього типу базується на принципі „зниження дози випромінювання до можливо низького рівня” і забезпечує постійне зниження значення радіаційного рівня шляхом використання контрольних рівнів випромінювання як нормативних. Контрольні рівні встановлюються адміністрацією підприємств за погодженням з органами державного санітарного нагляду. Для практичної реалізації цього принципу необхідно виконати великий масив інформації про радіаційні обставини в організаціях-постачальниках, організаціях-споживачах сировини та організаціях-виготовлювачах готової продукції.

Системою норм і правил зниження рівня іонізуючих випромінювань в будівництві регламентовані допустимі рівні таких показників [10]:

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів (ПРН) радію-226, торію-232, калію-40 в сировині та будівельних матеріалах (Бк/кг, Беккерель на кілограм) і визначається із виразу:

$$A_{\text{еф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31A_{\text{Th}} + 0,085 A_{\text{K}}, \quad (3.1)$$

де A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} – питома активність радію-226, торію-232, калію-40, відповідно;

1,31 і 0,085 – вагові коефіцієнти для торію-232 і калію-40 по відношенню до радію-226;

- потужність поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень (мкГр/год, мікрогрей за годину);

- середньорічна еквівалентна рівноважна об’ємна активність (ЕРОА) радону-222 (Бк/м³, Беккерель в кубічному метрі повітря приміщення).

Радіаційний контроль в будівництві дозволяється виконувати державним і приватним службам, які мають статус державного чи приватного підприємства, зареєстрованого встановленим чином.

Незалежно від підпорядкованості і статусу всі служби радіаційного контролю повинні пройти обов'язкову акредитацію в Держстандарті України (за погодженням з МОЗ України відповідно до діючого законодавства) і мати протокол зіставлення, який забезпечує єдність вимірювань радіаційних параметрів в будівництві на території України.

3.2 Основні закони та типові нормативні документи з радіаційної безпеки, що діють на Україні

Після аварії на ЧАЕС більшу увагу стали приділяти радіаційній безпеці населення. Поступово розробляються і впроваджуються нові закони та нормативи щодо захисту від іонізуючих випромінювань згідно з вимогами міжнародних стандартів якості ISO 9000 - 9004. До основних законів та норм відносяться:

1. Закон України «Про охорону навколишнього середовища».
2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». – К.: 1992.- 8 с.
3. Закон України „Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань”, 1988 р.
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 406 від 16 березня 1999 р. „Про порядок створення єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення”.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи, ДГН 6.6.1.-6.5-001-98. – Київ, 1998. -135 с.
6. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді. – Київ: МОЗ України, 1997. – 8 с.
7. Радиационно-гигиеническая оценка эффективности противорадионуклидных препаратов, пищевых добавок и продуктов: Методические рекомендации/ МЗ Украины. – Киев: 1993. – 12 с.
8. Міжнародні основні норми безпеки для захисту від іонізуючих випромінювань і безпеки роботи з джерелами випромінювання. Серія видань щодо безпеки №115.-Вена: МАТАТЭ, 1997. -382 с.
9. Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Публикация 60 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 192 с.
10. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України.- Київ: 1998 р.-33 с.
11. Державні будівельні норми України. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. ДБН В.1.4-0.01-97, ДБН В.1.4-0.02-97, ДБН В. 1.4-1.01-97, ДБН В.1.4-2.01-97.- Київ: Держкоммістобудування України, 1997 – 100 с.

12. Посібник до ДБН В.1.4.-2.01-97 «Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва» –Київ: Укрархбудінформ, 1997. – 101 с.

Однак у цілому ефективність природоохоронних заходів у країні, заходів для запобігання випадків високого чи навіть екстремально високого забруднення навколишнього середовища виявляється низькою.

3.3 Регламентовані радіаційні параметри

3.3.1. Визначення потужності поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання

У відповідності до вимог ДБН В.1.4-1.01.97 при здачі об'єкта в експлуатацію в кожному приміщенні будинку вимірюється потужність поглиненої дози (ППД) гамма-випромінювання до закінчення опоряджувальних робіт [10].

Результати випромінювань оформляються у вигляді акта із зазначенням приладу, який використовувався, і дати його державної перевірки. Один примірник акта додається до документів приймально-здавальної комісії при прийманні будівлі в експлуатацію, а другий, за необхідністю, передається в територіальну санітарно-епідеміологічну станцію.

При проведенні систематичних радіаційних обстежень результати вимірювань повинні вводитись в пам'ять електронних обчислювальних машин і зберігатись в банках даних з метою використання їх для обґрунтованого встановлення контрольних рівнів радіаційних параметрів об'єктів будівництва і загальної оцінки якості будівництва.

ДБН В.1.4-1.01-97 регламентують допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень для таких об'єктів будівництва:

$ППД \leq 30$ мкР/год – для побудованих, реконструйованих та капітально відремонтованих об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення при введенні їх в експлуатацію;

$ППД \leq 50$ мкР/год – для об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення, які введені в експлуатацію до 01.01.1992 року.

Якщо ППД всередині приміщень будинків і споруд, що експлуатуються, з постійним перебуванням людей перевищує 50 мкР/г, то в них обов'язкове проведення протирадіаційних заходів. Такі заходи реальні у випадках, коли підвищений рівень гамма-фону обумовлений використанням матеріалів для засипання або влаштування цокольної

внутрішньої і зовнішньої частини фундаменту з підвищеним вмістом природних радіонуклідів, які можна видалити. Якщо такий матеріал входить в склад стін і елементів перекриттів, то єдиним заходом може бути зміна призначення приміщення або всього будинку в цілому. Радіаційна якість приміщень, в яких ППД перевищує 50 мкР/г, може бути поліпшена нанесенням на конструкції будівель плівок та сумішей з відповідними захисними властивостями.

В середньому на території України потужність дози гамма-випромінювання зовні приміщень складає 6...25 мкР/г (нормальний радіаційний фон) [19]. В приміщеннях для цегляних будинків потужність дози гамма-випромінювання в середньому 15 мкР/г, а для панельних – 25 мкР/г.

Практично в Україні впроваджений в життя контроль за потужністю поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень.

Матеріали та обладнання для вимірювання ППД

Для вимірювання потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в приміщеннях та на відкритій території використовувались дозиметричні прилади, які мають поріг чутливості не більший за $0.088 \text{ мкГр} \times \text{год}^{-1}$ (або $10 \text{ мкГр} \times \text{год}^{-1}$) і максимальний рівень залежності реєстрації від випромінювання, що не перевищує 30% в діапазоні енергій від 30 кеВ до 3 МеВ [12]. Дозиметричні прилади для вимірювання іонізуючого випромінювання відрізняються видом детектора (таблиця 3.1).

***Детектор** - це елемент приладу, що застосовується для виявлення іонізуючих випромінювань, вимірювання їх енергій та інших властивостей.*

До детекторів, що ґрунтуються на виявленні ефекту від іонізації в газі, відносяться іонізаційні камери та газорозрядні лічильники. В іонізаційних камерах електрони та позитивні іони, які утворюються при випромінюванні, під дією сил електричного поля переміщуються до відповідних електродів, що спонукають появлення струму в зовнішньому ланцюгу [49]. Величина цього струму є мірою іонізаційного ефекту . Іонізаційні камери заповнюються азотом чи аргоном, об'єм - 0,01...0,02 м³, тиск - 200...300 Па. Недолік цих приладів — значний об'єм іонізаційних камер та їх маса.

Спектрометричний метод вимірювання гамма-випромінювання базується на використанні сцинтиляційного чи напівпровідникового детектора, який реєструє енергетичний спектр гамма-випромінювання, що випромінюється радіонуклідами уранового або торієвого ряду, а також калієм-40. За формою спектра розраховується потужність дози. Недоліком методу є складність обробки результатів та складність апаратури, що включає спектрометричний детектор, польовий багатоканальний аналізатор імпульсів та джерело живлення. В сцинтиляційному дозиметрі в

якості детектора використовується повітряноеквівалентний пластмасовий сцинтилятор, який покритий сирнистим цинком. Перевага приладу — портативність дозиметра, висока чутливість, практично відсутня енергетична залежність чутливості.

Таблиця 3.1 – Радіометри і дозиметри

Назва приладу і його призначення	Тип випромінювання, що реєструється. Система живлення.	Детектор	Діапазони величин, що реєструються	Діапазон енергій, що реєструється	Вага
1	2	3	4	5	6
Е1 1119 – дозиметр рентгенівського і гамма випромінювання, вимірює експозиційну, поглинену дози в повітрі	Рентгенівське Гамма Акумуляторний блок, мережа 220 В, бортова мережа постійного струму	Пластмасовий (полістирол з домішками важких металів) Ø 30×10 мм	Потужність дози: 5 мкР/г÷1000 Р/г Дози: 5 мкР ÷ 1000 Р	При вимірюваннях потужності амбієнтної дози–20 кеВ ÷ 3 МеВ При вимірюваннях потужності поглиненої або експозиційної дози – 40 кеВ ÷ 3 МеВ	Блок детектування – 0,6 кг. Блок обробки – 2 кг. Блок живлення – 0,4 кг.
ДГК – 01 „Стакер” дозиметр γ-випромінювання. Безупинне вимірювання потужності експозиційної дози із одночасною фіксацією географічних координат в точці вимірювання	Гамма Акумулятори		0,1 мкЗв/г ÷ 999 мкЗв/г	50 кеВ ÷ 3 МеВ	2 кг

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
ДКС-01 „СЕЛВИС” професійний портативний дозиметр- радіометр гамма, бета – випромінювання. Вимірювання: еквівалентної дози, потужності еквівалентної дози, щільності струму бета-частинок, часу експозиції.	Рентгенівське Гамма Бета Незалежне від промислової мережі геліоаккумуляторне живлення	Гамма-детектор типу „Селді”. Виносний блок сцинтиляційного бета-детектора	Потужність еквівалентної дозы: $0,1 \text{ мкЗв/г} \div 10^4 \text{ мкЗв/г}$. Еквівалентна доза: $1 \text{ мкЗв/г} \div 10^4 \text{ мкЗв/г}$. Щільність струму бета- частинок: $10 \text{ хв}^{-1} \times \text{см}^2 \div 10^5 \text{ хв}^{-1} \times \text{см}^2$	Гамма і рентгенівське випромінювання: $50 \text{ кеВ} \div 3 \text{ МеВ}$	0,45 кг
РКС-01 „СТОРА” Портативний радіометр- дозиметр гамма, бета –випроміню- вання. Вимірювання: потужності еквівалентної дози, щільність струму бета-частинок	Рентгенівське Гамма Бета Акумуляторна батарея	Газорозрядний лічильник СБМ - 20	Потужність експозиційної дозы: $0,01 \text{ мР/г} \div 100 \text{ мР/г}$ Щільність струму бета- частинок: $40 \text{ хв}^{-1} \times \text{см}^2 \div 4 \times 10^4 \text{ хв}^{-1} \times \text{см}^2$	$50 \text{ кеВ} \div 3 \text{ МеВ}$	0,3 кг

Для термолюмінесцентних дозиметрів використовують детектори на основі кристалів: дозиметр має найменшу енергетичну залежність дозової чутливості, потребує експозиції більше трьох місяців; CaF_2 , CaSO_4 дозиметр має найбільшу чутливість і його можна використовувати при тижневій експозиції.

Умови вимірювання

Радіаційний контроль рівнів ППД зовнішнього гамма-випромінювання в приміщеннях проводився протягом всього року за винятком періодів, коли температура в приміщеннях об'єкта, який контролюється, нижча за -10°C . Вимірювання ППД поза приміщеннями виконується в місцях з рівним рельєфом на висоті один метр від поверхні ґрунту та на відстані не менше одного метра від невисотних споруд і 30 м від висотних.

3.3.2 Вимірювання ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах

Будівельні матеріали виготовляються з природної сировини, яка включає до свого складу природні радіонукліди (радій-226, торій-232, калій-40), які є джерелом зовнішнього гамма-випромінювання в будинках [27]. З іншого боку, при розпаді радію-226 виділяється радіоактивний газ радон-222, який поступає в повітря приміщень. Сумарно ці два джерела вносять до 65% в загальну дозу опромінення населення (рис.1.3).

Кожне підприємство, яке виготовляє або відпускає сировину та будівельні матеріали (природного походження, промислового виробництва, відходи промисловості) зобов'язане проводити оцінювання їх радіоактивності або мати сертифікат радіаційної якості, виданий спеціалізованою лабораторією.

В залежності від концентрації радіонуклідів будівельні матеріали діляться на три класи, що регламентуються державними будівельними нормами ДБН В1.4-1.01-97:

1 клас. Ефективна сумарна питома активність ($A_{\text{еф}}$) ПРН не повинна перевищувати 370 Бк/кг. Будівельні матеріали використовуються для всіх видів будівництва без обмежень.

2 клас. Будівельні матеріали з $A_{\text{еф}} = 370-740$ Бк/кг можуть використовуватися для дорожнього та промислового будівництва.

3 клас. Будівельні матеріали з $A_{\text{еф}} = 740-1350$ Бк/кг можуть використовуватися для таких об'єктів:

- промислового призначення, де виключається перебування людей;
- дорожнього призначення поза населеними пунктами;
- дорожнього призначення в межах населених пунктів за умовою покриття шаром ґрунту або іншого матеріалу товщиною не менше ніж 0,5 м.

Для використання будівельних матеріалів з $A_{\text{ef}} > 1350$ Бк/кг у всіх випадках необхідно одержати дозвіл Мінохорониздоров'я України.

Контролю радіонуклідного складу підлягають сировина та будівельні матеріали, відповідно до ДБН В.1.4 - 2.01 -97. Першим етапом контролю є відбір проб на місці знаходження сировини, будівельних матеріалів.

Попереднє сортування та відбір проб

За розробленою методикою відбір проб є початковим етапом радіометричного аналізу. На місці знаходження сировини, будівельних матеріалів або у ємкості транспортування рекомендується перевірити однорідність продукції, що підлягає контролю, шляхом експрес-оцінювання рівня гамма-випромінювання за допомогою переносного радіометра або дозиметра. Результати вимірювань у різних точках залягання продукції не повинні відрізнятися не більш ніж у два рази. У випадку встановлення факту неоднорідності продукції її слід розділити на декілька однорідних груп, близьких за рівнями вимірюваних значень. В десяти різних ділянках партії одного виду відбирають проби вагою 2 кг кожна, переміщують на піддоні за допомогою лопати і методом квартування виділяють проби об'ємом не менш ніж 1 дм^3 . Відібрані проби подрібнюють до розміру $1...2 \text{ мм}$, пакують у поліетиленові подвійні пакети з паспортом, який розміщують для збереження між пакетами, і направляють в лабораторію для аналізу.

Для визначення питомої активності природних радіонуклідів (ПРН) в будівельних матеріалах використовують такі методи: радіохімічні, радіометричні та гамма-спектрометричні. Часто застосовується гамма-спектрометричний метод. Значне застосування отримав радіометричний метод, що обумовлено його малою трудомісткістю, великою чутливістю та точністю.

Гамма-спектрометричний метод - визначення кількості ПРН в пробах, базується на вимірюванні розподілення амплітуди імпульсів від досліджуваних радіонуклідів в енергетичних інтервалах, що фіксуються. Межами цих інтервалів для сцинтиляційних детекторів з енергетичною різницею $9,9...10,5\%$ є такі ділянки, які містять піки повного поглинання, $M_{\text{ев}}$: калій-40 — $1,4...1,54$; радій-226 — $1,69...1,94$; торій-23 — $2,45...2,75$ [42].

Радіометричний метод передбачає вимірювання гамма-радіометрами у закритих опалюваних приміщеннях, при температурі навколишнього повітря від $+10$ до $+35$ $^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря 75% при температурі $+35$ $^{\circ}\text{C}$. Для проведення вимірювань пробу в контейнері розміщують у колодязь сцинтиляційного детектора. Тривалість вимірювань гамма-випромінювання проб повинна бути не менше $20...30$ хвилин. У гамма-радіометрі РУГ-91М усі необхідні розрахунки виконуються автоматично і результати вимірювання питомої активності

ізотопів радію-226, торію-232, калію-40, цезію-137, сумарної ефективної питомої активності відображаються на цифровому індикаторі (Бк/кг) з урахуванням віднімання величини фону. Автоматично розраховується також абсолютна статистична похибка для кожного типу радіонуклідів і сумарної ефективної питомої активності. Результати вимірювання питомої активності радіонуклідів радію-226, торію-232 та калію-40 на гамма-радіометрі рекомендується оформлювати за регламентованою формою у робочому журналі або на спеціальному бланку. Подальше використання будівельного матеріалу здійснюється відповідно до класифікації сировини та будівельних матеріалів за класами використання (розділ 1.2.). У випадках, якщо величина питомої активності будь-якого з радіонуклідів або питома сумарна ефективна активність з урахуванням допустимої основної відносної похибки перевищують допустимі рівні для класу матеріалу або сировини, наприклад:

$$A_{\text{торія-232}} = 145 \pm 43, \text{ Бк/кг}; \quad A_{\Sigma\text{эф}} = 245 \pm 37, \text{ Бк/кг},$$

необхідно збільшити час вимірювання для зменшення похибки або передати пробу для гамма-спектрометричного аналізу.

Експрес-оцінювання будівельних матеріалів може виконуватися на місці залягання будівельної сировини та в ємкості для її транспортування за допомогою дозиметрів та гамма-радіометрів, які вимірюють потужність експозиційної дози. Після віднімання гамма-фону в місці вимірювання показання приладу слід помножити на калібрований коефіцієнт. Цей коефіцієнт пов'язує покази конкретного приладу від одного і того ж виду будівельної сировини в стандартній упаковці з вимірюваннями сумарної питомої активності ПРН цього ж будматеріалу, але на гамма-спектрометричному обладнанні в лабораторних умовах. Оскільки експрес-оцінювання класу будівельної сировини орієнтоване, то у випадках перевищення нормативу для першого класу партія сировини не відправляється замовнику. Представницька проба цієї сировини відправляється для гамма-спектрометричних досліджень в лабораторію для точного визначення класу будівельної сировини за видами використання.

Гамма-спектрометричний аналіз будівельних матеріалів - процедура складна і дорога, оскільки включає попереднє сортування продукції, відбір проб і проведення вимірювань в спеціальних лабораторних умовах.

Розроблено новий метод вимірювань природних радіонуклідів за допомогою детектора - сцинтиляційного кристалу, який наклеєний на фотоприймач. В сцинтиляційному кристалі під дією фотонного іонізуючого випромінювання виникає спалах світла оптичного діапазону, інтенсивність якого пропорційна енергії фотона, що поглинена в кристалі. Імпульс світла реєструється фотоприймачем. В результаті реєстрації великої кількості фотонів іонізуючого випромінювання утворюється апаратний спектр випромінювання речовини. Активність радіонукліда

обчислюється за певним алгоритмом з використанням швидкості зчитування в різних енергетичних ділянках спектра. Маса проби - 1,5 кг. Детектор розташовано в свинцевому коліматорі, який захищає його від зовнішнього фону. З метою підвищення чутливості вимірювання виконують двічі: при відкритому коліматорі та при коліматорі, який закрито свинцевою заглушкою. Цей метод дозволяє проводити контроль будівельних матеріалів безпосередньо на місці їх розташування і без відбору проб, а також контролювати будівельні матеріали готових будівель і споруд без порушення їх цілісності. Маса приладу - 13 кг (маса детекторної частини - 10 кг). Тривалість одного вимірювання для будівельного матеріалу з $A_{\text{сф}} = 100$ Бк/кг (якщо похибка 30%) не перевищує 10 хвилин.

