

3. АВАРІЇ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Професійні уміння фахівців щодо використання знань з питань безпеки на енергетичних об'єктах.

Фахівець з вищою освітою повинен уміти:

- класифікувати енергетичні об'єкти за фактором небезпечності;
- прогнозувати умови виникнення небезпечних ситуацій та їх можливі наслідки;
- оцінити можливий вплив на обслуговуючий персонал та населення аварії на енергетичному об'єкті;

3.1. Загальні відомості про аварії на атомних електростанціях

Історія атомної енергетики розпочалася в 1954 році з пуску в місті Обнінську першої атомної електростанції (АЕС) потужністю 5000 кВт. Використання процесів розщеплення атомних ядер, а в майбутньому - їх синтезу (термоядерної реакції) для виробництва електроенергії є особливо важливим в розвитку світової енергетики і прогресу цивілізації. Ядерним паливом для атомних електростанцій є уран-235, уран-233 і плутоній-239. Останні в природі не існують, а їх одержують в процесі ядерних реакцій з торію-232, якого в землі досить багато. Природний уран, що добувається на гірничих підприємствах, вміщає всього 0,7% урану-235, а решта 99,3% складає уран-238. В атомних реакторах, що працюють на так званих теплових нейтронах, паливом являється збагачений природний уран, який вміщує 2-3% урану-235. Маса урану, що закладається в реактор складає біля 200 т, а використання його не перевищує 1-2%.

При нормальній роботі АЕС викиди радіоактивних речовин в оточуюче природне середовище в декілька разів менші, ніж від теплових електростанцій, працюючих на твердому паливі. Але незважаючи на це навколо АЕС, як джерела опромінення, ведуться інтенсивні суперечки.

Атомні електростанції - лише частина ядерного паливного циклу, який включає в себе: видобуток і збагачення уранової руди, виробництво ядерного палива, використання ядерного палива для виробництва електроенергії, збереження радіоактивних відходів. На кожній стадії цього циклу в оточуюче середовище виділяються радіоактивні речовини.

Науковим Комітетом по дії атомної радіації при ООН проведена оцінка очікуваної колективної ефективної дози (люд.-Зв) на кожен гіговат-рік виробленої електроенергії на кожному етапі ядерного паливного циклу для персоналу та мешканців прилеглих районів: видобуток - персонал-0,9, населення-0,5; збагачення - персонал-0,1, населення-0,04; виготовлення тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів) - персонал-1,0, населення-0,002; реактори - персонал-10, населення-4; регенерація палива - персонал-10, населення-7; збереження радіоактивних відходів - оцінка не проведена.

Річна колективна ефективна доза опромінення від всього ядерного циклу в 1980 р. складала близько 500 люд.-Зв, в 2000 р. - близько 10000 люд.-Зв, а в 2010 р. очікується, що вона виросте до 200000 люд.-Зв. При цьому середня доза, що отримана від паливного ядерного циклу в 2100 р., буде складати лише 1% від природного фону. Люди, що мешкають неподалік ядерних реакторів, одержують значно більші дози, чим населення в середньому. Але в наш час ці дози, як правило, не перевищують декілька процентів природного фону.

Зовсім інша ситуація виникає при аварії на АЕС. Щорічно на АЕС світу виникають десятки порушень в їх роботі, в тому числі з викидом радіоактивних речовин в оточуюче середовище. Ці порушення виникають з різних причин, зв'язаних з поломкою обладнання, а також порушенням регламенту роботи обслуговуючим персоналом.

Найбільш значні аварії на зарубіжних АЕС були в Уіндскейлі (Північна Англія) в 1957 р. і в Три-Майл-Айленді (США) в 1979 р. За оцінками НКДАР очікувана колективна ефективна еквівалентна доза від викидів при аварії в Уіндскейлі склала 1300 люд.-Зв. При цьому слід відзначити, що інформація про пожежу на атомному реакторі в Уіндскейлі з'явилася по закінченню 30-річного терміну давності.

З опублікованих даних, в 14 країнах світу на АЕС відбулось більше 150 інцидентів і аварій різного рівня складності.

26 квітня 1986 року виникла великомасштабна аварія на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС). З часу останньої аварії на АЕС Три-Майл-Айленді в 1979 році до чорнобильської катастрофи пройшло вісім років. За цей, майже безаварійний час в роботі атомних електростанцій, практично відновилась довіра до атомної енергетики. Чорнобильська катастрофа, в умовах загальної самозаспокоєності, виявилася нежданою для багатьох керівників, спеціалістів, вчених. Цьому сприяв парадно-оптимістичний тон засобів масової інформації і замовчування про серйозні аварії та катастрофи, в тому числі і радіаційні, які були в СРСР. За складністю та наслідками, чорнобильська катастрофа значно перевищує зарубіжні. До неї до цього часу проявляється велика зацікавленість зі сторони міжнародних і національних організацій, спеціалістів, громадськості.

При роботі реактора в процесі поділу ядер урану або плутонію під дією нейтронів накопичуються продукти ядерного поділу з періодом напіврозпаду від 30 секунд (родій-106) до 30 років (цезій-137), які являються бета- та гамма - випромінюючими речовинами. При опроміненні повільними нейтронами урану-238 утворюються також альфа-активні елементи: плутоній, америцій, кюрій. Вже понад десять років Україна, Білорусія, Росія живуть з чорнобильською катастрофою, страждаючи щосекунди, щогодини від її наслідків, хто в більшій, хто в меншій мірі. Після розпаду СРСР чорнобильська катастрофа стала приватною справою України, Білорусії, Росії. Відсутність єдиної політики по ліквідації наслідків катастрофи, розрізненість наукових сил і засобів масової інформації породили аморальні суперечки про те, хто більше постраждав і кому потрібно допомагати в першу чергу.

Чорнобиль - це найбільша в світі техногенна катастрофа. Чому вибухнув ядерний реактор? На ці питання немає однозначної відповіді. Офіційна версія причини чорнобильської катастрофи подана радянським урядом в МАГАТЕ - допущення персоналом грубих порушень правил експлуатації і технологічного режиму реактору. Перед зупинкою четвертого енергоблоку (введений в експлуатацію в грудні 1983 р.) для планового ремонту проводились випробування турбогенератора №8. Була відключена система аварійного охолодження реактора, без якої реактор пропрацював 11 годин до моменту вибуху. Крім того, якби старший інженер управління реактором натиснув кнопку автоматичного захисту на 5-10 секунд раніше, біди б не було. Ця помилкова думка появилася з офіційної версії, що була оприлюднена на Віденській конференції МАГАТЕ в середині 1986 року.

Проте, головний інженер ЧАЕС Микола Штейнберг виключно для підвищення безпеки станції провів свій більш ретельний аналіз причин і обставин аварії. При підтримці Держпроматомнагляду СРСР була створена спеціальна комісія, яка закінчила свою роботу в 1990 році.

Основні висновки цієї комісії: спеціалісти, що розробляли реактори, знали слабкі і небезпечні місця реакторів подібного типу задовго до аварії. В 1983 році під час пуску першого блоку на Ігналінській АЕС і четвертого на Чорнобильській АЕС були виявлені недоліки, які стали причиною і привели до катастрофи в 1986 році. Ці недоліки були доведені до відома головного конструктору реакторів, але заходи не були прийняті. Про ці недоліки вказувалося в доповідній записці Інституту атомної енергетики ім. Курчатова в кінці травня 1986 р. для уряду. Лише після аварії на Чорнобильській АЕС, в червні 1986 р. на найвищому рівні були прийняті заходи щодо підвищення безпеки АЕС і вказані недоліки були усунені.

У Чорнобиля є основна відмінність від усіх відомих світу ядерних вибухів: з реактора винесло так звані "гарячі частки" - найдрібніші; розміром в доли мікрометрів частки ядерного палива. В радіусі 40 км навколо ЧАЕС вони лягли щільністю до 100 000 на квадратний метр, що спричинило забруднення ґрунту на століття. За офіційними даними з 2044 квадратних кілометрів зони відчуження 1856 забруднено радіоактивними цезієм, стронцієм і плутонієм. Сумарна активність їх тільки на поверхні ґрунту – $510 \cdot 10^{12}$ Бк, крім того $140,6 \cdot 10^{13}$ Бк від тимчасових сховищ і заховань радіоактивних матеріалів. Це, якщо врахувати, що 90,4-96,5% ядерного палива залишилось в реакторі, а до 6% вилетіло з нього під час вибуху. Відсутність чіткої характеристики радіаційної ситуації, призвело до того, що майже добу після аварії Прип'ять - місто енергетиків жило за мирним розкладом. З 27-го квітня по 7 травня 1986 р. була вивезена основна доля населення з 30-кілометрової зони. Переселення не закінчено і на сьогодні, хоча місце проживання поміняло більше 200 тисяч людей. В 1988 р. після першого перепису, в зоні було біля 1200 чоловік, зараз - біля 700. За всю історію Україна і будь-яка інша країна світу не знала таких масштабів переселення людей без підготовки.