3.3.3 Методики дослідження еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі приміщень

Допустиме значення середньорічної еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 для всіх типів об'єктів становить 50 Бк/м³.

Методи визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 базуються на використанні фізичних та хімічних властивостей його як газу та дочірніх продуктів розпаду як аерозолів.

Вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 як газу виконують за допомогою таких методів [19]:

- методи відбору визначеного об'єму проби повітря та з наступним її лабораторним аналізом;
- метод пасивної сорбції радону-222 на активному вугіллі з наступним вимірюванням активності на гамма-спектрометрі;
- метод прокачування повітря через патрон з активованим вугіллям, з подальшим витримуванням в патроні до досягнення рівноваги між радоном-222 та його дочірніми продуктами розпаду та вимірювання концентрації на сцинтиляційному гамма-спектрометрі;
- метод вимірювання концентрації радону-222 пасивними радонометрами без прокачування повітря з використанням напівпровідникових поверхнево-бар'єрних кремнієвих детекторів та іонізаційних камер;
- метод прямих вимірювань концентрації радону-222 з застосуванням електростатичного осадження на напівпровідниковому детекторі з наступною реєстрацією альфа-спектра;
- метод вимірювання концентрації радону-222 за допомогою пасивних трекових радонометрів, що реєструють мікропошкодження, які утворюють альфа-частинки на детекторі;
- метод вимірювання концентрації радону-222 за допомогою пасивного електретного радон-монітора, що реєструє падіння напруги на поверхні електрета внаслідок накопичення на його поверхні іонів як продуктів розпаду радону-222.

Вимірювання об'ємної активності радону-222 як аерозолів дочірніх продуктів розпаду виконують за допомогою таких методів:

- метод прокачування повітря через фільтр, на якому осідають аерозолі, та реєстрацією альфа-детектором з обробкою результатів способами спектрометрії або часової декомпозиції;

- метод безперервного монітора робочого рівня за допомогою приладів, що використовують систему фільтрів, які постійно експонуються в повітрі, та обладнанні комп'ютерами для обробки та видачі інформації про об'ємну активність дочірніх продуктів розпаду радону-222;

- метод вимірювання за допомогою комбінованих пасивних трекових радонометрів, принцип роботи яких базується на використанні двох трекових детекторів в одному радонометрі, один з яких реєструє альфа-частинки від радону-222, а другий - альфа-частинки від його дочірніх продуктів розпаду.

Характеристика активних та пасивних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 в повітрі наведена в табл. 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 - Характеристика активних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 в повітрі

Метод відбору проб повітря	Обладнання для відбору проб повітря та детектування	Метод та обладнання для реєстрації	Час відбору (експозиції)
Відбір певного об'єму повітря	1.Іонізаційна камера	Лічильник імпульсів	3 хв
	2. Сцинтиляційна одно або двовентильна камера	Лічильник імпульсів	3 хв
Прокачування певного об'єму повітря з метою концентрації аерозолів	1. Касети з активованим вугіллям	Гамма-спектрометр	10 хв
		Десорбція в сцинтиляційній або в іонізац. камері	20 хв
	2. Метод “одинарний фільтр”	Альфа-радіометр	10-180 хв
Прокачування до нерадіоактивної рівноваги	Рідинно-сцинтиляційна віала з активованим вугіллям та сцинтиляційна рідина для десорбції	Рідинний альфа, бета-спектрометр або радіометр	30 хв
Безперервне прокачування повітря	1.Іонізаційна динамічно-проточна камера	Електрометр	тривалий
	2.Сцинтиляційна проточно-двовентильна камера	Лічильник імпульсів	тривалий
	3. Метод “подвійний фільтр”	Сцинтиляційний радіометр	тривалий

Таблиця 3.3 - Характеристика пасивних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 в повітрі

Метод відбору проб повітря	Обладнання для відбору проб повітря та детектування	Метод та обладнання для реєстрації	Час відбору (експозиції)
Дифузія	1.Трековий детектор	Хімічна обробка та облік на оптичній системі	1-12 місяців
	2.Трековий детектор	Хімічна обробка та обмін на іскровому лічильнику	1-12 місяців
	3. Електречетний детектор	Електречетр,коротко-часний електречет	2-60 доби
		Довгочасний електречет	1-12 міс.
Дифузія та сорбція	1.Касети з активованим вугіллям	Гамма-спектречетр	1-7 діб
	2.Касети з активованим вугіллям	Десорбція в сцинтиляційну камеру	1-7 діб
	3. Віала з активованим вугіллям	Рідинний альфа, бета-спектречетр або радіечетр	1-7 діб
	4. Віала рідинного сцинтиляційного лічильника з шаром твердого сцинтилятора	Рідинний альфа, бета-спектречетр або радіечетр	години
Дифузія, електростатичне осадження	1. Алюмінізований лавсан+фотоплівка ТЛД	Денситечетр	170 годин
		ТЛД-зчитувач	1 місяць
	2.Трековий детектор	Хімічна обробка та облік на оптичній системі	2 місяці
	3.Алюмінізований лавсан+фотомножник	Лічильник імпульсів	40 хвилин
	4.Кремнієвий напівпровідниковий детектор	Багатоканальний аналізатор	40 хвилин

Вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 як газу виконують за допомогою таких методів. Вибраний метод вимірювання ЕРОА радону-222 в повітрі повинен забезпечувати одночасність проведення великої кількості вимірювань, бути простим у використанні, створювати мінімальний психологічний дискомфорт мешканцям приміщення, що обстежується. Затрати на вимірювання та

обробку результатів повинні бути мінімальними, а точність визначення ЕРОА радону-222 не повинна перевищувати допустимої похибки 20%.

Аналіз активних та пасивних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 свідчить, що найдоцільнішим для визначення ЕРОА є метод із застосуванням пасивної трекової дозиметрії. Він дозволяє одночасно проводити багато вимірювань з достатньою репрезентативністю результатів та простий у використанні. Принцип методу пасивної трекової дозиметрії такий. Повітря, що аналізується на об'єктах житлово-цивільного та промислового призначення, природним шляхом попадає в камеру відомого об'єму через дифузійний фільтр, який запобігає попаданню аерозолів та вологи в камеру з трековим детектором. Середній час дифузії радону-222 через фільтр складає біля двох годин. Альфа-частинки, які випромінюються при розпаді радону-222 та його дочірніх продуктів розпаду, утворюють треки пошкоджень на детекторі. В якості детектора використовують нітратцелюлозну плівку, яка розміщена в корпусі радонометра. Після експонування протягом декількох тижнів чи місяців плівка виймається з радонометра для підрахування кількості треків. Кількість треків пропорційна середній об'ємній активності радону-222 в повітрі приміщення, що досліджується на радонебезпеку. Чутливість методу пасивної трекової дозиметрії при місячній експозиції складає біля 8...10 Бк/м³.

Реєстрація кількості треків на нітратцелюлозній плівці відбувається таким чином. Вийнята з радонометра після експонування нітратцелюлозна плівка обробляється в спеціальній посудині шестимольним розчином гідроксиду натрію протягом 90 хвилин при температурі 50⁰С. Після травлення кількість треків на детекторі визначається іскровим методом, який реалізують за допомогою приладів: іскровий лічильник "АІСТ", вимірювальний комплекс "TRACK 20102" тощо.

Основним технічним засобом вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 методом пасивної трекової дозиметрії є радонометр. Конструктивно трековий радонометр (рис. 3.1) являє собою камеру об'ємом 100 см³, що складається з корпусу 1 та кришки 2. В камері кришки 2 розміщено дифузійний фільтр 3, який закріплюють притискним кільцем 4. Детектор, в якості якого використовують нітратцелюлозну плівку 5, що вставлена в рамку 7, розміщують в центрі корпусу 1 в напрямних 6. Плівка 5 в рамці 7 закріплена притискним кільцем. Для автоматичного обліку результатів рамка 7 маркована отворами, кількість і розміщення яких визначають номером детектора та відповідають числу, що нанесено на рамці.

Методика визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі приміщень забезпечує достовірність та єдність вимірювань з основною відносною похибкою в довірчому інтервалі 0,95, що відповідає метрологічній атестації радонометра РГА-05Н.

Інструментальний радіаційний контроль еквівалентної рівноважної

активності радону-222 проводився протягом року при температурі повітря в приміщенні, де знаходиться вимірювальний прилад, не нижче мінус 10°C .

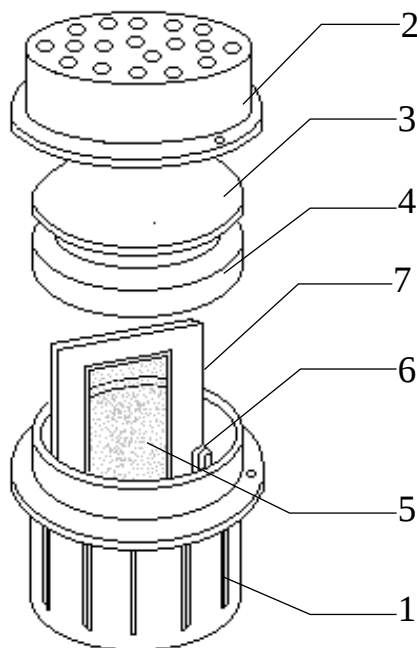


Рисунок 3.1 - Конструкція трекового радонметра:

- 1- корпус;
- 2- кришка;
- 3- дифузійний фільтр;
- 4 - притискне кільце;
- 5 - нітратцелюозна плівка;
- 6 – напрямні;
- 7 – рамка.

Вимірювання еквівалентної рівноважної активності радону-222 виконувалось трековими радонметрами в приміщеннях житлово-цивільного та промислового призначення з різними архітектурно-планувальними рішеннями. Частки кожного типу будівель, де виконувалися вимірювання еквівалентної рівноважної активності радону, відповідали частці цих архітектурно-планувальних рішень в забудові населеного пункту. Для однотипних будинків при виборі об'єкта дослідження враховувалася така ознака як забезпеченість різних режимів повітрообміну. Також враховувався віковий та чисельний склад сім'ї, що мешкає в даній квартирі. В житлових будинках, дитячих та лікувальних закладах вимірювання виконувались на першому поверсі. Як виняток виконувались вимірювання в житлових будинках на другому поверсі. На інших об'єктах прилади встановлювалися в тих приміщеннях, де

концентрація радону-222 може бути найбільшою. У вибраних будівлях радонометр установлювався в спальні, житловій кімнаті, дитячій та інших, де час перебування людей є максимальним. З мешканцями обов'язково проводився інструктаж, мета якого - роз'яснити необхідність досліджень та їх безпечність для здоров'я людей.

Умови вимірювань

В контрольному приміщенні інтегральний трековий детектор радону-222 розміщувався для експонування на відстані не менше одного метра від можливого джерела надходження радону-222, а саме стіни, підлоги, стелі тощо. Місце розміщення інтегрального трекового детектора радону-222 у вибраному приміщенні повинно виключати попадання прямих сонячних променів та бути не ближче ніж півметра від опалювальних та нагрівальних приладів. Умови експонування інтегрального трекового детектора радону в контрольному приміщенні повинні виключати попадання води на детектор, конденсацію вологи на його корпусі та осідання пилу на корпусі детектора в кількості, яка виключає контакт зовнішнього та внутрішнього повітря в корпусі.

Інтегральний трековий детектор радону-222 експонувався протягом заданого часу (1...2 місяці), але не більше максимального часу, величина якого вказується в свідоцтві про метрологічну атестацію радонометра. Після закінчення експонування обов'язково перевірялась цілість корпусу детектора та присутність пломби.

До експонування та після його закінчення до травлення плівки детектора хімічним розчином інтегральний трековий детектор радону-222 зберігався запаяним у поліетиленовий пакет. Приміщення, в якому зберігалися в поліетиленових пакетах експоновані інтегральні трекові детектори радону, було сухим, прохолодним зі вмістом радону-222 в повітрі, що не перевищує 10...15 Бк/м³.

Обробка результатів

Хімічна обробка плівки детекторів проводилася у рідинному термостаті розчином гідроксиду натрію з дотриманням часу та температури травлення, значення яких приведені в свідоцтві про метрологічну атестацію радонометра. Після закінчення травлення трекові детектори промивалися дистильованою водою. Після контролю якості промивки трекові детектори висувувалися в сушильній шафі. Після повного висихання плівки трекового детектора за допомогою лічильного пристрою підраховували щільність треків відповідно до вимог стандартної методики.

Виміряне значення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі контрольованого приміщення розраховувалося згідно з формулою

$$EPOA = K_1 \cdot \frac{n - n_0}{t \cdot I_0}, \text{ Бк/м}^3 \quad (3.2)$$

де n - виміряне значення щільності треків на плівці детектора, трек/см²;

n_0 - рівень власного фону трекового детектора, трек/см²;

t - час експонування інтегрального трекового детектора радону-222 в контрольному приміщенні, доба;

I_0 - чутливість вимірювання радону-222 в повітрі приміщень відповідно до свідоцтва про метрологічну атестацію радонометра, трек·м³/Бк·см²·доба;

K_1 - поправковий коефіцієнт, що враховує відхилення від режиму травлення і результатів підрахунків.

Значення похибки результатів вимірювань еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 розраховувалося згідно з формулою

$$D_A = EPOA \frac{d_0}{100}, \text{ Бк/м}^3, \quad (3.3)$$

де $EPOA$ - виміряне значення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222, в контрольному приміщенні, Бк/м³;

d_0 - границя допустимої основної відносної похибки вимірювання вмісту радону-222 в приміщенні, значення якої береться згідно з свідоцтвом про метрологічну атестацію радіометра, %.

Організація баз даних та обробка результатів вимірювань $EPOA$ виконувалася відповідно до сертифіката для вимірювання радону-222 в житлових приміщеннях, який заповнюється для кожного вимірювання. Баз даних про вимірювання $EPOA$ радону-222 в житлових приміщеннях відповідно до сертифіката характеризують їх архітектурно-планувальні та інженерно-технологічні рішення, параметри яких оцінюються кількісними та якісними показниками.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Перелічіть основні функції “Системи якості”.
2. Суть ідеології стандартів ІСО серії 9000.
3. Які основні напрями формування політики в області якості?
4. Що передбачає система першого типу - „Одноразові радіаційні обстеження” ? Дайте характеристику її структури.
5. Що передбачає система другого типу „Систематичні радіаційні обстеження” ? Дайте характеристику її структури.
6. Чим відрізняються системи першого та другого типу?

7. Які основні повноваження персоналу, який керує, виконує і перевіряє роботу якості ?
8. Перерахуйте основні закони та типові нормативні документи з радіаційної безпеки, що діють на Україні.
9. Які показники регламентовані системою норм і правил зниження рівня іонізуючих випромінювань в будівництві?
10. Які допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень встановлені для різних об'єктів будівництва?
11. Які протирадіаційні заходи можуть бути застосовані у випадку перевищення ППД встановленої межі?
12. Охарактеризуйте стан ППД на території України.
13. Що таке детектор?
14. Які матеріали та обладнання застосовуються для вимірювання ППД? Їх позитивні та негативні властивості.
15. Умови вимірювання рівнів ППД гамма випромінювання.
16. Які основні природні радіонукліди входять до складу природної сировини будівельних матеріалів?
17. На які класи в залежності від концентрації радіонуклідів діляться будівельні матеріали?
18. Охарактеризуйте початковий етап радіометричного аналізу – відбір проб.
19. Дайте аналіз методам визначення питомої активності природних радіонуклідів (ПРН) в будівельних матеріалах .
20. Які існують методи вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 як газу ?
21. Дайте детальну характеристику методу із застосуванням пасивної трекової дозиметрії.
22. Яке допустиме значення середньорічної еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 ?
23. Охарактеризуйте активні та пасивні методи вимірювання об'ємних активностей радону-222 в повітрі.
24. Умови проведення вимірювання радону трековим радонометром.

4 ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ

4.1 Види екологічних карт

Виникла низка екологічних проблем, вирішення яких вимагає виконання нових типів картування: за ресурсними принципами (зображення результатів зниження чи погіршення якості та запасів корисних копалин, скорочення земельних, водних, лісових, рослинних і тваринних ресурсів), за видами природокористування (виробниче, середовищне), за територіальним рангом (глобальні, регіональні, районні, детальні), за соціально-екологічними особливостями, інтегрально-екологічного характеру та ін.

Метою створення екологічних карт є забезпечення органів управління, навчальних, наукових, проектних і виробничих організацій громадських «зелених» рухів і окремих громадян сучасною просторовою інформацією про екологічний стан довкілля й фактори, які на нього впливають.

Як і в географії чи геології, залежно від конкретної мети досліджень, їх детальності, обсягів, досліджуваної площі, екологічні карти теж можуть бути **різного масштабу і призначення**:

- оглядові регіональні (1 : 5 000 000 – 1 : 1 000 000);
- дрібномасштабні (1 : 300 000 – 1 : 50 000);
- детальні (понад 1: 20 000).

За тематикою призначення ці карти можуть бути геоекологічного, біоекологічного чи техноекоекологічного характеру, нести медико-екологічну, радіоекологічну інформацію або якісь інші специфічні екологічні характеристики, відтворювати конкретні рекреаційні, природоохоронні чи еколого-економічні особливості території.

Екологічне картування передбачає попередню зйомку, зведення, узагальнення, моделювання й перетворення отриманих екологічних фактів згідно з поставленими завданнями.

Важливу роль для планування розвитку держави відіграють серії карт комплексного змісту, оцінні і особливо прогнозні екологічні карти.

При складанні екологічних карт важливе значення має виконання об'єктивної, обґрунтованої, якісної класифікації природних і антропогенних об'єктів, обґрунтування вибору тематики карт, правильний вибір об'єктів картування, чітке визначення й розмежування позитивних і негативних факторів впливу на довкілля, вибір екологічних карт та особливостей їх оформлення, розробка відповідних легенд (систем умовних позначок) для кожної з карт.

Екологічні карти треба (як і екологічні стандарти, нормативи) періодично поновлювати, уточнювати. **За змістом і періодичністю поновлення** екологічні карти поділяються на чотири групи:

- 1) базові карти природних умов і ресурсів з даними про їхні антропогенні зміни і екологічний стан (перевидуються раз на 5—10 років);
- 2) карти забруднень і порушень довкілля і його складових (перевидуються через 2—5 років);
- 3) оперативні карти забруднень атмосфери, водних ресурсів та катастрофічних ситуацій, що виникли (перевидуються з періодичністю від 1 дня до 1 місяця);
- 4) оцінні та прогнозні карти змін екологічної ситуації (періодичність може змінюватися в широких межах).