Будівництво укриття для розлютованого реактора було небувалим за інтенсивністю, героїзмом і сміливістю інженерних рішень. Світ подібної роботи не знав. Площадка АЕС була усіяна викинутим ядерним паливом і графітом. В світі не виявилось для такої ситуації надійних костюмів, роботів, технологій. Роботи відмовлялися близько від блоку виконувати команди, навіть людина, що потрапляла в "густу" радіацію, починала робити зовсім не те, що потрібно було відповідно завдання і потім не могла пояснити свої дії. Як це не цинічно звучить, самим надійним роботом виявлялася людина, через дах зруйнованого реактора пройшло 3600 солдат. На будівництві саркофагу цілодобово на протязі 5,5 місяців працювало по 10 000 чоловік. Кожні дві хвилини підходила машина з бетоном, всього було укладено 300 000 м³ бетону. 30 листопада 1986 р. Держкомісія прийняла саркофаг. Проектний строк служби укриття - 30 років.

Після тимчасового укриття намічалось будівництво постійного, на століття. В 1990 р. в одному із місць скупчення мас, що вміщують паливо, почалася самокерована ланцюгова реакція, її вдалося зупинити, але чому вона розпочалася - відповіді немає.

З перших днів після спорудження саркофагу на ньому працює близько 1100 чоловік: 600 - в науково-технічному центрі, 500 - в виробничому об'єднанні. За десять років вони відносно стабілізували ситуацію всередині блоку. При будівництві саркофагу герметизація стиків не могла бути виконана і після його будівництва в укритті виявилось більше 1000 м² щілин та дірок. Зараз залишилось близько 150 м². Безпечні на сьогодні 150-190 т ядерного палива, що залишились в реакторі, являють собою серйозну небезпеку не тільки для України, але і для всього світу.

За офіційними медичними висновками, чорнобильська аварія забрала життя 1800 чоловік. Після дозиметричної паспортизації виявилось, що в Україні до зони обов'язкового відселення відноситься 6447 населених пунктів і близько 800- до зони добровільного відселення. В екологічну катастрофу втягнуто 4500000 громадян України. До Українського національного реєстру постраждалих внесені дані на 432543 чоловіка, в військово-медичний реєстр ще 36000 військовослужбовців. Статус ліквідатора аварії мають 177417 чоловік. Чорнобильська аварія привела до забруднення 3 150 000 гектарів найбільш родючих українських земель, а 250 000 гектарів землі взагалі виведені з обігу. Необхідні нові технології для одержання екологічно чистих продуктів на забруднених землях. Найбільш тяжко ця катастрофа відбилася на молодих організмах - дітях до 18 років. За допомогою Всесвітньої організації охорони здоров'я, були обстежені діти. В групі ризику виявилось 1 500 000 дітей. Сьогодні ця група дає 60% ракових захворювань щитовидної залози. Серйозну занепокоєність викликає здоров'я дітей (20 000 чоловік), що народилися від потерпілих батьків. Чорнобильська техногенна катастрофа примусила замислитись весь світ про можливі наслідки, але до цього часу немає відповіді на ряд поставлених нею питань.

Сьогодні Україна стоїть перед проблемою, яка не має рішення - потрібна медична база, мережа санаторно-лікувальних установ для дітей, ліквідаторів.

Національна академія наук України оцінила вплив наслідків чорнобильської катастрофи на розвиток продуктивних сил України. Катастрофа сильно вдарила практично по всіх галузях народного господарства. Україна щорічно витрачає близько одного мільярда доларів на ліквідацію наслідків аварії.