До комплексу екологічних карт адміністративного району (області), як правило, масштабу 1:200 000—1:500 000, мають входити:

- 1) карти, які характеризують особливості природи території і її природний потенціал (основна карта — ландшафтна, яка відтворює екзогенні процеси);
- 2) карти, що характеризують особливості використання території і типи антропогенних порушень, пов'язаних з ним (основна карта — антропогенних змін ландшафту);
- 3) карти охорони й відтворення природи;
- 4) карти й діаграми, що відтворюють динаміку природних і антропогенних процесів (зміни структури сільгоспугідь, посівних площ, врожайності, продуктивності тваринництва, зміну використання мінеральних ресурсів тощо);
- 5) узагальнююча карта геоекологічного районування території з інформацією про причини формування сучасних екологічних умов.

Будь-яка екологічна карта має два компоненти: природний і техногенний. Природний компонент (ландшафт, геологічна чи тектонічна будова тощо) на цих картах відображаються, як правило, кольоровим фоном. Техногенний компонент може мати фоновий характер.

При їх складанні потрібно мати сітку спостережних пунктів чи точок відбору проб чи маршрутів спостережень. Ці фактичні дані обробляються шляхом інтерполяції ділянок між точками чи маршрутами, результатом чого є виділення площ між ізолініями вмісту того чи іншого забруднювача.

Другий спосіб відображення техногенного компоненту на екологічних картах — дискретний (точковий).

Більшість спеціалістів вважає за доцільне складати не одну екологічну карту регіону, а серію карт, тобто атлас. До нього повинні входити принаймі три блоки карт.

Перший блок—це топографічна основа масштабу 1:500 000. або 1:250 000 (якщо мова йде про атлас великого міста типу Києва). На цих картах зберігаються рельєф і гідрографічна сітка. Умовними кольоровими знаками й штриховками на них показано житлові масиви, промислові й санітарно-захисні зони, магістралі, вулиці й об'їзні дороги, автобусні й електротранспортні маршрути, зони відпочинку.

Другий блок складається з карт, на яких вказуються:

- джерела забруднення повітря з номерами підприємств і зазначеннями забруднень, які вони викидають (карта обновляється кожні 5 років);
- джерела забруднення поверхневих вод (кожних 5 років);
- забруднення повітря згідно із вимірюваннями під час стаціонарних і маршрутних спостережень на межах санітарно-захисних зон (обновляється щорічно);
- забруднення поверхневих вод згідно із даними спостережень (обновляється щорічно);
- забруднення підземних вод за даними спостережень (перескладається кожні 5 років);
- забруднення ґрунтів важкими металами з показом основних джерел забруднення (обновляється кожні 5 років);
- радіоактивне забруднення території (обновляється кожні 5 років);
- стану земель (забудови, розораність тощо) (перескладається кожні 5 років);
- завантаження магістралей автотранспортом в години пік (один раз на 5 років);
- місця зберігання, використання й переробки токсичних, небезпечних хімічних і радіоактивних речовин, потенційні джерела залпових аварійних скидів (видається щорічно).

Особливе значення мають прогнозні екологічні карти. Вони відображають ті зміни, які можуть статися в геокомплексах і екосистемах за певних умов, враховуючи довготривалі результати впливу на середовище різних забруднень і порушень, залежно від їх інтенсивності й часу дії. Дедалі ширше при складанні таких карт використовуються сучасні методи математичного моделювання з використанням ЕОМ. Серед прогнозних екологічних карт слід згадати такі, як карти стійкості та порушеності геокомплексів, гранично допустимих навантажень на середовище тощо.

Сучасні методи обробки електронної візуальної інформації дають можливість, наприклад, поєднувати на екрані дисплея різну інформацію, наприклад дані щодо забруднення повітря з метеоданими в різні пори року й різні дні тощо.

4.2 Екологічний моніторинг

Екологічне картування починається з екологічного моніторингу. Під цим терміном розуміють систему спостережень, оцінювань, контролю за станом навколишнього природного середовища з метою розробки заходів щодо його охорони, раціонального використання природних ресурсів, спостережень за існуванням живих організмів.

Моніторинг має ознаки екологічного, якщо його кінцевою метою є

вирішення питань охорони природи, збереження й відтворення екосистем, здоров'я людей.

Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярне оцінювання і прогнозування стану середовища життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування.

Поняття екологічного моніторингу

Шляхи вирішення екологічних проблем, стратегія екологічної безпеки і стійкого розвитку все ще залишаються під загальною увагою. Оцінки глобального екологічного стану навколишнього середовища змінюються від оптимістичних (типу "необхідно запобігти екологічній кризі") до помірковано песимістичних (типу "планета знаходиться на передодні кризи") і вкрай песимістичних ("на регіональних рівнях мова вже йде про "тверду екологічну кризу"). Вважають, що відповіді на ці питання повинна дати наукова концепція екологічної безпеки на базі екологічного моніторингу навколишнього середовища. Першим етапом у будь-якому випадку може бути тільки система одержання (збору) інформації про стан навколишнього природного середовища. Наприкінці 60-х рр. багато країн усвідомили, що необхідно скоординувати зусилля щодо збору, збереження і переробки даних про стан навколишнього середовища. У 1972 р. в Стокгольмі пройшла конференція з охорони навколишнього середовища під егідою ООН, де вперше виникла необхідність домовитися про визначення поняття "моніторинг". Вирішено було під моніторингом навколишнього середовища розуміти комплексну систему спостережень, оцінювань і прогнозу змін стану навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів. Термін з'явився як доповнення до терміна "контроль стану навколишнього середовища". В даний час під моніторингом розуміють сукупність спостережень за певними компонентами біосфери, спеціальним чином організованими в просторі і в часі, а також адекватний комплекс методів екологічного прогнозування.

***Моніторинг довкілля** - це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.*

Порядок створення та функціонування такої системи в Україні визначає Положення про Державну систему моніторингу довкілля.

Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами

інших країн.

Система моніторингу спрямована на [20]:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення;
- сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Основні задачі екологічного моніторингу: спостереження за станом біосфери, оцінювання і прогноз її стану, визначення ступеня антропогенного впливу на навколишнє середовище, виявлення факторів і джерел впливу. В кінцевому випадку метою моніторингу навколишнього середовища є оптимізація відносин людини з природою, екологічна орієнтація господарської діяльності.

Екологічний моніторинг виник на стику екології, біології, географії, геофізики, геології й інших наук. Виділяють різні види моніторингу в залежності від критеріїв:

- біоекологічний (санітарно-гігієнічний);
- геоекологічний (природно-господарський);
- біосферний (глобальний);
- геофізичний;
- кліматичний;
- біологічний;
- радіоекологічний й ін.

Особливу роль у системі екологічного моніторингу відіграє **біологічний моніторинг**, тобто моніторинг біологічної складової екосистеми (біоти). Біологічний моніторинг - це контроль стану навколишнього природного середовища за допомогою живих організмів. Головний метод біологічного моніторингу - біоіндексація, зміст якої полягає в реєстрації будь-яких змін в біоті, викликаних антропогенними факторами. У біологічному моніторингу можуть бути використані не тільки біологічні, але і будь-які інші методи, наприклад, хімічний аналіз вмісту забруднювальних речовин в живих організмах.

Радіаційний моніторинг заснований на радіометричних спостереженнях, які здійснює:

1) гідрометеорологічна служба:

- щоденні вимірювання рівнів гамма-випромінювань (182 станції);
- щоденні відбори проб радіоактивних випадів 968 станцій);
- щоденні визначення вмісту радіоактивних аерозолів в атмосферному повітрі (станцій);
- періодичні відбори проб для визначення вмісту тритію та

стронцію-90 у поверхневих та морських водах (5 станцій);

- щомісячні аналізи опадів на вміст тритію (36 станцій).

Крім того, гідрометеорологічною службою здійснюються періодичні спостереження радіоактивного забруднення малих річок басейнів Прип'яті та Дніпра, водних об'єктів і ґрунтів в районах розташування АЕС та ґрунтів на всій території України.

2) санітарно-епідеміологічна служба (СЕС) здійснює радіологічні дослідження на територіях міських та сільських населених пунктів в зонах радіоактивного забруднення, у 30-ти кілометрових зонах АЕС, на пром підприємствах, комунальних об'єктах, в дитячих та освітніх закладах. СЕС також контролює радіологічні об'єкти на пром підприємствах, в медичних установах і науково-дослідних інститутах.

Залежно від призначення за спеціальними програмами здійснюються загальний, кризовий та фоновий екологічний моніторинг довкілля.

Загальний екомоніторинг довкілля - це періодичні спостереження за довкіллям, які дають змогу на основі оцінки і прогнозування стану довкілля підтримувати прийняття відповідних рішень на всіх рівнях відомчої і загальнодержавної екологічної діяльності.

Кризовий екомоніторинг довкілля - це інтенсивні спостереження за природними об'єктами, джерелами техногенного впливу, розташованими в районах екологічної напруженості, у зонах аварій та небезпечних природних явищ із шкідливими екологічними наслідками, з метою забезпечення своєчасного реагування на кризові та надзвичайні екологічні ситуації і прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення нормальних умов для життєдіяльності населення і господарювання.

Фоновий екомоніторинг довкілля - це багаторічні комплексні дослідження спеціально визначених об'єктів природоохоронних зон з метою оцінювання і прогнозування зміни стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності, або одержання інформації для визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення довкілля в антропогенних умовах.

В Україні моніторинг природного середовища здійснюється багатьма відомствами, у рамках діяльності яких є відповідні задачі, рівні і складові підсистеми моніторингу. Так, наприклад, у системі моніторингу, що здійснюється в Україні, розрізняють **три рівні екологічного моніторингу** навколишнього природного середовища: **глобальний, регіональний і локальний**. Мета, методичні підходи і практика моніторингу на різних рівнях відрізняються. Найчіткіше критерії якості навколишньої природного середовища визначені **на локальному рівні**. Ціль регулювання тут - забезпечення такої стратегії, що не виводить концентрації певних пріоритетних антропогенних забруднювальних речовин за припустимий діапазон, що є свого роду стандартом. Він являє собою величини гранично припустимих концентрацій (ГПК), що

закріплені законодавчо. Відповідність якості навколишнього природного середовища цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Задачею моніторингу на локальному рівні є визначення параметрів моделей "поле викидів - поле концентрацій". Об'єктом впливу на локальному рівні є людина.

На регіональному рівні підхід до моніторингу оснований на тому, що забруднювальні речовини, потрапивши в кругообіг речовин в біосфері, змінюють стан абіотичної складової і, як наслідок, викликають зміни в біоті (екзогенні сукцесії).

Будь-який господарський захід, проведений у масштабі регіону, позначається на регіональному фоні - змінює стан рівноваги абіотичного і біологічного компонента. Так, наприклад, стан рослинного покриву, в першу чергу лісів, істотно впливає на кліматичні умови регіону.

На даний час моніторинг довкілля виконується згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №391 від 30.03.1998р. Міністерством надзвичайних ситуацій, Міністерством охорони здоров'я, Мінагрополітики, Держкомлісгоспом, Мінекономресурсів, Держводгоспом, Держкомземом, Держбудом України. Всі ці органи влади містять в собі спеціальну службу спостережень, що здійснює такі основні види спостережень, як спостереження за станом забруднення повітря в містах і промислових центрах, забруднення ґрунту, забруднення прісних і морських вод трансграничним перенесенням речовин, що забруднюють атмосферу, хімічним і радіонуклідним складом, кислотністю атмосферних опадів і забрудненням сніжного покриву й ін.

Державна система екологічного моніторингу проводить здійснення таких видів робіт: режимні спостереження, оперативні роботи, спеціальні роботи. Режимні роботи проводяться систематично за щорічними програмами, на спеціально організованих пунктах спостережень. Необхідність виконання оперативних робіт залежить від випадків аварійного забруднення природного середовища чи стихійних лих; ці роботи виконуються при надзвичайних ситуаціях.

Спеціальні роботи, наприклад моніторинг пестицидного забруднення, виконуються в зв'язку із збільшенням значимості різних антропогенних факторів у розвитку змін в природних екосистемах.

Подальший розвиток системи моніторингу довкілля в Україні

Екологічний моніторинг довкілля здійснюється за довгостроковою Державною програмою, яка визначає спільні, узгоджені за цілями, завданнями, територіями та об'єктами, часом (періодичністю) і засобами виконання дії відомчих органів державної виконавчої влади, підприємств, організацій та установ незалежно від форм власності.

Створення і функціонування Державної системи екологічного моніторингу довкілля повинно сприяти здійсненню державної екологічної

політики, яка передбачає:

- екологічно раціональне використання природного та соціально-економічного потенціалу держави, збереження сприятливого середовища життєдіяльності суспільства;

- соціально-екологічне та економічно раціональне вирішення проблем, які виникають в результаті забруднення довкілля, небезпечних природних явищ, техногенних аварій та катастроф;

- розвиток міжнародного співробітництва щодо збереження біорозмаїття природи, охорони озонового шару атмосфери, запобігання антропогенній зміні клімату, захисту лісів і лісовідновлення, транскордонного забруднення довкілля, відновлення природного стану Дніпра, Дунаю, Чорного і Азовського морів.

Державна система екомоніторингу довкілля повинна стати інтегрованою інформаційною системою, що здійснюватиме збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчого та комплексного оцінювання і прогнозу стану природних середовищ, біоти та умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України з міжнародних екологічних угод, програм, проектів і заходів.

Функціонування Державної системи екомоніторингу довкілля повинне більш якісно розвивати принципи:

- систематичності спостережень за станом навколишнього природного середовища та техногенними об'єктами, що впливають на нього;

- своєчасності отримання і оброблення даних спостережень на відомчих і узагальнювальних (локальному, регіональному та державному) рівнях;

- комплексності використання екоінформації, що надходить у систему від відомчих служб екомоніторингу та інших постачальників;

- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екоінформації та узгодженості нормативного, організаційного і методичного забезпечення екологічного моніторингу довкілля, що проводиться відповідними службами міністерств та відомств України, інших центральних органів виконавчої влади;

- сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;

- оперативності доведення екоінформації до органів виконавчої влади, інших зацікавлених органів, підприємств, організацій та установ;

- доступності екологічної інформації населенню України та світовій спільноті.

Державна системи екомоніторингу довкілля повинна забезпечити

досягнення таких основних цілей:

- підвищення рівня адекватності дійсному екологічному стану довкілля його інформаційної моделі, яка формується на основі даних систематичних спостережень, здійснюваних спеціальними службами міністерств і відомств, підприємствами, організаціями та установами в порядку виробничо-інформаційної діяльності, дослідних робіт і наукових досліджень;
- підвищення оперативності одержання та достовірності первинних даних за рахунок використання досконалих методик, сучасних контрольно-вимірювальних приладів і засобів комп'ютеризації процесів збирання, накопичення та оброблення екоінформації на всіх рівнях державного управління і місцевого самоврядування;
- підвищення рівня та якості інформаційного обслуговування споживачів екоінформації на всіх рівнях функціонування системи на основі мережного доступу до розподілених відомчих та інтегрованих банків даних; комплексного оброблення і використання інформації для прийняття відповідних рішень.

Глобальний моніторинг

Особливо складні проблеми екологічного моніторингу на глобальному рівні. До цього часу цілі такого моніторингу недостатньо чітко сформульовані. Крім того, моніторинг на локальному і регіональному рівнях, як правило, є внутрішньодержавною справою, тоді як глобальний моніторинг - задача світового співтовариства, тому що він відповідає інтересам усього людства.

На практиці цілі глобального моніторингу визначаються в процесі міжнародного співробітництва у рамках різних міжнародних організацій, угод (конвенцій) і декларацій. Ідея створення Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС) була висловлена на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р., реальні основи ГСМНС були закладені на спеціальній зустрічі в Найробі (Кенія) у 1974 р., де була уточнена роль агентів і держав - членів ООН. Основи ГСМНС у колишньому СРСР були розроблені академіком Ю.А.Ізраєлем і повідомлені на засіданні Ради керуючих ЮНЕП у 1974 р. Відмінною рисою концепції Ю.А.Ізраєля було спостереження за антропогенними змінами в навколишньому природному середовищі.

Добре відомо, що за будь-який період відбуваються природні, тобто природні зміни клімату: погоди, температури, тиску, сезонні зміни біомаси рослин і тварин. Ця інформація давно використовується людиною. Природні зміни відбуваються порівняно повільно, за великі відрізки часу, їх реєструють різні геофізичні, метеорологічні, гідрологічні, сейсмічні й інші служби. Антропогенні зміни розвиваються набагато швидше, наслідки їх дуже небезпечні, тому що можуть стати необоротними. Для їх

визначення необхідно мати інформацію про первісний стан об'єкта навколишнього середовища, тобто стан до початку антропогенного впливу. Якщо таку інформацію одержати неможливо, вона може бути реконструйована за наявними даними, отриманими за відносно великий проміжок часу, за результатами спостережень, за складом донних відкладень на водяних об'єктах, складом льодовиків, станом деревних кілець, які відносяться до періоду, що передувало початку помітного антропогенного впливу, а також за даними, отриманими у місцях, вилучених від джерела забруднення. Ці особливості визначають правомочність іншої назви глобального моніторингу - фоновий моніторинг чи моніторинг фонового забруднення навколишнього природного середовища. В даний час створена світова мережа станцій фонового моніторингу, на яких здійснюється спостереження за певними параметрами стану навколишнього природного середовища. Спостереження охоплюють усі типи екосистем: водні (морські і прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні, високогірні). Ця робота проводиться під егідою ЮНЕП.

Станції комплексного фонового моніторингу України розташовані в біосферних заповідниках (Чорноморський, Асканія-Нова) і є частиною глобальних міжнародних спостережних мереж. Ціль ГСМНС - вивчення Землі. Задача вивчення Землі як цілісної природної системи поставлена Міжнародною геосферно-біосферною програмою (МГБП) і зважається на основі широкого застосування космічних засобів спостережень. МГБП, здійснення якої почалося з 1990 р., передбачає сім ключових напрямків розробок:

- закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері і роль біологічних процесів у кругообігу малих газових компонентів; проекти, виконувані за цими напрямками, ставлять за мету, зокрема, аналіз впливу змін вмісту озону в стратосфері на проникнення до земної поверхні біологічно небезпечного ультрафіолетового випромінювання, оцінювання впливу аерозолей на клімат і ін;
- вплив біогеохімічних процесів в океані на клімат і зворотний вплив; проекти включають комплексні дослідження глобального газообміну між океаном і атмосферою, морським дном і границями континентів, розробку методик прогнозування реакції біогеохімічних процесів в океані на антропогенні збурювання в глобальному масштабі, вивчення евфонічної зони Світового океану;
- вивчення прибережних екосистем і впливу змін землекористування;
- взаємодія рослинного покриву з фізичними процесами, відповідальними за формування глобального круговороту води; у рамках цього напрямку будуть проводитися дослідження з програми глобального експерименту з метою вивчення кругообігу енергії і води на додаток до досліджень із Всесвітньої програми досліджень клімату;
- вплив глобальних змін на континентальні екосистеми;

будуть розроблятися методики прогнозу впливу змін клімату, концентрації вуглекислого газу і землекористування на екосистеми, а також зворотних зв'язків; досліджуватися глобальні зміни екологічного розмаїття;

- палеоекологія і палеоекологічні зміни та їх наслідки; будуть проводитися дослідження з метою реконструкції історії змін клімату і навколишнього середовища за період з 2000 р. до н.е. з тимчасовим дозволом не більш 10 років;

- моделювання земної системи з метою прогнозу її еволюції. Створюються чисельні моделі в глобальному масштабі, робиться кількісне оцінювання взаємодії глобальних, фізичних, хімічних і біологічних інтерактивних процесів у земній системі протягом останніх 100 тисяч років. У рамках МГБП вивчаються біогеофізичні кругообіги вуглецю, азоту, фосфору і сірки, які зараз визначаються як природними, так і антропогенними факторами.

Антропогенні фактори особливо істотні для круговороту вуглецю. Труднощі вивчення процесів обумовлені невизначеностями, пов'язаними з внеском континентальної біомаси (змінами унаслідок вирубки лісів, змінами сумарної продуктивності екосистем) і варіаціями кругообігів інших компонентів.

В глобальних кругообігах найважливішу роль відіграє Світовий океан. Він функціонує як великий резервуар біогенних компонентів і складає значну частку продуктивності біосфери. Для характеристики продуктивності Світового океану використовують такі параметри, як біомаса фітопланктону, первинна продукція фітопланктону, концентрація хлорофілу. Для аналізу використовується супутникова оптична апаратура типу сканерів, приладів для вимірювання флуоресценції і т.п. Супутникові спостереження звичайно супроводжуються контрольними корабельними і буйковими спостереженнями.

Особливості географічного розподілу екосистем, визначення їх границь, масштабів і темпів антропогенного впливу також досліджують за допомогою супутникових дистанційних методів. Важливою підсистемою моніторингу є вивчення ролі лісів у формуванні біогеохімічних кругообігів: їх вплив на формування опадів, на енергетичний баланс, клімат, роль як джерела чи стоку вуглекислого газу і т.і.

При вивченні біологічних процесів на суші ключова роль приділяється дослідженню специфіки енергетичного балансу різних екосистем: пустель, лісів, саван, сільськогосподарських районів і ін.

Глобальні процеси є об'єктом пильної уваги індустріально розвинутих країн і міжнародного співробітництва. У рамках загальної угоди між країнами "Великої Сімки" і Росії створений міжнародний комітет із природно-ресурсних супутників (IEOSC).

У рамках Російсько-Американської комісії підписаний ряд

документів: Заява про реалізацію спеціальної екологічної ініціативи, Заява про наміри в спільному здійсненні заходів, пов'язаних зі скороченням викидів газів, що викликають парниковий ефект, і ін.

Заява про реалізацію спеціальної екологічної ініціативи має на увазі використання для рішення екологічних проблем даних космічних архівів. Фотографії, накопичені за 30 років, дали унікальний матеріал. Прикладом програми глобального моніторингу може бути система Environmental Observance System (EOS) у США. Програма розрахована на тривалу перспективу - 15 років, з початком у 1995 році. Вона має міждисциплінарний характер і працює на основі даних спостережень із трьох супутників, що обслуговуються персоналом постійної орбітальної системи. У комплект апаратури входить близько 40 приладів: відеоспектрометри, радіометри, радіовисотоміри й ін. EOS планується як всеосяжна інформаційна система, аналіз даних якої дозволить зрозуміти функціонування Землі як природного комплексу "атмосфера - гідросфера - криосфера - біосфера", дозволить виявити межі його мінливості, оцінити напрямки майбутньої еволюції. Гігантський обсяг спостережень за допомогою супутників EOS вимагає серйозних зусиль щодо обробки, аналізу, архівації і видачі даних.

Таким чином, задачі моніторингу стану навколишнього середовища в глобальному масштабі є багатокритеріальними. Однією із задач є визначення величини припустимого впливу на Землю, зокрема на біосферу Землі. Припустимими варто вважати такі впливи, що не приводять до погіршення стану біосфери стосовно жодного з розглянутих параметрів. В Україні основними напрямками глобального моніторингу вважаються вивчення:

- незначних змін, що повсюди виявляються, наприклад, глобальних змін клімату внаслідок забруднення;
- ефектів, пов'язаних з поширенням забруднювальних речовин на великі відстані, наприклад, закислення середовища під впливом викидів в атмосферу сірки;
- антропогенних впливів, що мають велику інертність ефектів, наприклад, кумулятивного ефекту органічних пестицидів і ін.

Право володіння, користування і розпорядження інформацією, одержаною під час виконання загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, регламентується законодавством.

Інформація, що зберігається в системі моніторингу, використовується для прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки органами державної влади та органами місцевого самоврядування і надається їм безкоштовно відповідно до затверджених регламентів інформаційного обслуговування користувачів системи моніторингу та її складових частин.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Мета створення екологічних карт.
2. Види екологічних карт: за призначенням, за масштабом, за тематикою.
3. Які карти входять до комплексу екологічних карт адміністративного району?
4. Які є способи зображення природного та техногенного компонентів на картах?
5. Дайте означення поняттю „екологічний моніторинг”. Де вперше виникло це поняття?
6. На що спрямована система моніторингу?
7. Перелічіть основні задачі екологічного моніторингу.
8. Види екологічного моніторингу. Які служби займаються радіаційним моніторингом?
9. Охарактеризуйте загальний, кризовий, фоновий екомоніторинги.
10. На яких трьох рівнях здійснюється екомоніторинг, дайте їм характеристику.
11. Яким чином відбувається розвиток системи моніторингу довкілля на Україні?
12. Які складні проблеми екологічний моніторинг вирішує на глобальному рівні?

5 ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ВІД РАДІАЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

5.1 Основні завдання і напрямки роботи санітарно-епідеміологічної служби України в галузі радіаційної гігієни

За кількістю працюючих об'єктів атомної енергетики, підприємств, організацій та установ, що використовують та зберігають джерела іонізуючого випромінювання: місць накопичення радіоактивних відходів Україна завжди відносилась до найбільш насичених країн Європи.

Ускладнення радіаційної ситуації підштовхнуло до розвитку законодавства в сфері радіаційної безпеки: Закон України „Про забезпечення епідеміологічного благополуччя населення”, „Про використання ядерної енергії та радіаційної безпеки”, „Про поводження з радіоактивними відходами”, „Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання”, „Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи”, „Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи”, „Про видобування та переробку уранових руд”.

Введені в дію з 1998 р. Державні гігієнічні нормативи „Норми радіаційної безпеки України (НРБУ 97)” та „Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР 97)”

У 1958 році почала створюватись радіологічна структура підрозділів державної санітарно-епідеміологічної служби, яка включає в себе науково дослідну та практичну бази (радіологічні підрозділи санітарно-епідеміологічних станцій СЕС). Ці підрозділи і почали здійснювати радіологічний контроль об'єктів навколишнього середовища, в тому числі і харчових продуктів.

Згідно з вимогами законодавства СЕС України здійснює контроль радіаційної безпеки, а саме контроль дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами та стандартами безпеки.

На території України працює близько 9,5 тисяч установ та організацій, що використовують радіаційно безпечні технології та джерела іонізуючого випромінювання. В них налічується близько 106 тис. приладів, у яких застосовуються радіоактивні речовини, понад 5050 гаммадослідних установок, медичними закладами використовується близько 80 гамматерапевтичних установок [3].

Середньорічна активність радіоактивних установок, що використовуються в Україні, становить 320 тис. кілограм-еквіваленту радію у закритому вигляді.

Таким чином радіаційна ситуація потребує постійного радіаційного контролю.

В своїй структурі санепідемслужба Міністерства охорони України нараховує 238 радіологічних підрозділів, які виконують дозиметричні, радіометричні, спектрометричні дослідження та дослідження за допомогою радіохімічних методів, з них 3 працює на державному рівні, 71 на обласному, 164 на районному. Крім того діють 472 дозиметричні пости. В радіологічних підрозділах працює 148 лікарів з радіаційної гігієни, 61 лікарів-лаборантів, 122 інженерів та інженерів - фізиків, 99 техніків-дозиметристів та 185 середнього та молодшого медичного персоналу.

Щорічно фахівцями з радіаційної гігієни обстежується близько 6 тис. підприємств, установ та організацій, що використовують у своїй діяльності джерела іонізуючого випромінювання.

Радіологічні підрозділи проводять індивідуальний дозиметричний контроль (ІДК) відповідних контингентів персоналу та населення, що проживає на територіях, постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Аналіз ІДК 79,7% персоналу – протягом року – до 2мЗв, 15% - 2 - 5 мЗв, 3,7% - 5-10 мЗв, 1,5% - 10-25 мЗв, 0,1% - 20-50 мЗв.

За останні роки сталося декілька аварій. Це в першу чергу ЧАЕС:- загинуло 31 людина, 180 захворіли на гостру променеву хворобу, понад 70 тис. дітей захворіли на рак щитовидної залози.

В державі щорічно реєструється від 10-30 радіаційних аварій різного виду. Найбільш характерними з них є : крадіжка, загублення, розгерметизація джерел іонізуючого випромінювання та порушення технологічної дисципліни.

На сьогоднішній день основними шляхами формування доз опромінення населення є надходження до організму людини радіонуклідів з продуктами харчування та питною водою.

Радіологічні служби СЕС України щорічно виконують близько 180 тисяч гамма - , бета - спектрометричних та радіохімічних досліджень. Це дозволило зробити висновок - радіаційна ситуація в Україні стабільна, але продовжується реєстрування перевищень допустимих рівнів у продуктах харчування (молоко, м'ясо) регіонів, що найбільш постраждали від ЧАЕС: Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська, Чернігівська область.

Залишається напружена ситуація в містах: накопичуються радіонукліди – у деревині, грибах, ягодах, лікарських рослинах, м'ясі диких тварин. Споживання дикорослих продуктів харчування сприяє росту доз опромінення організму людини.

Радіаційний захист населення, що проживає на забруднених територіях, включає комплекс заходів спрямованих на зниження доз опромінення населення і створення безпечних умов його проживання, базується на матеріалах комплексного моніторингу довкілля. Його складовими частинами на забруднених територіях є дозиметричний та радіоекологічний моніторинг. В свою чергу, дозиметричний моніторинг включає:

- починаючи з 1991 року, щорічну дозиметричну паспортизацію населених пунктів;
- визначення доз внутрішнього опромінення за даними прямого вимірювання цезію-137 в організмі людини.

Результати щорічної дозиметричної паспортизації дозволяють отримати повну інформацію про динаміку стабілізації радіаційної ситуації та результати проведених відповідних заходів на цих територіях.

5.2 Сучасні методи та засоби зменшення радонової компоненти радіаційної небезпеки

Практично у всіх розвинених країнах існують державні служби, які двічі на рік перевіряють концентрацію радону-222 в підвалах і житлових приміщеннях перших поверхів, і дають відповідні рекомендації щодо її зменшення. З урахуванням факторів, що впливають на величину еквівалентної рівноважної об'ємної активності (ЕРОА) радону-222 в повітрі приміщень, та вимог державних будівельних норм України [18], можуть застосовуватися такі методи щодо зменшення радононебезпеки:

- формування архітектурно-планувальної структури з урахуванням ландшафтних умов забудови;
- герметизація перекриттів під підлогою;
- створення підвищеного тиску в приміщеннях;
- вентиляція під підлогою;
- зменшення тиску в підвалі.

Формування архітектурно-планувальної структури з урахуванням ландшафтних умов забудови реалізується в період проектування і будівництва. При цьому, з урахуванням уточненого вмісту радону-222, в період інженерних розвідок вибирають та підготовляють ділянки забудови, розробляють заходи щодо зменшення вільного виходу радону-222 і зменшення його концентрації безпосередньо під будовою, розробляють технологію проведення земляних робіт у ході інженерного освоєння ділянки з мінімальними величинами обсягів робіт зі зрізування ґрунту і риття котлованів. У випадку, коли ймовірна ЕРОА радону-222 в повітрі підвальних приміщень, що проектуються, перевищує 100 Бк/м³, то підвали під житловими приміщеннями не передбачаються або планується їх використовувати як приміщення для нетривалого перебування людей.

Герметизація перекриттів під підлогою досягається повною ізоляцією всіх окремих щілин й місць підведення комунікацій. Неповна ізоляція не ефективна, оскільки зменшення сумарних розмірів щілин приводить до збільшення швидкості ексхаляції радону-222. За сприятливих умов радононебезпека за рахунок герметизації може бути зменшена вдвічі.

Суть методу створення підвищеного тиску полягає в підвищенні в приміщеннях тиску до рівня, що перевищує стоковий й поточний ефекти. В будові створюється надлишковий тиск порівняно з атмосферним і

градієнт тиску в підлозі прямує назовні. Цей метод малоефективний в холодний період року, тому що великий приплив холодного повітря потребує додаткових енергетичних затрат на опалювання приміщень. Реалізація цього методу дає трикратне зменшення концентрації радону-222 в приміщеннях.

Метод вентиляції під підлогою полягає в створенні умов для вільної циркуляції зовнішнього повітря через наскрізні отвори в стінах при піднятій над землею підлогою. Достатньо високий рівень вентиляційного обміну дозволяє зменшити концентрацію радону-222 до нормативних значень.

Зменшення тиску під підлогою досягається влаштуванням радонових уловлювачів. Ефективність цього методу залежить від проникності ґрунту або простору під підлогою і його реалізація технічними засобами дозволяє зменшити вміст радону-222 в повітрі приміщення в 8...20 разів.

На вибір методу зменшення радононебезпеки впливає термін перебування людей в приміщенні та їх архітектурно-планувальне розміщення. Класифікація приміщень за режимом використання людиною та ймовірністю накопичення радону-222 і відповідні заходи щодо зменшення ЕРОА радону-222 наведена на рис. 5.1.

Методи зменшення радононебезпеки реалізуються розробкою протирадонових заходів за основними напрямками:

- максимальне скорочення виділення радону-222 з ґрунту;
- локалізація місць надходження радону-222 в будову;
- зниження різними шляхами концентрації радону-222 в повітрі приміщень;
- зменшення розповсюдження радону-222, що надійшов в приміщення.

Заходи щодо зменшення радононебезпеки з урахуванням умов і вимог щодо проектування, технічного обладнання і експлуатації приміщень житлово-цивільного й промислового призначення можна поділити на режимно-технологічні й конструктивно-планувальні. Протирадонові заходи вибирають в залежності від вхідних даних, що визначаються умовами проектування чи експлуатації об'єктів житлово-цивільного й промислового призначення.

Режимно-технологічні пов'язані з впровадженням заходів щодо видалення радону-222, а конструктивно-планувальні передбачають ізоляцію приміщень з тривалим перебуванням людей. Режимно-технологічні заходи реалізуються за такими напрямками: зниження ексхаляції радону-222 з ґрунту, природне провітрювання та локальні системи витяжної вентиляції.

Конструктивно-планувальні заходи здійснюються ліквідацією підвалів й створенням технічного поверху, оптимальним розміщенням приміщень, підвищенням ізоляційних властивостей перекриття та визначення шляхів видалення радону-222 із загальних комунікацій.

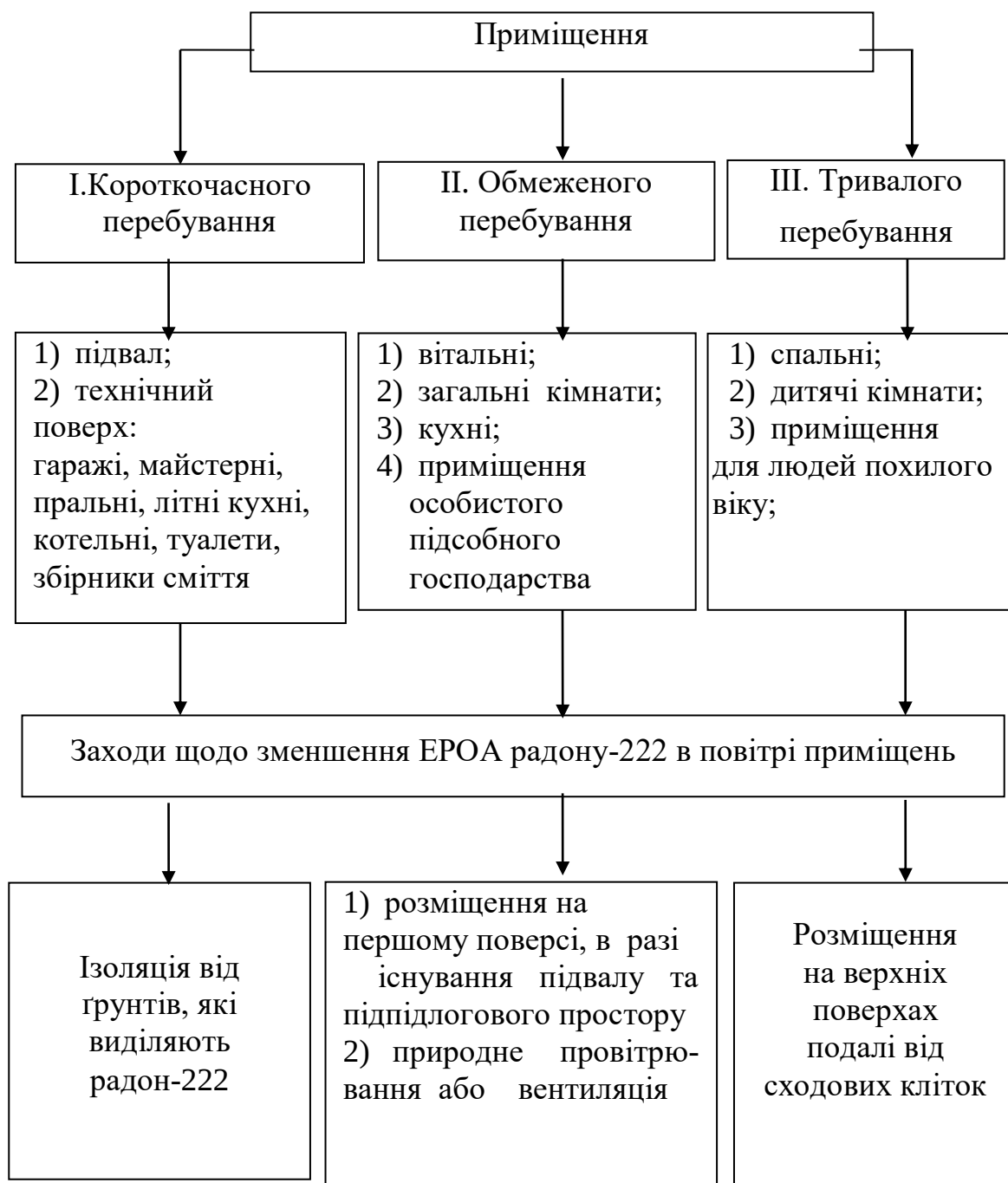


Рисунок 5.1 - Класифікація приміщень за режимом використання людиною та ймовірністю накопичення радону-222 і відповідні заходи щодо зменшення ЕРОА радону-222

Ефективність протирадіаційних заходів досягається завдяки радіаційному контролю, який передбачає :

- вхідний контроль сировини, будівельних матеріалів;
- контроль в процесі виробництва будівельних виробів та конструкцій, будівництва об'єктів;
- остаточний контроль закінчених будівництвом об'єктів.