Наслідки Чорнобиля для України і всього світу могли бути значно більш тяжкими, якби не героїзм та самовідданість перших ліквідаторів, що стали першими жертвами катастрофи. Таких тяжких ситуацій світ не знав. В ній змеркла до того часу найбільш тяжка аварія на АЕС в Три-Майл-Айленді. Американці не заходили в забруднений блок шість років. Третій енергоблок ЧАЕС отримав стільки радіоактивних матеріалів, що американці не заходили б до нього шість століть. Фрагменти активної зони, графіт, паливо четвертого реактора дістались сусідньому - третьому. З 1100 приміщень третього блоку більше 60% мали рівень радіації в сотні разів більше норми. Практично ніхто не знав про цю ситуацію в третьому блоці. Чорнобиль - найтяжча в світі техногенна катастрофа, яка привела до масового переопромінення населення і її ліквідаторів. На кожному підприємстві, де ведуться роботи з радіоактивними речовинами, повинні вестись широкі профілактичні роботи по недопущенню аварійних ситуацій і план заходів по ліквідації наслідків при різноманітних аваріях. Самозадоволення і активна пропаганда надвисокої надійності і безпеки АЕС являється однією з причин такого масштабу наслідків аварії на ЧАЕС. Недостатня кількість або повна відсутність засобів дозиметричного контролю на ЧАЕС і в зоні аварії, неякісна, неповна і несвоєчасна інформація про аварію, практично повна радіаційна безграмотність населення, стали також серйозним фактором, що обумовлює тяжкі наслідки цієї аварії.

Під тиском МАГАТЕ 15 грудня 2002 р. було зупинено останній третій енергоблок ЧАЕС. Для забезпечення безпеки на всіх стадіях зняття станції з експлуатації у відповідності з нормами та правилами, що діють в атомній енергетиці, повинен бути виконаний комплекс робіт з господарського утримання енергоблоків та припиненню їх експлуатації: завершення будівництва промислово – опалювальної котельні, спорудження “під ключ” заводу з переробки рідких радіоактивних відходів, будівництво “під ключ” сховища відпрацьованого ядерного палива №2 та будівництво промислового комплексу по поводженню з твердими радіоактивними відходами. Загальна вартість робіт складе від 590 до 673 млн. ЄВРО.

Зупинка реактора – це найбільш легкий етап у так званому закритті ЧАЕС. Інженер управління реактором за допомогою автоматики опускає графітові стержні в ядерне паливо і за два десятки секунд реакція припиняється.

Проте має минути ще років з десять, аби цей об’єкт можна було вважати порівняно безпечним – тобто доки з нього повністю буде вивантажено все відпрацьоване ядерне паливо до спеціального сховища. Роботи з відвантаження палива з реактора третього блоку можуть розпочатися не раніше 2005 року і триватиме цей процес приблизно 5–6 років.

Як мінімум, ще 300 років тридцятикілометрова зона довкола ЧАЕС буде непридатною для проживання чи рекультивациі. Тому в самому серці цього “за-

повідника” створюється ціла індустрія зі зберігання та утилізації радіоактивних відходів, у сховищах паливо зберігатиметься мінімум 100 років.

Зараз на промисловій площадці станції знаходиться більше 21 тисячі збо-рок тепловідведення, що еквівалентно завантаженню 13 реакторів РБМК. Це майже 2,5 тис. тонн опромінених ядерних матеріалів. Встановлено, що всередині об’єкту “Укриття” залишилось близько 95% палива, що знаходилося в реакторі (близько 200 тонн урану та майже тонна радіоактивного плутонію. Його повна активність оцінюється в 19 млн. Кюрі.

На протязі 2002 року провідні НДІ спільно з персоналом ЧАЕС провели дослідні роботи на площадці та всередині зруйнованого четвертого блоку станції за напрямками: стан будівельних конструкцій, контроль та аналіз неорганізованих викидів з об’єкту “Укриття”, гідрогеологічний моніторинг, ряд інших досліджень.

Строк служби “саркофагу” над четвертим енергоблоком, що був споруджений через шість місяців після катастрофи, оцінювався 30 роками, але через десять років він так розрушився, що загрожував рухнути. В 1999 р. були закріплені колони “саркофагу”, дах та підсилена стійкість вентиляційної труби реактора висотою більше 45 метрів.

Нове безпечне укриття, проектування якого розпочалося в 2002 р. повинне бути побудоване до жовтня 2006 р. Це сталевий панцир вагою 20 тис. тонн. Арочний ангар висотою 113 м та довжиною 245 м., наче ковпаком, щільно накриє старий, тісний, зруйнований непогодю “саркофаг”.

Потім всередині розпочнеться робота по розбиранню завалів, збору радіоактивного пилу та сміття в броньовані каністри.