Радіаційні служби контролю повинні забезпечити виконання

вимірювання ЕРОА радону-222 в приміщеннях будинків, які здаються в експлуатацію відповідно до “Методики визначення еквівалентної рівноважної об’ємної активності радону в повітрі приміщень” (розділ 5 Посібника до ДБН В.1.4-2.01-97). Результати вимірювань оформляються у вигляді акта. Один примірник акта додається до документів приймально-здавальної комісії при прийманні будівлі в експлуатацію, а другий, за необхідністю, передається в територіальну санітарно-епідеміологічну станцію (СЕС). Забезпечення систематичного технічного контролю, який передбачає та прогнозує зменшення радіаційного забруднення, реалізується двома шляхами [33]:

- одноразові радіаційні обстеження, спрямовані на забезпечення нормативного рівня радіаційних параметрів і управління якістю в межах діючих норм радіаційних параметрів;

- систематичні радіаційні обстеження, спрямовані на забезпечення умов для постійного покращання якості, зниження дози випромінювання до можливо низького рівня шляхом використання контрольних рівнів випромінювання як нормативних.

Контрольні рівні випромінювання встановлюються адміністрацією підприємств за погодженням з органами державного санітарного нагляду.

Протирадонові заходи вибирають в залежності від вхідних даних, що визначаються умовами проектування чи експлуатації об’єктів житлово-цивільного та промислового призначення. Класифікація протирадонових заходів в залежності від експертно-лінгвістичної інформації наведена в табл.5.1 та табл.5.2.

Таблиця 3.1 - Протирадонові заходи під час проектування

Вхідні дані	Протирадонові заходи	Примітка
1	2	3
Геологічна характеристика	1. Не порушувати цілісності ґрунтів: запобігати великим урізкам ґрунту, риттю котлованів, ям і траншей з наступним їх закиданням	Протирадонові заходи застосовуються, якщо швидкість ексхаляції перевищує 80 Бк/м ² ·с
	2. Улаштування захисного приямку вздовж усієї зовнішньої стіни підвалу з зовнішнім входом до підвалу	
	3. Збільшення газонепроникності основи будови шляхом цементизації і силікатизації ґрунтів	
	4. Улаштування дренажів під будівлею: - пустотні панелі; - стрічковий дренаж; дренажні труби	

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	5. Буріння свердловин для виходу радону з місць його концентрації в карстових порожнинах або гірських виробках	
	6. Зниження рівня ґрунтових вод при наявності в них радону або інших радіоактивних речовин	
Метеорологічні умови	Провітрювання приміщень: - крізь східцеві клітки; - улаштування ефективного наскрізного або кутового природного провітрювання	
Матеріал конструкцій та сировина	Зниження газопроникності	$A_{\text{сф}} \leq 370$ Бк/кг, внесення різних домішок, застосування відповідних технологій при виготовленні і транспортуванні конструкцій
	Збільшення тріщиностійкості	
	Збільшення капілярності і щільності блоків	
Конструктивні особливості будівель	Застосування індивідуальних будов підвищеної поверховості з мінімальною площею забудови	
	Улаштування вентильованого цоколю	
	Ізольована східцева клітка, яка не має зв'язку з підвалом і розміщена вздовж зовнішньої стіни та обладнана вентиляційними проймами з жалюзійними решітками	
	Просторова ізоляція приміщень тривалого перебування	Ізоляція захисних конструкцій, підлоги
Характер експлуатації будівель	Ліквідація підвалів, утворення технічного поверху замість першого з обмеженим перебуванням людей	
	Оптимальне розміщення приміщень	

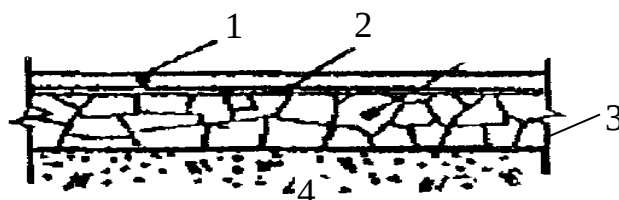
Таблиця 5.2 - Протирадонові заходи під час експлуатації

Вхідні дані	Протирадонові заходи	Технологічні особливості виконання	Примітка
1	2	3	4
Конструктивно-планувальні рішення	Герметизація	- підлоги; - окремих щілин; - місць відведення комунікацій	Підлога: застосування поліетиленової плівки, нанесення монолітного шару бетону
	Нанесення захисних покриттів на внутрішні поверхні стін	Підвалу	Склоплитка або шлако-сигал, захисна штукатурка, рулонний ізоляційний матеріал на склотканині, об-мазка гарячим бітумом, по-ліетиленова плівка на мастиці
		Житлові приміщення	Клеєння стін миючими шпалерами зменшує швид-кість емісії радону на 30%, пластиковими матеріалами, типу поліаміду, поліві-нілхлориду, поліетилену чи трьома шарами олійної фарби – у 10 разів
	Перепрофілювання приміщень		Приміщення обмеженого перебування в короткочасне
Режимно-технологічні: зниження ексхалтації радону з ґрунту	Улаштування захисного приямку вздовж усієї зовнішньої стіни підвалу із зовнішнім входом до підвалу		
	Укріплення, збільшення газонепроникності основи будови	Цементизація і силікатизація ґрунтів	В тих випадках, коли трапляється нерівномірне посідання фундаментів, утворюються крізні щілини, які збільшують газопроникність будови

Продовження таблиці 5.2

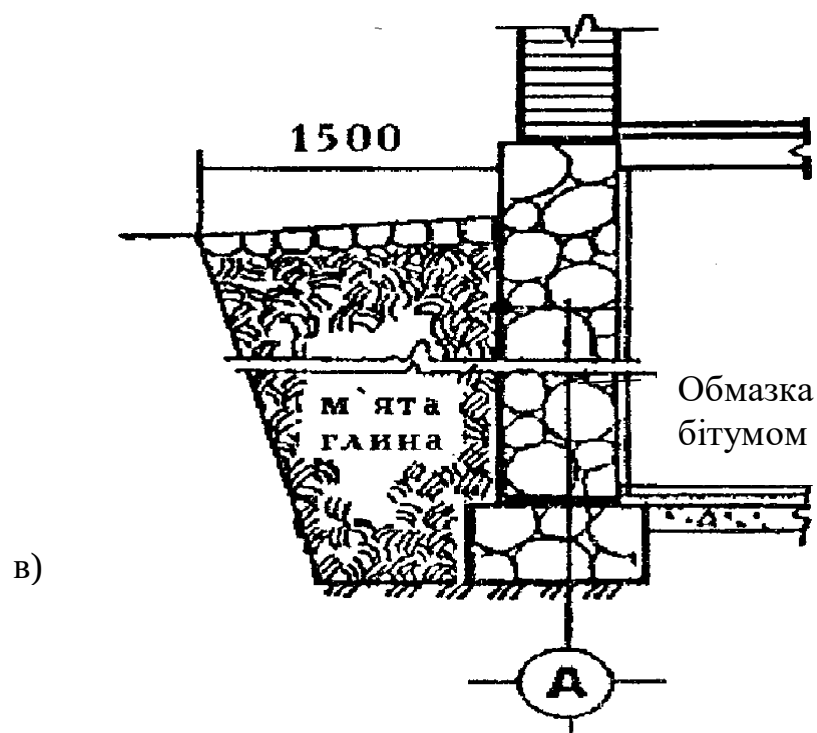
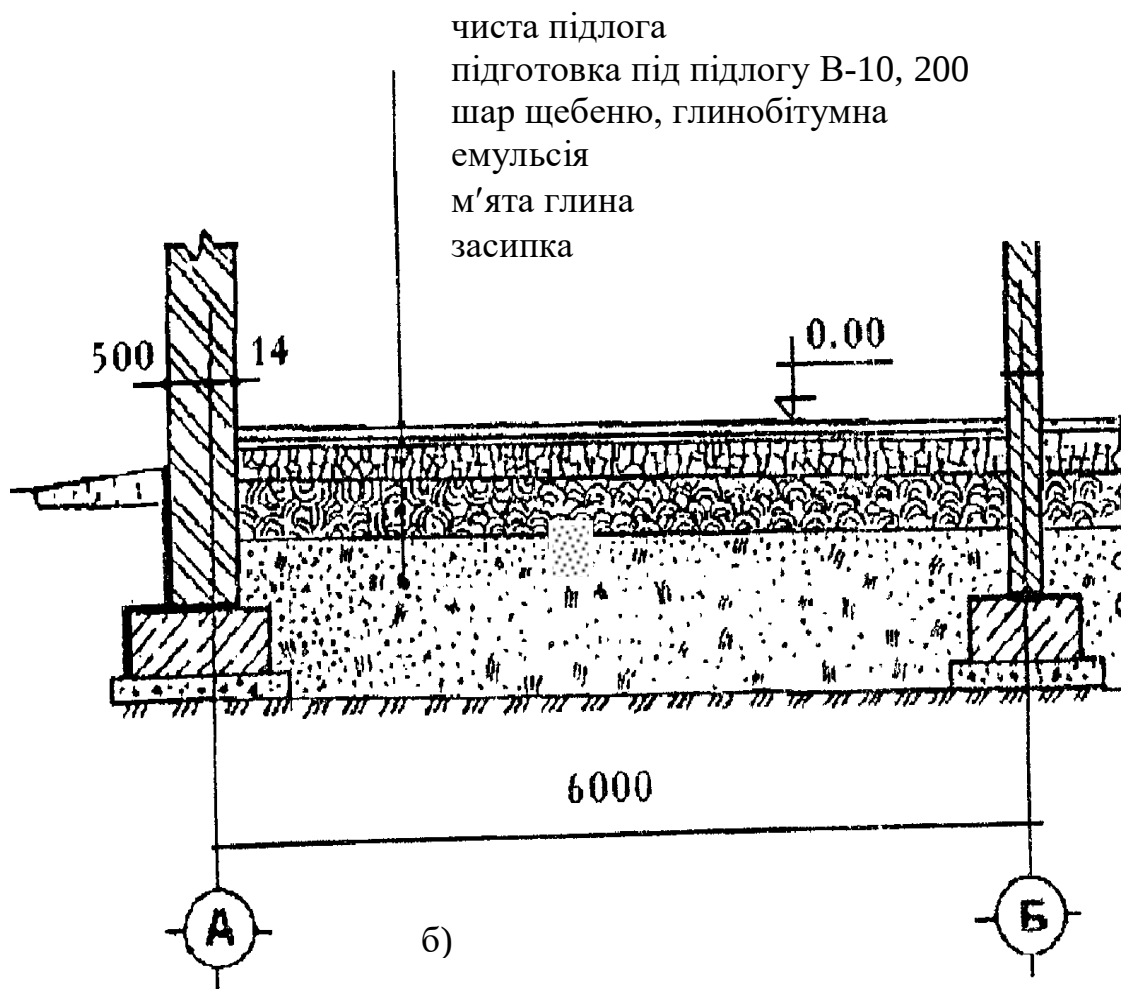
1	2	3	4
Режимно-технологічні: зниження ексхалції радону з ґрунту	Створення підвищеного тиску		Розташування вентилятора 60 Вт для надходження в будинок повітря з горища. В холодний період це потребує додаткового опалення приміщення
	Зменшення підпільного тиску		Радоновий уловлювач – це ніша в підлозі з вентилятором, який створює градієнт тиску, спрямована назовні
	Підпільна вентиляція	Природна – крізь отвори в стінах	
		Примусова	
		Припливно-втяжна вентиляція із забором повітря в нижній зоні підвалу	

Приклади протирадонових заходів, що направлені на зменшення ексхалції радону-222 через захисні конструкції будівель наведені на рисунках 5.1 а) – д). [19].



а)

Рисунок 5.1 а) - радонозахисна конструкція підлоги: 1- наливне покриття (цементне або асфальтове); 2 – промазка гарячим бітумом; 3- цегляний щебінь, емульсія з глини; 4- ущільнений ґрунт.



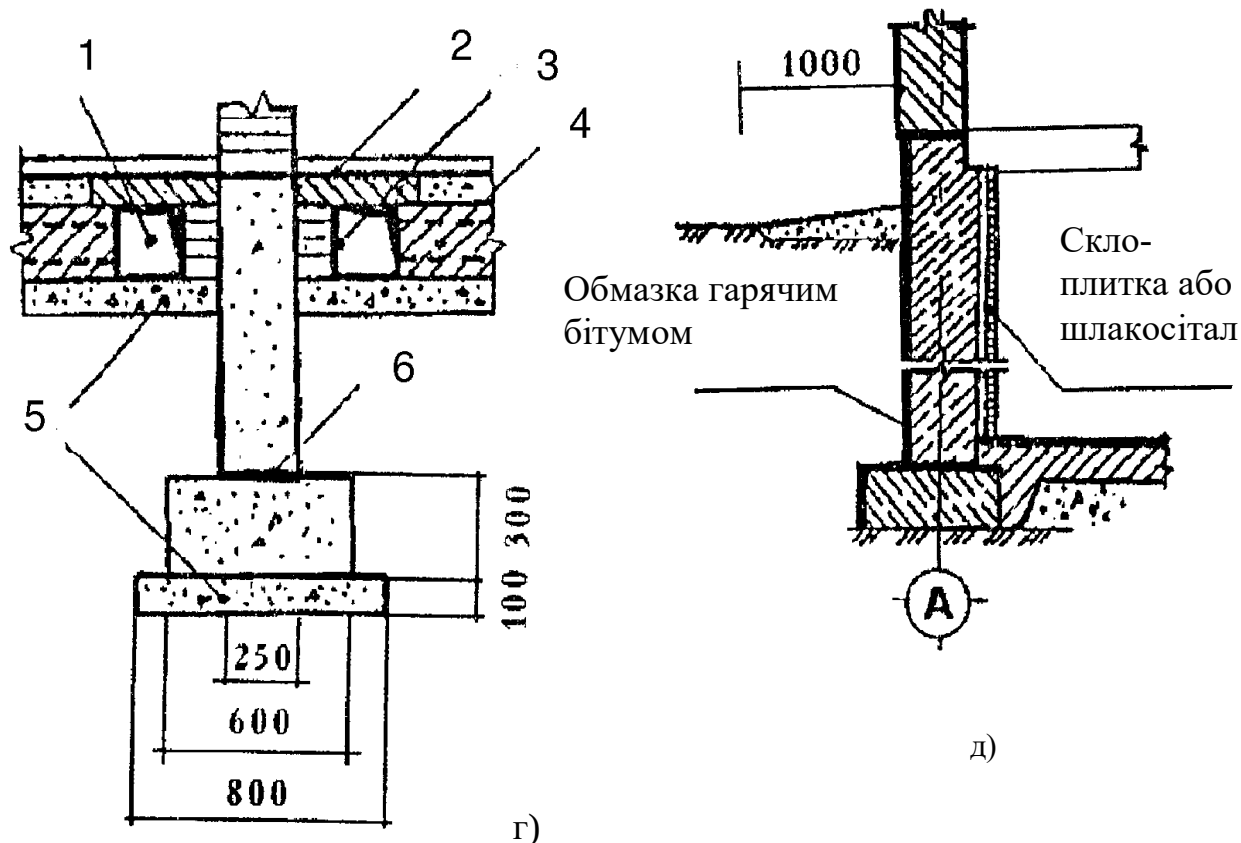


Рисунок 5.1- Радонозахисні заходи: б) екранування основ; в) екранування стін підвалу місцевими матеріалами; г) радонозахист фундаментів: 1-підпільний канал 200×200; 2-поліетеленова плівка на бітумній мастиці; 3-обмазка бітумом за 2 рази; 4-пусотні панелі, що використовуються як вентиляційні канали; 5- бетонна підготовка, М – 50,100,200; 6 – цементний розчин 1: 2 з водостійкими додатками, 2 шари руберойду на бітумній мастиці; д) екранування стін підвалу.

5.3 Оцінювання ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів

У відповідності з принципами радіаційного захисту необхідно прагнути до максимального зменшення сукупної дози при мінімальних витратах на протирадіаційні заходи. Недопустиме застосування заходів, витрати на які більші, ніж ефект від їх реалізації. Так в Швеції на кожний гігават-год електроенергії, яка була зекономлена завдяки герметизації приміщення, населення отримало додаткову дозу опромінення в 5600 люд-Зв. Прикладом оптимізації співвідношення економічних затрат коштів на будівництво та впровадження організаційно-технологічних

протирадіаційних заходів є проектування котеджів в Німеччині. В цій країні замість значно дешевих стрічкових фундаментів проектують фундамент у вигляді монолітної плити під будинком, що буде виконувати функції екрана проти дії радону-222.

З економічної точки зору необхідно передбачати дві категорії ситуацій опромінення будівельних об'єктів: 1 - існуючих, що експлуатуються та 2 - майбутніх, що проектуються. Для майбутніх ситуацій обмеження опромінення повинні бути більш жорсткими, оскільки вартість їх реалізації значно нижча. Так, вартість зниження дози внаслідок гамма-випромінювання ПРН, що містяться в будівельних матеріалах, значно більша в існуючих будинках в порівнянні з ситуацією, коли вирішується питання про використання родовищ будівельних матеріалів для майбутніх будинків. В першому випадку в якості захисних заходів можуть бути: зміна призначення приміщень, обмеження перебування в них людей або вилучення конструктивних елементів з великим вмістом природних радіонуклідів та заміна їх матеріалами з низькою активністю радіонуклідів. В другому випадку порівнюється вартість матеріалів, які добувають на даному або альтернативному родовищах.

Знижувати сумарну дозу необхідно за рахунок тих джерел, на які впровадження протирадіаційних захисних заходів буде більш економічно вигідним.

Впровадження захисних заходів доцільно, коли задовольняється умова їх ефективності [17]:

$$S \leq Z, \quad (5.1)$$

де Z - зменшення шкоди здоров'ю населення;

S - вартість протирадіаційних заходів.

Із усіх можливих рішень щодо технології та організації повинне бути вибране те, при якому різниця між зменшенням шкоди здоров'ю населення (ΔZ) і збільшенням вартості протирадіаційних заходів буде максимальною (ΔS):

$$\Delta Z - \Delta S = \max \quad (5.2)$$

Збільшення вартості протирадіаційних заходів:

$$\Delta S = S_i - S_o, \quad (5.3)$$

де S_o - вартість початкового варіанта, що підлягає заміні: при ситуації 1 - це вартість будівельних матеріалів, конструктивних рішень об'єктів, що існують; при ситуації 2 - найдешевший варіант протирадіаційних заходів,

що проектуються;

S_i - вартість альтернативного варіанта, що передбачає організаційно-технологічні заходи щодо зменшення опромінення населення.

Зменшення шкоди здоров'ю населення при заміні початкового варіанта протирадіаційних заходів:

$$\Delta Z = \alpha (D_o - D_i), \quad (5.4)$$

де α - грошовий еквівалент 1 люд-Зв, максимальні витрати на зниження дози опромінення населення на 1 люд · Зв, грн/ люд · Зв; D_o і D_i - очікувана колективна ефективна еквівалентна доза (люд · Зв), що обумовлена використанням вихідного та альтернативного варіантів, відповідно. Ці дози визначають за формулою:

$$D_i = H_i \cdot N_{\text{еф}} \cdot t, \quad (5.5)$$

де H_i - річна ефективна еквівалентна доза опромінення людей в приміщенні, що побудоване за технологією альтернативного варіанта, Зв/рік; t - очікуваний термін експлуатації будинку, роки; $N_{\text{еф}}$ - ефективна кількість людей, що опромінюється, люд.

У випадку, коли вартість захисних заходів перевищує користь від зекономленої дози, сектор управління організаційно-технологічними заходами щодо зменшення радіації повинен провести додатковий і більш детальний аналіз комплексу заходів. Сектор управління повинен постійно аналізувати, який саме фактор дешевий на даному етапі і в даних умовах. З цією метою для обґрунтування економічних витрат, пов'язаних із забезпеченням радіаційної безпеки при спорудженні та експлуатації будівельних об'єктів, нами розроблена модель системи, яка включає множинність полідімensionальних (несумірних) організаційно - технологічних та економічних факторів і параметрів (ОТЕФ), що має певні властивості і дозволяє проводити динамічне коректування ОТЕФ, які входять до неї з метою досягнення конкретних результатів. Кібернетична модель системи показана на рис. 5.2. Результатом роботи системи є варіанти (варіант) вартості протирадіаційних заходів.

В процесі функціонування на систему будуть впливати фактори невизначеності, які характеризують динамічні зміни на різних етапах організаційно-технологічної підготовки будівництва та експлуатації житла.

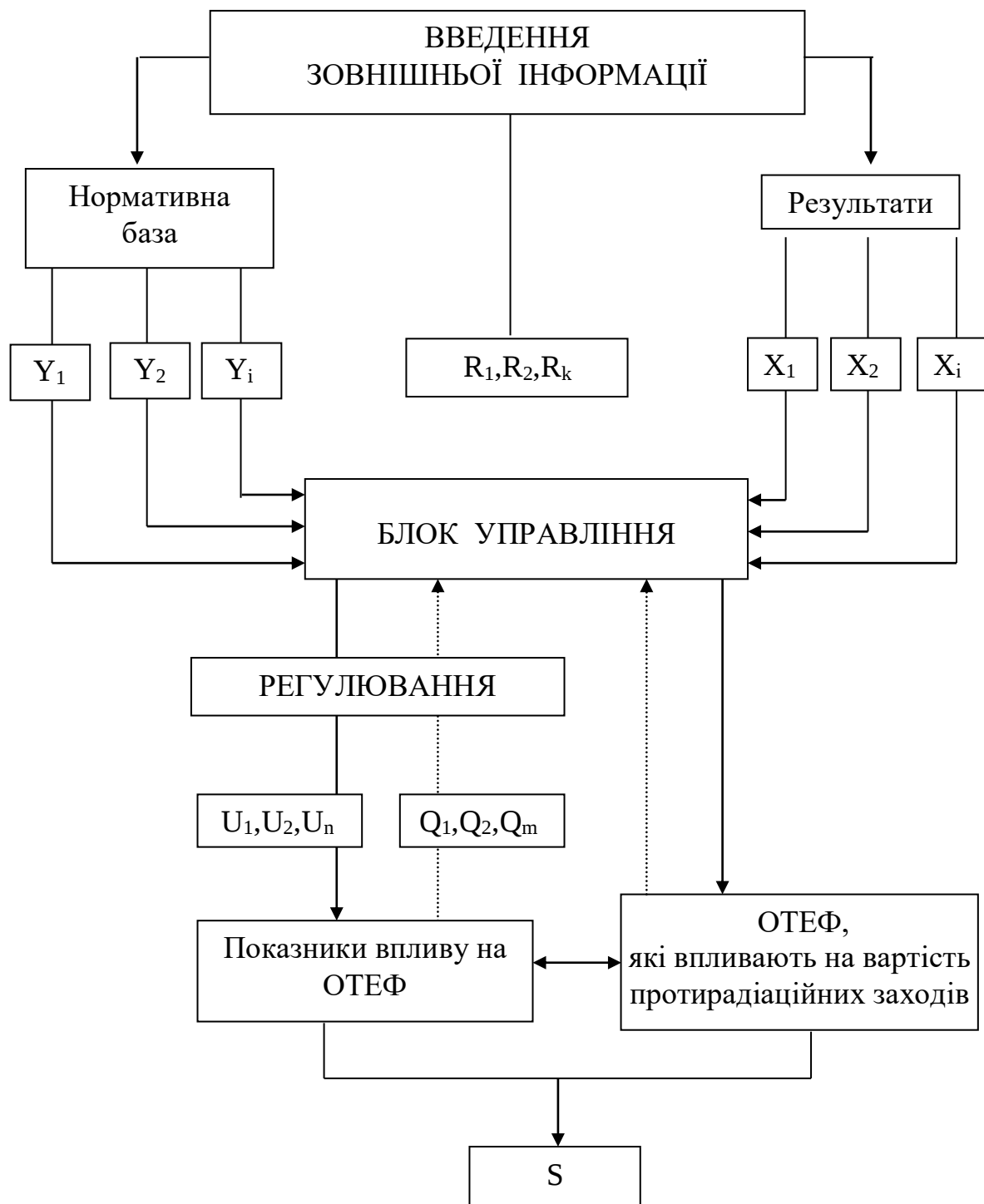


Рисунок 5.2- Кібернетична модель системи організаційно-технологічних та економічних факторів, що впливають на радіаційну якість будівництва

Результати роботи системи можна записати у вигляді матричної системи:

$$S_i = F \begin{vmatrix} R_k = f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}) \\ Y_p = f(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}) \\ U_n = f(x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3j}) \\ Q_m = f(x_{41}, x_{42}, \dots, x_{4j}) \end{vmatrix}, \quad (5.6)$$

де S_i - вартість протирадіаційних заходів;

R - параметри системи вартості організаційно-технологічних заходів;

U - керуючі команди щодо оптимізації протирадіаційних заходів;

Y - рішення щодо технології та організації;

Q - інформація про зміну параметрів елементів системи

Організаційно-технологічні та економічні фактори та параметри протирадіаційних заходів, що впливають на їх вартість можливо зобразити у вигляді ієрархічних моделей незалежних факторів та параметрів, що входять до систем протирадіаційних заходів. Кібернетична модель дозволяє вибрати оптимальний варіант організаційно-технологічних протирадіаційних заходів з врахуванням їх економічних витрат.

5.4 Заходи захисту населення від аварій на атомних електростанціях та радіаційних опадів

Щорічно в різних країнах світу, у різних галузях діяльності людини трапляються мільйони нещасних випадків, сотні тисяч з яких закінчуються трагічно. Страждають люди усіх професій на виробництві, в побуті, в армії, на транспорті. Країни зазнають великих збитків від аварій, катастроф, стихійних лих, пожеж, які призводять до загибелі людей. В Україні найважливіші функції безпеки життєдіяльності людини затверджено Указом Президента України від 28 жовтня 1996 року, передано в компетенцію Міністерства з питань надзвичайних ситуацій із захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Ці функції спрямовані на захист населення від наслідків стихійних лих, аварій та катастроф, а також від можливого застосування ворогом сучасних засобів ураження.

***Захист населення** – це комплекс заходів, спрямованих на попередження негативного впливу наслідків надзвичайних ситуацій (НС) чи максимального послаблення ступеня їх негативного впливу.*

Основні принципи щодо захисту населення:

1. Захист населення планується і здійснюється диференційовано, залежно від економічного та природного характеру, його розселення, виду і ступеня небезпеки можливих НС.
2. Усі заходи щодо життєзабезпечення населення готуються заздалегідь і проводяться на підставі законів держави.
3. При захисті населення використовуються усі наявні засоби захисту, евакуація із небезпечних районів, захисні споруди.
4. Громадяни повинні знати основні свої обов'язки щодо безпеки життєдіяльності, дотримуватись установлених правил поведінки під час НС.

Основні заходи щодо забезпечення захисту населення в НС [6].

1. Повідомлення населення про захист і виникнення НС та постійне його інформування про наявну обстановку.
2. Навчання населення вмінню застосувати засоби індивідуального захисту і діяти в НС.
3. Укриття людей у сховищах, медичний радіаційний та хімічний захист, евакуація населення з небезпечних районів.
4. Спостереження та контроль за ураженістю навколишнього середовища, продуктів харчування та води радіоактивними, отруєними, сильнодіючими отруйними речовинами та біологічними препаратами.
5. Організація і проведення рятувальних та інших робіт у районах лиха й осередках ураження.

***Радіаційна аварія** – будь-яка незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови:*

- *втрата контролю над джерелом;*
- *реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою контролю над джерелом.*

***Аварії з викидом радіоактивних речовин** - це аварії на радіаційно небезпечному об'єкті, що спровокували викид (розлив) радіоактивних речовин за межами встановлених захисних бар'єрів чи таких, при яких доза іонізуючого випромінювання перевищує встановлені норми та загрожує навколишньому середовищу.*

Причинами таких аварій можуть бути порушення технологічних процесів, правил роботи з джерелами радіоактивності, їхнього збереження і перевезення, некомпетентність обслуговуючого персоналу.

Це аварії - на атомних електростанціях, підприємствах із виготовлення та переробки ядерного палива, поховання ядерних відходів, у науково-дослідних інститутах, що працюють з ядерними реакторами, на ядерних енергетичних установках, об'єктах транспорту.

Уражальними факторами таких аварій є радіоактивне забруднення місцевості (осідання радіоактивного пилу на будинках, рослинах, ґрунті, водоймах) і проникна радіація (іонізуюче випромінювання). Ступінь небезпеки і масштаби визначаються кількістю іонізуючих випромінювань, що супроводжують їх розпад.

***Іонізуюче випромінювання** - потік частинок (електронів, позитронів, протонів, нейтронів) і квантів (рентгенівські, гамма-промені) електромагнітного випромінювання, проходження яких через речовину приведе до іонізації і порушення її атомів і молекул.*

У людському організмі це призводить до порушення життєво важливих органів, ураження кісткового мозку, розвитку променевої хвороби.

Дія іонізуючого випромінювання на організм людини залежить від поглиненої дози, її розподілу в організмі за часом і типом випромінювання.

Радіоактивні речовини, потрапляючи в організм людини з їжею, водою, повітрям, включаються в молекули кісткової тканини і м'язів і, залишаючись у них, продовжують опромінювати організм зсередини. Тому безпека людини в умовах радіоактивного забруднення місцевості досягається захистом від зовнішніх випромінювань, від зараження радіоактивними опадами, а також постійним виведенням радіоактивних речовин з організму.

Населенню, що проживає на території радіоактивного забруднення, необхідно **пам'ятати**:

1) не можна вживати в їжу місцеві продукти рослинного і тваринного походження - харчові продукти необхідно доставляти з незаражених територій;

2) категорично забороняється вживати в їжу гриби, навіть їстівні, зібрані на території радіоактивного забруднення, тому що вони мають підвищену здатність усмоктувати радіоактивні речовини з ґрунту й атмосфери;

3) слід ущільнити віконні та дверні прорізи, щоб уникнути потрапляння радіоактивного пилу, якомога частіше робити вологе прибирання, не допускати скупчення радіоактивного пилу;

4) необхідно строго дотримуватись правил особистої гігієни, змивати з себе радіоактивний пил і радіоактивні атоми, що виділяються з організму через потові залози.

Якщо стався ядерний вибух, то всім підприємствам, установам, закладам, а також населенню слід залишатись на своїх місцях, оцінити радіаційну ситуацію, яка склалась, і здійснити заходи щодо зниження опромінення всіх, хто брав участь у проведенні відновлювальних робіт, а також тих, хто веде виробничу та іншу діяльність.

Основними положеннями, які визначають характер захисту від

зовнішнього гамма-випромінювання на забрудненій території, є:

1. Доза гамма-випромінювання найбільш висока відразу після випадання радіоактивних опадів, тому захист від гамма-випромінювання необхідно здійснювати буквально з першої години, навіть з перших хвилин випадання радіоактивних речовин. Початок випадання проявляється різким підвищенням рівня радіації.

2. Перебування в будь-якій будівлі знижує дозу гамма-випромінювання; радіоактивні опади, які забруднили місцевість, пропорційні коефіцієнту послаблення гамма-випромінювання, властивого будівлі цього типу.

3. Внаслідок того, що потужність дози гамма-випромінювання спочатку знижується швидше, укриття людини в будівлі на один і той же термін з певним коефіцієнтом послаблення не завжди рівноцінне. Першої доби після випадання радіоактивних опадів укриття позбавляє людину від дії випромінювання набагато більшою дозою ніж другої або пізніше.

На основі вищесказаного для захисту від зовнішнього гамма-випромінювання на забрудненій території розроблена практична важлива рекомендація, яка полягає в тому, що відразу після випадання радіоактивних опадів раціонально рекомендувати такий режим радіаційного захисту, при якому коефіцієнт послаблення гамма-випромінювання за допомогою сховищ або середня добова захищеність була вища ніж в подальшому.

Яким повинен бути коефіцієнт послаблення гамма-випромінювання (К) і як довго люди повинні знаходитись в укриттях, визначають такі умови:

Потужність дози гамма-випромінювання на відкритій місцевості в даному пункті на забрудненій території в момент початку опромінення, при цьому за початок опромінення можна приймати дві різні ситуації:

а) для всіх людей, які працюють або проживають на даній території, час початку опромінення визначається часом початку випадання радіоактивних опадів, розрахованих за формулою або визначених дозиметричним приладом;

б) для особистого складу формування громадянської оборони часом початку опромінення є момент входження в зону радіоактивного зараження.

Час початку опромінення. Його необхідно враховувати не просто за часом доби, а з моменту ядерного вибуху, який призводить до забруднення даної території. Про час ядерного вибуху, а також про напрям і швидкість середнього вітру повідомляють органи цивільної оборони. Крім того, яскравий спалах при зриві дуже помітний на багато десятків кілометрів навколо нього, тому час вибуху може бути зафіксований багатьма людьми, які мають годинник. Напрямок і швидкість середнього

вітру можуть бути визначені за рухом хмар.

Третій фактор, який також є важливим при виборі режиму радіаційного захисту, - це **середня добова захищеність (С)** людини, яка може бути забезпечена після завершення терміну перебування в укриттях І початку трудової діяльності. Цей фактор потребує врахування того, що сумарна фізична доза опромінення, яка діє на людину, частково накопичується в період перебування його в укритті в залежності від величини С. При довготривалій дії випромінювання необхідно також враховувати наявність відновлювальних процесів в організмі людини.

При радіаційному випромінюванні зараженню, в першу чергу, підлягає шкіра в результаті попадання на неї радіоактивних речовин, при контакті із зараженою поверхнею і через заражений одяг, вражаються незахищені ділянки шкіри. В заходах, спрямованих на виключення радіаційного враження шкірних покривів людей, можна виділити такі основні моменти.

Перебування людей в період випадання радіоактивних речовин в захисних спорудах або житлових і виробничих будівлях може виключити або значно обмежити зараження шкірних покривів людей. Для цього потрібно протягом 23 годин, доки проходить випадання радіоактивних речовин в даному пункті, уникати появи на відкритій місцевості.

Надалі, після закінчення випадання радіоактивних речовин, потрібно, по можливості, уникати появи на вулиці в суху вітряну погоду. Важливо відмітити, що зараження шкірних покривів людей в результаті повторного пилоутворення менш небезпечне ніж перше забруднення місцевості.

Щоб запобігти попаданню радіоактивних речовин на шкірні покриви обличчя потрібно використовувати табельні і найпростіші засоби захисту органів дихання.

Решта шкірних покривів можуть бути захищені табельними засобами захисту шкіри і звичайним побутовим (виробничим) одягом, призначеним для цієї мети відповідним чином. Найбільш широко можна використовувати найпростіші засоби захисту шкіри. До них відноситься повсякденний одяг і взуття, які можуть бути пристосовані для захисту шкірних покривів від потрапляння на них радіоактивних речовин. Звичайний одяг людини не створює повної герметичності, особливо в місцях розрізу на грудях, комірця, нижнього краю куртки, штанів і сполучення рукавів з рукавицями.

Щоб забезпечити герметичність, наприклад, по нагрудному розрізі куртки, застосовують нагрудний клапан, виготовлений з будь-якої щільної тканини. Для захисту шиї, відкритих частин голови і створення герметичності в області комірця використовують капюшон. Його виготовляють із щільної бавовняно-паперової або шерстяної тканини. Замість спрощеного капюшона можна застосовувати звичайні хустки, шматки тканин і т. п. Бокові розрізи спортивних і деяких інших видів

штанів герметизують вшивними клинами, розташованими під розрізами. Герметичність одягу в місцях з'єднання куртки з штанами, рукавів з рукавицями, нижнього краю штанів з взуттям досягається їх відповідним заправленням.

Правила використання захисного одягу

Людина одягнута в захисний комбінезон або захисний костюм, резинові чоботи, резинові рукавиці і протигаз, повністю ізольована від навколишнього середовища. Внаслідок цього порушується природний теплообмін і при недотриманні правил і термінів перебування в захисній одежі може статись перегрів організму і тепловий удар. Тому для збереження роботоздатності людей захисну одягу необхідно одягати при температурі повітря:

- + 10 °С і вище поверх білизни тіла;
- від 0 до + 10 °С на білизну та літний одяг;
- від 0 до - 10 °С на білизну і зимній костюм;
- нижче - 10 °С на білизну, зимній костюм і ватник.

При роботі в місцевості, яка забруднена радіоактивними речовинами, захисний комбінезон може бути використаний без одягання спеціального захисного одягу.

Встановлені строки перебування в захисному ізолюючому одязі в залежності від температури повітря показані в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Допустимі строки безперервної роботи в засобах індивідуального захисту

Температура зовнішнього повітря °С	Без екранізованого комбінезона	З екранізованим комбінезоном
+ 30 і вище	До 20 хв	1,0-1,5 год
+25 +29	До 30 хв	1,5-2 год
+20 +24	До 50 хв	2,0-2,5 год
+15 +19	До 2 год	Понад 3 год
Нижче +15	До 4-5 год	Понад 5 год

Зараження шкіри радіоактивними частинками відбувається за рахунок сил адгезії. Тому дезактивацію шкіри слід проводити за допомогою рідин. В якості дезактивуючих розчинів можна використовувати воду, а також водні розчини миючих засобів. При попаданні радіоактивного пилу в рот, ніс і вуха їх промивають водою або водним розчином марганцівки, при цьому радіоактивні речовини видаляються майже повністю. Якщо радіоактивний пил потрапив на рану, її необхідно декілька разів промити і по можливості викликати кровотечу під струменем води, що буде сприяти найбільш повній дезактивації.

Всмоктування в кров продуктів ядерного поділу залежить від фізико-

хімічних властивостей радіоактивного пилю, а останній зумовлений характером ґрунту в районі зриву. При наземному вибуху на силікатних ґрунтах розчинність радіоактивних продуктів в біологічному середовищі складає близько 2%, а при вибухах на карбонатних ґрунтах вона може досягати 80-100%.