Захисний ковпак повинен утримувати воду ззовні, а пил всередині на протязі ста років, або стільки, скільки буде потрібно українському уряду, щоб забезпечити світ від урану та плутонію, більша частина яких лежить як застигла лава – це сплав рідкого палива, бетону, 30 тонн горючого пилу та двох тисяч тонн легкозаймистих матеріалів.

3.2. Організація робіт з захисту населення та ліквідації наслідків аварій на атомних електростанціях

З метою захисту населення від впливу іонізуючого випромінювання, на АЕС України побудовані спеціальні очисні споруди для стічних вод та передбачене повторне використання очищених вод.

Вентиляційне повітря, після декількох ступенів очищення викидається через вентиляційну трубу висотою 120-150 м. Спеціальний відділ радіаційної безпеки на кожній АЕС контролює радіаційну ситуацію на станції, для чого двічі за зміну фіксуються результати замірів дозиметричними приладами, що встановлені в приміщеннях АЕС. На АЕС безперервно контролюється склад повітря, для чого частина повітря проходить через спеціальну камеру з вимірювальною апаратурою. На АЕС організована також служба зовнішньої дозиметрії, головним завданням якої являється постійний контроль радіаційної

ситуації, для цього на території станції і в районі її розташування радіусом 40-50 км розміщується декілька десятків постів для відбору проб.

Всі роботи з радіоактивними речовинами ведуться в відповідності з нормами радіаційної безпеки. При роботі ядерного реактора утворюються продукти ядерних перетворень: радіоактивні гази - ізомери ксенону, криптону, ізомери молекулярного йоду тощо, а також тверді радіоактивні відходи - деталі демонтованого обладнання, забруднені радіоактивними речовинами, відпрацьовані фільтри для очищення вентиляційного повітря, спецодяг, сміття тощо. Їх зберігання здійснюється в спеціальних траншеях. При цьому звертається увага на виключення розповсюдження радіоактивних відходів в ґрунті. Біля могильників і прилеглих до них районів ведеться ретельний дозиметричний контроль. Рідкі радіоактивні відходи зберігаються в спеціальних сховищах на території АЕС і практично не впливають на населення і оточуюче середовище. Стічні води попередньо очищаються.

Газоповітряні викиди також попередньо очищаються. Особливе місце належить ізотопам йоду, які є хімічно високо активними і можуть бути в газоподібному або аерозольному вигляді.

Вплив радіоактивних речовин на людину здійснюється різноманітними шляхами: безпосереднім опроміненням, інгаляцією і через харчові продукти. Газові викиди з вентиляційної труби АЕС утворюють факел, який стелиться над землею. Гамма-активні речовини опромінюють місцевість навколо труби і на певній відстані від неї. Бета-випромінювання факела слід враховувати тільки в місцях безпосереднього наближення факела до землі, тому що шар повітря товщиною з десятків метрів повністю поглинає бета-частки. Факел повітря, що викидається через трубу, на відстані, що приблизно дорівнює двадцятикратній висоті труби, може торкнутися землі, приземна концентрація радіоактивних речовин в цьому місці буде максимальною.

Особливістю радіоактивних речовин являється те, що вони накопичуються в деяких життєво важливих органах, що називаються критичними і служать джерелом їх довготермінового внутрішнього опромінення: кобальт-60 концентрується в шлунково-кишковому тракті та легенях, стронцій-90 - в кістках і легенях, цирконій-137 - в печінці, селезінці та м'язових тканинах. Радіоактивні речовини поступають також через корінну систему в зелену частину рослин, які їсть велика рогата худоба і концентруються в молоці, яке споживає людина. Дуже радіоактивний ізомер йоду-131, попадає через харчові ланцюжки, накопичується в щитовидній залозі і при періоді напіврозпаду 8,05 діб приводить до дуже сильного опромінення. Найбільш чутливі до опромінення діти.

Безпека роботи АЕС має особливе значення також тому, що дія радіації розповсюджується безпосередньо, як на організм людини, так і на оточуюче середовище - воду, землю, фауну, флору, що продовжує її вплив на людину. Вирішенню проблеми безпеки АЕС відповідає формула - мінімум ризику, максимум безпеки. Повинна забезпечуватися безпека, як роботи самої АЕС і її персоналу, так і безпека населення, що проживає в прилеглому районі. Тому особливі вимоги пред'являються до вибору місця для будівництва АЕС, причому

обов'язковою є вимога незатоплювання території при будь-якому рівні поверхневих вод. Рівень ґрунтових вод повинен бути не менше чим на 1,5 м нижче дна підземних сховищ для зберігання радіоактивних відходів. Навколо АЕС створюється санітарно-захисна зона і зона спостереження, розміри яких встановлюються за погодженням з органами санітарного нагляду в залежності від АЕС.