Потрапляння в організм певної кількості ядерних поділів за 1 год. після вибуху приблизно в 5 разів менш небезпечно, ніж протягом 1 доби і більше.

Згідно з рекомендаціями Міжнародної комісії з радіаційного захисту в органах дихання затримується 75% із кількості частинок, які знаходяться в повітрі. Із них 62,5% швидко потрапляють в шлунок і тільки 12,5% затримується в легенях. Тому при ядерному вибуху реальна небезпека потрапляння радіоактивних продуктів в органи дихання значно менша ніж небезпека одночасно діючого гамма-випромінювання на забрудненій території.

Вода відкритих водойм забруднюється радіоактивними речовинами. Концентрація радіоактивних продуктів ядерного поділу у воді залежить від розчинності радіоактивних речовин і відношення поверхні водойми до глибини. При вибухах на силікатних ґрунтах розчинність радіоактивних речовин низька, а при вибухах на карбонатних ґрунтах вона може бути майже повною. Якщо вибух стався на силікатних ґрунтах, то вже через кілька годин вода може бути використана для пиття без обмежень. При вибуху на карбонатних ґрунтах необхідно протягом 7-10 діб відмовитись від вживання води з відкритих непроточних водойм. В цьому випадку для пиття можна використовувати ґрунтові води (шахтні або трубчасті криниці, джерела, колонки-копанки на берегах річок і озер).

Основні харчові продукти, які входять в раціон людини за способами забруднення можуть бути умовно розділені на дві категорії:

1) сировина і харчові продукти, виготовлені до ядерного нападу і які зберігаються на складах, в магазинах і особистих запасах населення;

2) місцеві продукти, забруднені випаданням радіоактивних речовин, які треба виготовити або зібрати на території радіоактивного сліду. До них відносяться продукти рослинного (зерно, овочі, фрукти) і тваринного (м'ясо, молоко) походження.

Слід відзначити, що перша категорія може бути джерелом надходження радіоактивних речовин в організм людини, якщо продукти не захищені від радіоактивного пилю. Тому організація захисту запасів продуктами в особливий період є ефективною мірою обмеження або виключення потрапляння продуктів вибуху з їжею.

Для їх захисту необхідно ущільнити віконні і дверні щілини в приміщеннях, які є складами, щільно закрити кришками лари і ящики для зберігання сипких продуктів і завернути в папір власні запаси продуктів.

Найбільш інтенсивно забруднюються продукти, віднесені до другої категорії, оскільки зарання захистити їх від забруднення продуктами

вибуху практично неможливо. Неможливо захистити зерно, овочі, фрукти на полях і в садах, а також траву на пасовищах, яка є джерелом потрапляння радіоактивних речовин в організм сільськогосподарських тварин і забруднення отриманої від них продукції (м'ясо, молоко).

Джерелом проникнення радіоактивних речовин в м'ясомолочну продукцію є рослинність пасовищ. На ній осідає радіоактивний пил діаметром менше 50 мкм.

Проведені дослідниками роботи показали, що поглинуті дози в щитовидній залозі дорослої людини, яка вживає свіже молоко, можуть дорівнювати або бути вищими доз зовнішнього гамма-опромінення. Враховуючи, що у дітей вага щитовидної залози приблизно в 10 разів менша ніж у дорослого, а кількість вживаного молока майже таке ж, тканинні дози опромінення цього органа у даної категорії населення можуть сягати порядку кількох тисяч рад. Тому питання про захист людей і особливо дитячого населення від внутрішнього опромінення радіоактивним йодом при вживанні молока набуває важливого значення в системі протирадіаційного захисту. Із всього комплексу заходів протирадіаційного захисту дітей можна рекомендувати:

1. Відмову від вживання свіжого молока протягом принаймні двох найближчих тижнів після ядерного вибуху;

2. Переведення молочно-продуктивного скоту на стійлове утримання з використанням для годівлі тварин сіна і силосу, заготовлених до ядерного удару і захищених від РВ;

3. Заміну свіжого молока концентрованим (згущеним, порошковим) на 2-3 тижні;

4. Прийом таблеток йодистого калію, які забезпечують різке зменшення (в 50-100 разів) надходження радіоактивного йоду в щитовидну залозу і прискорення виведення його з організму. Слід відзначити, профілактика йодом є одним із найбільш ефективних, простих і рентабельних способів захисту організму людини від внутрішнього опромінення радіоактивним йодом.

Характеристика медичних засобів індивідуального захисту

Медичні засоби індивідуального захисту – медичні препарати, матеріальні і спеціальні засоби, які призначені для використання в надзвичайних ситуаціях з метою попередження ураження чи зниження ефекту впливу вражаючих факторів та профілактики ускладнень.

До медичних засобів захисту відносяться: радіозахисні, знеболювальні протибактеріологічні препарати, медичні рецептури. До радіозахисних препаратів відносяться:

- радіопротектори;
- комплексоны;

- адаптогени;
- адсорбенти;
- антигеморагічні засоби і стимулятори кровотворення;
- стимулятори центральної нервової системи.

1. *Радіопротектори* – профілактичні лікарські засоби, які знижують рівень променевого ураження. Вони можуть представляти собою одну речовину або комбінацію кількох лікарських препаратів. У деяких радіопротекторів ступінь ефективності (фактор зменшення дози) рівний 1,2-2.

2. *Комплексиони* - препарати, які прискорюють виведення радіоактивних речовин з організму (ЕДТА, гетацин-кальцій, унітіол).

В якості комплексонів застосовують солі органічних кислот (лимонної, молочної, оцетної), а також унітіол, який прискорює виведення з організму радіоактивних ізотопів урану, полонію.

3. *Адаптогени* – препарати, які підвищують загальний опір організму до різних несприятливих факторів, в тому числі і до радіації. До них відносяться: елеутерокок, женьшень, китайський лимонник, дібазол, ехінацея пурпурна.

4. *Адсорбенти* – речовини, які здатні захоплювати на свою поверхню радіоактивні та інші шкідливі речовини і разом з ними вони виводяться з організму. В якості адсорбентів можуть використовуватися активоване вугілля, адсорбат, вакоцит та ін.

5. *Антигеморагічні* засоби і стимулятори кровотворення використовуються тільки при наданні лікарської допомоги і лікуванні в стаціонарах. До антигеморагічних засобів відносяться желатина, серотонін, які використовуються у вигляді розчинів. До стимуляторів кровотворення – лейкоцетин, лейкоген, пентоксил, які виготовляються у вигляді пігулок.

6. *Стимулятори* центральної нервової системи використовуються для надання лікарської допомоги і лікування уражених. До них відносяться: індопан в пігулках по 0,005 – 0,1 г і бемеград у вигляді 5% розчину для внутрішнього введення.

7. *Антиоксиданти* - антиокислювачі, що забезпечують захист організму від вільних радикалів (вітаміни А, С, Е).

Захист від бактеріальних (біологічних) речовин ураження складається з двох напрямів: загальної екстреної (антибіотикопрофілактика) і спеціальної екстреної профілактики інфекційних захворювань.

Спеціальна екстрена профілактика передбачає імунізацію населення (проведення щеплень) бактеріальними препаратами (вакцини, анатоксини), використання препаратів, які здійснюють етіотропну дію на збудника певної виявленої інфекції.

Укриття людей у захисних спорудах

Одним із основних засобів захисту населення при НС мирного та воєнного часів є укриття людей у захисних спорудах, розташованих за місцем проживання, роботи та навчання.

Захисні споруди залежно від властивостей розподіляються на:

- сховища;
- протирадіаційні укриття (ПРУ);
- простіші укриття.

***Сховищами** називають інженерні споруди матричного зразка, які забезпечують надійний захист людей від уражальних факторів ядерного вибуху, отруйних речовин, бактеріальних засобів, а також високих температур і обвалів будівель.*

Сховища можуть бути вбудовані під будинками (у підвалах) і побудовані поза ними. Сховище складається з основних та допоміжних приміщень. До основних відносяться приміщення для людей, тамбури, шлюзи. Допоміжними вважаються фільтровентиляційні установки, системи водопостачання, освітлення, опалення, санітарні кімнати. Повітря у сховища постачається за допомогою фільтровентиляційних установок (ФВУ), які працюють у трьох режимах роботи.

Режим чистої вентиляції – зовнішнє повітря очищається від радіоактивного пилу.

Режим фільтровентиляції – окрім радіоактивного пилу, повітря також очищається від ОР та БЗ.

Режим повної ізоляції із регенерацією внутрішнього повітря – очищення повітря від вуглекислого газу та забезпечення його киснем.

***Протирадіаційні укриття (ПРУ)** – призначені для захисту людей від зовнішнього гамма-випромінювання та безпосереднього попадання радіоактивного пилу в органи дихання людини, на шкіру та одяг, а також від світлового випромінювання ядерного вибуху.*

***Найпростіші укриття-щілини** викопують на глибину до 180-200 см, шириною 100-120 см, по дну-80 см, із входом під кутом 90 градусів до поздовжньої осі. Довжина визначається з розрахунку 0,5 м на одну особу. Щілина може бути відкритою або перекритою.*

***Перекриті щілини** – це вдосконалені щілини, обладнані перекриттям із дерев'яних колод довжиною 240 см, боки яких обшиваються дошками. На перекриття насипається 50-60см землі.*

***Захисні властивості місцевості** залежать від її рельєфу, форм місцевих предметів та їхнього розташування щодо осередку вибуху. Кращий захист забезпечують вузькі, глибокі яри. Височини із крутими схилами, земляні насипи, котловани, копри є добрим захистом від впливу уражальних факторів ядерного вибуху.*

Таблиця 5.4 - Товщина шару половинного ослаблення радіації для різних матеріалів

Матеріал	Щільність, г/см ³	Товщина слою, см		
		Випромінювання проникаючої радіації	Випромінювання радіоактивного ураження	нейтронів
Вода	1	23	13	2,7
Деревина	0,7	33	18,5	9,7
Грунт	1,6	14,4	8,1	12
Цегла	1,6	14,4	8,1	9,1
Бетон	2,3	10	5,7	12
Глина	2,06	11	6,3	8,3
Вапняк	2,7	8,5	4,8	6,1
Лід	0,9	26	14,5	3
Сталь, залізо	7,8	3	1,7	11,5
Свинець	11,3	2	1,2	12

5.5 Проблема утилізації радіоактивних відходів

Щорічне виробництво продуктів ділення одними тільки атомними електростанціями за рівнем радіоактивності приблизно вдвічі більше сумарної кількості речовин, що діляться у всіх океанах Землі. Якщо всі радіоактивні відходи з атомних електростанцій видаляти розчиненням у воді, то треба було б $7,8 \times 10^{20}$ л води в рік, щоб розчинити продукти поділу тільки з атомних реакторів [23].

Джерела радіоактивних відходів. З метою правильної обробки радіоактивні відходи звичайно підрозділяються на відходи низького, високого і проміжного рівнів радіоактивності.

Відходи низького рівня радіоактивності. Створюється багато низькорадіоактивних відходів, що підлягають видаленню, на заводах з переробки уранової руди, у дослідницьких лабораторіях, у системах охолодження і промивання атомних реакторів, у лікарнях, відходоспалювальних печах і системах вентиляції будинків. Забруднення цього типу звичайно є легким, однак обсяг забруднених відходів дуже великий.

Відходи високого рівня радіоактивності. Високорадіоактивні відходи являють собою використане («відпрацьоване») паливо з ядерних реакторів, а також агресивні рідини, що залишаються після переробки такого палива з метою витягу плутонію й урану. Обсяг високорадіоактивних відходів відносно малий, але велика їхня частина залишається радіоактивною протягом довгого часу.

Відходи проміжного рівня радіоактивності. До цієї категорії відносяться різноманітні типи відходів, що не попадають у жодну з двох категорій, відзначених вище. Вона включає конструктивні вузли реакторів, матеріали, сильно забруднене устаткування і стоки.

Характеристики радіоактивних відходів. Фізичний стан. Відходи, що викидаються, можуть бути газами чи частинками, зваженими в повітрі у формі аерозолів. Тверді частинки викидаються у вигляді пилу чи диму; рідкі частинки звичайно утворюють туман. Повітряні потоки, що переносять ці аерозолі чи газу, підлягають очищенню перед викидом в атмосферу.

Тверді радіоактивні відходи можуть виникати в результаті видобутку і переробки радіоактивних руд, виробництва ядерних палив, діяльності лабораторій і механічної обробки матеріалів на заводах з виробництва палив. Фізичні і хімічні процеси очищення повітря й обробки рідин дають напіврідкі відходи і концентрати. Радіоактивне забруднення устаткування і робочих тіл відбувається при всіх зазначених типах робіт, і забруднені матеріали повинні бути перероблені чи вилучені.

Радіація і розпад. Радіація, що існує на смітниках радіоактивних відходів, викликається розпадом атомів радіоактивних речовин, що є присутнім у відходах. Зіткнення продукту розпаду з атомом у повітрі, тілі людини чи матеріалі призводить до вибивання електрона, так що утворюється позитивно заряджений атом. Вибитий електрон може приєднатися до іншого атома, зарядивши його негативно. Заряджені в такий спосіб атоми, названі іонами, можуть порушити рівновагу в тканинах тіла і викликати руйнування клітин. Радіоактивні ізотопи деяких елементів мають період піврозпаду, що вимірюється лише секундами, з іншого боку, ізотоп вуглецю-14, широко використовуваний у біологічних дослідженнях, має період напіврозпаду 5568 років.

Безумовно, інженери, що займаються переробкою радіоактивних відходів, повинні забезпечити захист для сотень майбутніх поколінь і скласти докладний опис місць і методів переробки довгоіснуючих відходів.

Продукти поділу реакторних палив. У будь-якому реакторному паливі утворюються сотні продуктів поділу, і їхні періоди напіврозпаду мають значення від секунд до тисяч років. При видаленні таких відходів особливу увагу треба приділяти довгоіснуючим продуктам поділу, зокрема ізотопу стронцію-90 і ізотопу цезію-137, що небезпечні для живих тканин.

Методи видалення і переробки. Газоподібні відходи. Оскільки радіоактивні матеріали в повітрі і газах вкрай небезпечні, для очищення несучого їх повітряного потоку потрібно використовувати високоефективну систему. Граничну обережність варто виявляти при видаленні забрудненого очисника і матеріалів, що добуваються з нього. Газу, які забруднюють атмосферу, можуть являти собою, наприклад,

ізоотоп аргону-41 у вихідному з атомних реакторів повітряному потоці чи корозійно-активні гази, що містять пари кислот, які утворюються в процесах добування металів, використовуваних у виробництві ядерних палив. Інертні гази, зокрема аргон, звичайно викидаються через димарі великої висоти і розсіюються в атмосфері.

Для обробки розчинних чи хімічно активних газів, що містять радіоактивні елементи чи сполуки, можна застосовувати газоабсорбційні методи, у тому числі насадкові колони, тверді абсорбенти і реакції типу «тверда речовина - газ». Радіоактивні частинки чи аерозолі можна видаляти за допомогою звичайного устаткування для повітря- і газоочищення. Очищений газ може випускатися в атмосферу, однак добути з нього матеріали стають рідкими чи твердими відходами, що підлягають видаленню іншими методами.

Рідкі відходи Радіоактивні речовини, розчинені в воді чи інших рідинах, можна видалити методами хімічного осадження. Так, радіоактивний стронцій швидко видаляється шляхом додавання нерадіоактивного стронцію як носія або шляхом додавання барію і свинцю. Низькорадіоактивні відходи, що містять колоїдні і зважені частинки твердих матеріалів, можна очистити звичайними методами водоочищення, використовуючи коагулянти, глину і поліелектроліти. Фільтрування потоку рідини підвищує ступінь очищення.

Розчинні радіоактивні відходи можна обробляти іонообмінними смолами, аніонними або катіонними, чи за допомогою повної демінералізації. Необхідне попереднє очищення рідких відходів перед введенням їх у іонообмінувачі з метою видалення всіх частинок, що могли б покрити шар смоли. Можна також використовувати абсорбційні властивості глини для добування радіоактивних катіонів з рідких відходів, що зливаються в ґрунт. Видалення смол, що відпрацювали, і глин - проблема видалення твердих відходів (див. нижче). Звичайно відпрацьовані смоли спалюються для концентрування радіоактивних матеріалів у золі чи ж підлягають похованню. Забруднені глини можна ствердити шляхом випалу.

Випарювання - найбільш ефективний спосіб розподілу радіоактивних відходів на дві фракції:

високорадіоактивну густу масу і незабруднену рідину. З цією метою використовувалися перегінні куби, паровий стиск і випарники вибухового скипання. Повідомлялося про досягнення коефіцієнтів очищення вище 106.

Процеси біохімічної обробки мають обмежене застосування, оскільки більшість радіоактивних матеріалів - неорганічні речовини. Мікроорганізми можуть концентрувати тільки ті радіоактивні речовини, якими вони харчуються. Осідання радіоактивних матеріалів на металевих деталях каналізаційної мережі будинків може становити небезпеку для робочого персоналу лабораторій і лікарень. Для очищення таких мереж,

забруднених низькоактивними радіоізотопами, звичайно використовуються кислотні чи лужні розчини.

Скидання низькорадіоактивних рідких відходів у навколишнє середовище увійшло в практику радіоізотопних лабораторій. Високорадіоактивні рідкі відходи треба зберігати протягом багатьох літ, а можливо, і століть. Контейнери з відходами зберігаються під землею, щоб запобігти скипанню рідини в результаті виділення тепла при розпаді радіоактивних речовин, що містяться в них. Поховання рідких відходів низького і проміжного рівнів радіоактивності в землю можливе при певних кліматичних і геологічних умовах. Рідкі відходи дотепер зливалися в землю через спеціальні колодязі, канали і земляні відстійники. Багато продуктів ділення адсорбується на ґрунтах. В даний час досліджується можливість поховання високорадіоактивних рідких відходів у природній і штучній підземній порожнечі, у підземних або підводних порожнинах граніту, мерзлій глини чи соляних шахтах і куполах.

Тверді відходи. Такі відходи можуть видалятися шляхом поховання, спалювання чи переплавляння (у випадку металевих відходів). Місця поховання для видалення забруднених твердих відходів і брухту є в різних регіонах США і Росії, а також у Франції, Німеччині, Бельгії, Швеції й інших країнах. Поховання відбувається в котлованах чи порожнечі з покриттям землею або бетоном. На вибір місця поховання впливають рельєф місцевості, геологічна будова шарів, ґрунтові, гідрологічні і метеорологічні характеристики і можливості доставки.

Лабораторні роботи можуть породити великі кількості забруднених відходів, що спалюються, серед яких фільтрувальний папір, який абсорбує матеріали, одяг, рукавички, ганчірки, дерев'яні предмети. Обсяг таких твердих відходів може бути зменшений шляхом спалювання, причому зола і леткі радіоактивні речовини видаляються окремо. Спалювання горючих відходів буде використовуватися і надалі як важливий метод видалення.

Переробка уранової руди й інші процеси в атомній промисловості ведуть до появи великої кількості забрудненого чавунного і сталевого устаткування. Такі матеріали можуть бути знову використані: при переплавлянні уран виводиться зі шлаком і вже не представляє небезпеки для здоров'я.

Комплексна програма поводження з радіоактивними відходами (РАВ)

Загальну координацію робіт, пов'язаних з виробленням єдиних підходів щодо реалізації державної політики у сфері поводження з РАВ, здійснює Міжвідомча комісія з питань виконання Комплексної програми поводження з радіоактивними відходами відповідно до Закону України „Про поводження з радіоактивними відходами” (255/95 – ВР).

1. Поводження з радіоактивними відходами АЕС.

Система поводження з РАВ АЕС повинна складатися із:

- підсистеми попередньої переробки на АЕС;
- підсистеми глибокої переробки РАВ на центральному підприємстві переробки РАВ до стану, придатного для довготривалого зберігання та захоронення.

На АЕС доцільно виконувати такі заходи щодо поводження з РАВ:

- для рідких відходів – забезпечення збирання і випаровування, виділення та висушування відпрацьованих іонітів, мулів та шламів, контейнерне зберігання;
- для твердих відходів – забезпечення збирання, сортування з технологічними та радіаційними ознаками, фрагментування довговимірних РАВ, компактування, контейнерне зберігання.

На центральному підприємстві переробки РАВ доцільно виконувати заходи щодо компактування, спалення, цементування, кондиціонування, тимчасового зберігання, переплавлення радіоактивного металу.

2. Поводження з РАВ, що утворилися в процесі поточної експлуатації об'єкта „Укриття”.

Об'єкт „Укриття” за своїм статусом являє собою зруйнований за проектною аварією четвертий блок Чорнобильської АЕС, на якому виконано першочергові заходи для зменшення наслідків аварії та продовжуються роботи з контролю за станом ядерної та радіаційної безпеки. Об'єкт є тимчасовою системою локалізації ядерного палива та інших радіоактивних матеріалів з невизначеним рівнем ядерної та радіаційної безпеки.

У процесі поточної експлуатації об'єкта „Укриття” утворюються тверді та рідкі РАВ. **Тверді РАВ** утворюються в результаті дезактивації приміщень, демонтування обладнання і видалення напливів бетону, будівельно-монтажних та дезактиваційних робіт, пов'язаних з підтриманням санітарно-гігієнічного режиму. Загальна схема поводження з твердими РАВ включає в себе збирання, кондиціонування, сортування, тимчасове зберігання в контейнерах-збірниках, транспортування до центрального підприємства переробки РАВ для доведення РАВ до стану, придатного до захоронення. **Рідкі РАВ** утворюються внаслідок атмосферних опадів, конденсації вологи та технологічних розчинів. Система збирання і вилучення рідких РАВ, що транспортуються до хімічного цеху Чорнобильської АЕС на переробку, не повною мірою укомплектована контрольно-вимірювальними приладами, засобами сигналізації та автоматики.

Перетворення об'єкта „Укриття” в екологічно безпечну систему передбачає:

- здійснення комплексу заходів, спрямованих на зменшення ймовірності реалізації його потенційної небезпеки, з переведенням об'єкта

в контрольований стан;

- спорудження нової локалізуючої оболонки, що відповідатиме нормам і правилам безпеки робіт з переробки та видалення з об'єкта паливовмістких мас і радіоактивних матеріалів;
- переробка паливовмістких мас і радіоактивних матеріалів з подальшим видаленням та захороненням у сховищах РАВ.

3. Поводження з РАВ на підприємствах уранодобувної та переробної промисловості:

- мінімізація обсягів РАВ, які складаються на поверхні;
- комплексне використання відходів для внутрішніх потреб;
- обов'язкове очищення рідких РАВ;
- визначення та здійснення заходів щодо гарантованої ізоляції місць захоронення РАВ з обов'язковим довготерміновим моніторингом довкілля;
- реабілітація забруднених територій підприємствами уранодобувної та переробної промисловості;
- реконструкція та рекультивация хвостосховищ РАВ.
- реконструкція хвостосховища „балка Щербаківська”.

4. Поводження з РАВ, що утворюються на промислових підприємствах, наукових і медичних закладах.

Роботи, пов'язані із збиранням, транспортуванням та захороненням низько- і середньоактивних твердих та рідких РАВ і відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання з усіх вітчизняних підприємств, установ та організацій виконуються об'єднанням „Радон”, у складі якого діють шість державних міжобласних спеціалізованих комбінатів: Київський, Харківський, Одеський, Львівський, Дніпропетровський і Донецький, а також державне спеціалізоване підприємство „Техноцентр”.

Основними завданнями поведження з РАВ на державних міжобласних спеціалізованих комбінатах об'єднання „Радон” є:

- забезпечення збирання та зберігання РАВ і зведення до мінімуму ймовірності негативного впливу заборонених РАВ та тих, що тимчасово зберігаються, на довкілля;
- підвищення ефективності та виробничої діяльності цих комбінатів, включаючи забезпечення радіаційної безпеки під час проведення робіт.

Міжнародне співробітництво

Міжнародне співробітництво у сфері поведження з РАВ, що здійснюються відповідно до норм міжнародного права і на основі взаємодопомоги та широкого обміну досвідом з іншими державами, міжнародними організаціями та науковими установами, які працюють у сфері поведження з РАВ, спрямовуються на забезпечення:

- експорту та імпорту технологій у сфері поводження з РАВ;
- виконання спільних програм науково-дослідних робіт з підвищення безпеки у процесі поводження з РАВ;
- використання міжнародного досвіду для створення ефективної національної системи поводження з РАВ;
- оповіщення населення у разі виникнення радіаційної аварії, яка може призвести до транскордонного перенесення РАВ;
- надання допомоги при ліквідації наслідків радіаційних аварій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Основні завдання і напрямки роботи санітарно-епідеміологічної служби України в галузі радіаційної гігієни.
2. Назвіть методи зниження радононебезпеки.
3. Охарактеризуйте заходи щодо зменшення іонізуючого випромінювання природними радіонуклідами.
4. Дайте характеристику організаційно-технологічним заходам щодо зниження радіаційної небезпеки при розробці проектних рішень.
5. Проаналізуйте організаційно-технологічні заходи для зменшення радононебезпеки в період проектування та експлуатації будівель.
6. Наведіть методiku оцінки ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів.
7. Наведіть та охарактеризуйте кібернетичну модель системи організаційно-технологічних та економічних факторів, що впливають на радіаційну якість будівництва.
8. Дайте означення поняттям „Радіаційна аварія”, „Аварії з викидом радіоактивних речовин”.
9. Що слід пам'ятати населенню, яке проживає на території радіоактивного забруднення?
10. Що відноситься до основних положень, які визначають характер захисту від зовнішнього гамма-випромінювання на забрудненій території?
11. Перші дії в разі ядерного вибуху.
12. Які основні фактори є важливими при виборі режиму радіаційного захисту?
13. Правила використання захисного одягу.

14. Дайте характеристику медичним засобам індивідуального захисту.
15. Наведіть джерела радіоактивних відходів.
16. Охарактеризуйте фізичний стан РАВ.
17. Наведіть основні принципи поводження з радіоактивними відходами АЕС, з РАВ, що утворилися в процесі поточної експлуатації об'єкта „Укриття”, з РАВ, що утворюються на промислових підприємствах, наукових і медичних закладах, з РАВ на підприємствах уранодобувної та переробної промисловості.

ТЕСТИ

1. Термін радіоактивність, ким і коли був відкритий:
 - а) 1896 році Беккерелем;
 - б) 1898 році Л'єром Кюрі;
 - в) в XIX столітті Марією Кюрі.
3. Склад атома:
 - а) електрони, протони;
 - б) ядро, електрони;
 - в) протони, нейтрони.
4. Що таке α – випромінювання:
 - а) випускання ядром двох протонів, двох нейтронів;
 - б) один нейтрон перетворюється в протон;
 - в) викид чистої енергії.
5. Поглинена доза:
 - а) еквівалентна доза, помножена на коефіцієнт, який враховує різну чутливість різних тканин до опромінення;
 - б) енергія іонізуючого опромінення, яка поглинена одиницею маси опроміненого тіла;
 - в) доза, помножена на коефіцієнт, який відображає здатність даного виду випромінювання пошкоджувати тканини організму.
6. Розшифруйте ГЗД:
 - а) генетично значна еквівалентна доза;
 - б) генетична забезпечена доза;
 - в) генетично отримана значна колективна доза.

7. Найбільш небезпечними радіонуклідами від ядерних вибухів є:
- а) вуглець-14, радій-226, цирконій-95, цезій-137;
 - б) цезій-137, вуглець-14, цирконій-95, стронцій-90;
 - в) вуглець-14, калій-40, стронцій-90, цезій-137.
8. Які типи реакторів є найбільш розповсюдженими в країнах СНГ:
- а) водографітові каналні реактори;
 - б) водо-водяні штучні реактори;
 - в) водо-водяні реактори з водою під тиском.
9. Протягом року після вибуху на АЕС населення отримує:
- а) 30 % всієї дози;
 - б) 90 % всієї дози;
 - в) 95 % всієї дози.
10. Скільки є груп критичних органів за їх чутливістю до радіації:
- а) три;
 - б) чотири;
 - в) п'ять.
11. Який радіонуклід має найдовший період піврозпаду:
- а) вуглець-14;
 - б) цезій-137;
 - в) стронцій-90.
12. Одиниці вимірювання радону-222:
- а) Бк/м³;
 - б) Бк/кг;
 - в) Грей.
13. Який найбільш розповсюджений метод вимірювання ЕРОА радону-222:
- а) метод трекової дозиметрії;
 - б) безперервного прокачування повітря;
 - в) метод пасивної сорбції.
14. Що використовується в якості детектора в трековому радонометрі:
- а) нітратоцелюозна плівка;
 - б) напівпровідниковий детектор;
 - в) активоване вугілля.
15. Нормативне значення концентрації радону-222 в повітрі приміщення:
- а) 30 Бк/м³;

- б) 50 Бк/м³;
- в) 75 Бк/м³.

16. Скільки є класів будівельних матеріалів та сировини за вмістом: природних радіонуклідів:

- а) 3;
- б) 4;
- в) 5.

17. До першого класу відносяться будівельні матеріали та сировина з питомою сумарною активністю природних радіонуклідів:

- а) до 470 Бк/м³;
- б) до 370 Бк/м³;
- в) до 270 Бк/м³.

18. Найбільш розповсюдженим методом вимірювання потужності поглиненої дози гамма-випромінювання є:

- а) радіохімічний метод;
- б) радіметричний метод;
- в) гамма-спектрометричний метод.

19. ППД гамма-випромінювання в приміщеннях, що здаються в експлуатацію, не повинен перевищувати:

- а) 30 мкР/год;
- б) 50 мкР/год;
- в) 40 мкР/год.

20. Система „Систематичного радіаційного обстеження” передбачає:

- а) вхідний контроль, контроль в процесі виробництва;
- б) вхідний контроль, контроль в процесі виробництва, остаточний контроль;
- в) вхідний контроль, контроль в процесі виробництва, остаточний контроль, контроль рівнів.

21. Одиниці вимірювання ефективної еквівалентної дози:

- а) Гр.;
- б) Зв;
- в) люд-Зв.

22. На базі якої дози розраховується еквівалентна доза:

- а) на базі поглиненої дози;
- б) на базі ефективної еквівалентної дози;
- в) на базі колективної ефективної еквівалентної дози.

23. Який вид випромінювання найбільш небезпечний:
- а) α –випромінювання;
 - б) β –випромінювання;
 - в) γ –випромінювання.
24. Що таке β -випромінювання:
- а) випускання ядром двох протонів, двох нейтронів;
 - б) один нейтрон перетворюється в протон;
 - в) викид чистої енергії.
25. Що таке радон:
- а) рідина;
 - б) газ;
 - в) тверда гранітна порода.
26. Період розпаду радону:
- а) 3, 8 року;
 - б) 3, 8 доби;
 - в) 3,8 години.
27. Джерела надходження радону в приміщення:
- а) скло;
 - б) електроенергія;
 - в) будівельні матеріали.
28. Де ймовірність накопичення радону-222 більша:
- а) на першому поверсі;
 - б) в підвальному приміщенні;
 - в) на другому поверсі.
29. Продуктом розпаду якого ізотопу є радон:
- а) радія-226;
 - б) калія-40;
 - в) паладія.
30. Розшифруйте ГЗД:
- а) генетично значна еквівалентна доза;
 - б) генетична забезпечена доза;
 - в) генетично отримана значна колективна доза.
31. Який фактор більше впливає на підвищену концентрацію радону в приміщенні на території України:
- а) особливості поведінки населення;
 - б) геологічні особливості території;

в) кліматичні аспекти.

32. Як визначається величина ГЗД

- а) ймовірність того, що пацієнт в майбутньому буде мати дітей
- б) дозою опроміненні всіх органів тіла
- в) сумарною дозою опромінення за визначений період

33. На скільки груп поділяються екологічні карти за терміном періодичності:

- а) на 3;
- б) на 4;
- в) на 5.

34. Через який період повинні перевидаватися карти катастрофічних ситуацій:

- а) від одного дня до місяця;
- б) через 2-5 років;
- в) через 5-10 років.

35. Який масштаб мають великомасштабні карти:

- а) 1:50000;
- б) 1:500000;
- в) 1:1000000.

36. Що таке імпактний моніторинг:

- а) спостереження на недоторканих ділянках біосфери;
- б) спостереження за природними явищами на особливо небезпечних територіях
- в) спостереження з літаків.

37. Який масштаб мають детальні екологічні карти:

- а) 1:200000;
- б) 1:20000;
- в) 1:50000.

38. Як називається захисна споруда, яка викопується на глибину до 180-200 см, по дну – 80 см, із входом під кутом 90 градусів до поздовжньої осі:

- а) сховища;
- б) протирадіаційні укриття;
- в) найпростіші укриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лекції з фізики (ядерна фізика і радіаційна екологія). Кура лекцій – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 131 с.
2. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології: Підручник 2-е вид., зі змінами.- К.: Либідь, 1995. - 368 с.
3. Бобильова О.О. Підсумки та основні завдання і напрямки роботи санітарно-епідеміологічної служби України в галузі радіаційної гігієни// Сборник "Гигиена населенных мест.- Киев, 2000. - № 36.- С.3 – 8.
4. Бондарчук В.Г. Геологічна будова Української РСР.- Київ:"Радянська школа", 1963. - 376 с.
5. Виноградов Ю.А. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита. – М.: СОЛОН – Р, 2002. – 224 с.
6. Григорьев Ю.Г. Памятка населению по радиационной безопасности/ Ядерное общество СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 16 с., ил.
7. Гусаров И.И., Панфилов Н.П. Радоновые лаборатории, отделение радонотерапии. Санитарные правила устройства, оборудования и эксплуатации. - М.: МИР, 1988. - 66 с.
8. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.
9. ДБН А.3.1-3-94 Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Основні положення. - К.: Держкоммістобудування України, 1994. - 65 с.
10. Державні будівельні норми України. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. ДБН В.1.4-0.01-97, ДБН В.1.4-0.02-97, ДБН В. 1.4-1.01-97, ДБН В.1.4-2.01-97.- Київ: Держкоммістобудування України, 1997 - 100 с.
11. Закон України "Про охорону атмосферного повітря". - К.: 1992.-8 с.
12. Иванов В.И. Курс дозиметрии: Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1988. - 400 с.
13. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
14. Константінов М.П. Журбенко О.А. Радіаційна безпека. Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2002. – 151 с.
15. Конституція України. - К.: 1996. - 10 с.
16. Коротка медична енциклопедія. В 2- х томах/ Під ред.. академіка РАМН В.І. Покровського. – М.: НВО "Медична енциклопедія", "Крон- Прес", 1994. – Т. 1.
17. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. - М.: Энергоиздат, 1989. - 120 с.
18. Лялюк О.Г. Управління проектами зменшення радононебезпеки в будівництві. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2003.–139 с.
19. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг атмосферного повітря.: Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 1998. - 94 с.

20. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг довкілля.: Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2004. - 140 с.
21. Маргуліс У.Я. Атомна енергія і радіаційна безпека. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
22. Озиранер С.Н. Радиоактивные изотопы и их применение. – М.: Знание, 1974. –62 с.
23. Охрана окружающей среды при обезвреживании радиоактивных отходов/ И.А. Соболев, И.П. Коренков, Л.М. Хомчик, Л.М. Проказова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
24. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи, ДГН 6.6.1.-6.5-001-98. – Київ, 1998. -135 с.
25. Посібник до ДБН В.1.4.-2.01-97 "Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва" - Київ: Укрархбудінформ, 1997. - 101 с.
26. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Пер. с англ.-М.: Мир, Р15, 1990. - 79 с.
27. Радиоактивность строительных материалов / А.В. Горицкий, Т. М. Лихтарева, И.П. Лось, В.П. Сабалдырь. – К.: Будівельник, 1990.-40 с.
28. Сердюк В.Р. Радіаційна небезпека для населення. - Вінниця: Континент - ПРИМ, 1997. - 23 с.
29. Сердюк В.Р., Лялюк О.Г. Організаційно-технологічне забезпечення зниження радіаційної небезпеки в будівництві.: Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 74 с.
30. Сердюк В.Р., Ратушняк О.Г., Наконечна О.В. Особливості радіаційного фактору в процесі будівництва житла в Україні // Вісник ВПІ.-1995.- № 2. - С.17-20 : ил.2.
31. Серкиз Я.И., Пинчук В.Г., Баравой В.А. Радиобиологические аспекты аварии на ЧАЭС (отв.ред. Баравой).- К.: Наукова думка, 1992. -172 с.
32. Універсальний довідник школяра. – Тернопіль: навчальна книга – Богдан, 2003. - 1520 с.
33. Ушацький С.А., Поколенко В.О., Броневицький С.П. Методика комплексної оцінки сумарної дії факторів радіаційного забруднення на об'єктах промислового та цивільного будівництва України - К.: КДТУБА, 1995. - 17 с.
34. Чайка В.Є, Чайка В.В. Екологія. – В.: „Книга-Вега”, 2002. – 408 с.; іл.
35. “Чорнобиль: після аварійна програма будівництва”. Монографія. – К.: “Іван Федотов”, 1998. – 456 с.
36. Холл Э.Дж. Радиация и жизнь: пер.с англ. - М.: Медицина, 1989. - 256 с.

Навчальне видання

Лялюк О.Г.

ОСНОВИ РАДІОЕКОЛОГІЇ

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор В.О. Дружиніна

Коректор З.В. Поліщук

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7х42 1/4
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001

Лялюк О.Г.

ОСНОВИ РАДІОЕКОЛОГІЇ

Усі цитати, цифровий, фактичний матеріал та бібліографічні відомості перевірені, написання одиниць відповідає стандартам.

Зауваження рецензентів враховані.

Укладач: О.Г.Лялюк

Вимогам, які висуваються до інструктивно-методичної літератури, відповідає.

До друку і в світ дозволяю на підставі § 2 п.15

"Єдиних правил..."

Проректор з навчальної та науково-методичної роботи

В.О.Леонт'єв

Затверджено
на засіданні кафедри МБОПБЖ
Протокол від 2004 р.
Зав. кафедрою / В.Р.Сердюк /

Вінниця ВНТУ 2004

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95