При потужності АЕС більше 440 МВт, тобто для всіх промислових АЕС, станція повинна знаходитись на відстані не ближче 25 км від міст з населенням більше 300000 чоловік і не ближче 100 км від міст з населенням більше 1000000 чоловік.

Для забезпечення радіаційної безпеки, як для персоналу, так і для населення житлового селища АЕС, в межах головного корпусу проектується і споруджується біологічний захист. Він ділить територію головного корпусу на дві зони: суворого режиму і вільного режиму. До зони суворого режиму відносять центральну зону з реактором і змонтованим на ньому обладнанням. Вхід до приміщення суворого режиму обмежується. Доставка матеріалів і обладнання в зону суворого режиму здійснюється через окремі входи і транспортні заїзди з механізованим розвантаженням.

В відповідності з нормами радіаційної безпеки на АЕС повинна бути "Інструкція по попередженню і ліквідації аварії (пожежі)", з якою знайомиться весь персонал. В інструкції повинні бути відображені наступні основні положення:

- прогноз можливих аварійних ситуацій і заходи по їх попередженню;
- порядок сповіщення вищестоящої організації, санітарно-епідеміологічної служби і інших організацій про виникнення аварії;
- заходи по ліквідації і ізоляції ділянок аварійного радіоактивного забруднення;
- правила поведінки персоналу при аварії;
- правила надання медичної допомоги в випадках внутрішнього чи зовнішнього аварійного опромінення;
- порядок ліквідації аварії і засоби захисту персоналу при виконанні аварійних робіт;
- заходи по попередженню і ліквідації пожежі;
- відповідальність адміністрації установи за проведення заходів по попередженню і ліквідації аварії.

Масштаб радіаційної аварії визначається розміром територій, а також чисельністю персоналу і населення, які втягнені до неї. за своїм масштабом радіаційні аварії поділяються на два великих класи: промислові та комунальні.

До класу промислових відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі територій виробничих приміщень та проммайданчика об'єкту, а аварійне опромінювання може отримувати лише персонал.

До класу комунальних відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкту та його проммайданчиком, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення.

В умовах радіаційної аварії усі роботи виконуються аварійним персона-

лом, до складу якого входять:

- персонал аварійного об'єкту, а також члени спеціальних, заздалегідь підготовлених аварійних бригад - основний персонал;
- особи, залучені до аварійних робіт - залучений персонал, який також має бути заздалегідь навчений та інформований про радіаційну ситуацію в місцях виконання робіт.

До робіт з ліквідації наслідків промислової радіаційної аварії залучається лише основний персонал як з числа робітників об'єкту, так і професійно підготовлені робітники аварійних бригад.

Обмеження опромінення основного персоналу, зайнятого на аварійних роботах, повинно виконуватися таким чином, щоб не були перевищені встановлені НРБУ-97 значення регламентів першої групи для категорії А.

На час робіт в умовах комунальної радіаційної аварії залучений персонал прирівнюється до категорії А. При цьому залучений персонал має бути забезпечений в однаковій мірі з основним персоналом усіма табельними і спеціальними засобами індивідуального і колективного захисту (спецодяг, засоби захисту органів дихання, зору і відкритих поверхонь шкіри, засоби дезактивації та ін.), а також системою вимірювання і реєстрації отриманих у ході проведення робіт доз опромінення.

Аварійний персонал повинен бути постійно поінформованим про вже отримані та можливі дози опромінення і можливу шкоду для здоров'я.

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

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

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

Усі захисні протирадіаційні заходи, які застосовуються в умовах радіаційної аварії поділяються на прямі і непрямі. До прямих відносяться протирадіаційні заходи, реалізація яких призводить до запобігання чи зниження індивідуальних та колективних доз аварійного опромінення населення. До непрямих відносяться усі види протирадіаційних заходів, які не призводять до запобігання індивідуальних і колективних доз опромінення населення, але зменшують (компенсують) величину збитку для здоров'я, пов'язаного з цим аварійним опроміненням. До непрямих протирадіаційних заходів, зокрема, належать ті, які

спрямовані на підвищення якості життя населення, яке зазнало аварійного опромінення: введення соціально-економічних і медичних пільг і грошових компенсацій, поліпшення якості харчування тощо.

У залежності від масштабів і фаз радіаційної аварії, а також від рівнів прогнозованих аварійних доз опромінення прямі протирадіаційні заходи умовно поділяються на термінові, невідкладні і довгострокові.

До термінових відносяться такі протирадіаційні заходи, проведення яких має за мету відвернення таких рівнів доз гострого та хронічного опромінення осіб з населення, які створюють загрозу виникнення радіаційних ефектів, що виявляються клінічними обстеженнями.

Протирадіаційні заходи кваліфікуються як невідкладні, якщо їх реалізація спрямована на відвернення детерміністичних ефектів.

До довгострокових належать протирадіаційні заходи, спрямовані на відвернення доз короткочасного або хронічного опромінення, значення яких, як правило, нижче порогів індукування детерміністичних ефектів.

В табл. 3.1 наведені потенційні шляхи опромінення, фази аварії та заходи, направлені на захист населення.

Період ранньої фази включає наступні події: газові та аерозольні викиди і рідинні скиди радіоактивного матеріалу із аварійного джерела, процеси повітряного переносу і інтенсивної наземної міграції радіонуклідів а також радіоактивні опади і формування радіоактивного сліду. Усі види втручань в період ранньої фази аварії носять терміновий характер.

Період ранньої фази аварії (типу аварії на Чорнобильській АЕС) тривалістю від декількох годин до одного-двох місяців після початку аварії характеризується присутністю у навколишньому середовищі короткоживучих радіонуклідів, включаючи радіоактивні благородні гази, які обумовлюють високі інтенсивності і градієнти гамма-полів, поверхневе забруднення пасовищ, сінокосів, а також сільськогосподарської продукції. При значних викидах радіоізотопів йоду в ранній фазі аварії виділяється так званий йодний період, на протязі якого існує серйозна загроза надходження в організм людини цих радіонуклідів - інгаляційно та з продуктами харчування і, як наслідок, опромінення щитовидної залози, особливо у дітей.

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

Усі види втручань в період середньої фази аварії, у більшості випадків, відносяться до довгострокових.

Пізня фаза починається через 1-2 роки після початку аварії. Втручання на пізній фазі аварії носять виключно довгостроковий характер.

Потенційні шляхи опромінення, фази аварії та протирадіаційні заходи

	Потенційні шляхи опромінення	Фаза аварії	Протирадіаційні заходи
1	Зовнішнє опромінення від радіоактивної хмари аварійного джерела (установки)	Рання	Укриття Евакуація Обмеження режиму поведінки
2	Зовнішнє опромінення від шлейфу випадінь з радіоактивної хмари	Рання	Укриття Евакуація Обмеження режиму поведінки
3	Вдихання радіонуклідів, які містяться у шлейфі	Рання	Укриття, герметизація приміщень, відключення зовнішньої вентиляції
4	Надходження радіоізоотопів йоду інгаляційно, з продуктами харчування та питною водою	Рання	Укриття, обмеження режимів поведінки та харчування Профілактика надходження радіоізоотопів йоду за допомогою препаратів стабільного йоду
5	Поверхнє забруднення радіонуклідами шкіри, одягу, інших поверхонь	Рання Середня	Евакуація, укриття Обмеження режимів поведінки та харчування, дезактивація
6	Зовнішнє опромінення від випадінь радіонуклідів на ґрунт та інші поверхні	Середня Пізня	Евакуація, тимчасове відселення Переселення, обмеження режимів поведінки та харчування Дезактивація територій, будівель та споруд
7	Інгаляційне надходження радіонуклідів за рахунок їх вторинного підняття з вітром	Середня Пізня	Тимчасове відселення Переселення Дезактивація територій, будівель та споруд
8	Споживання радіоактивно забруднених продуктів харчування та води	Пізня	Сільськогосподарські та гідротехнічні протирадіаційні заходи

Основою для прийняття рішення стосовно доцільності (недоцільності) проведення того чи іншого контрзаходу є оцінка і порівняння збитку, завданого втручанням, викликаним даним протирадіаційним заходом, з користю для здоров'я, за рахунок дози, відвернутої цим втручанням.

3.3. Термінові і невідкладні протирадіаційні заходи

До термінових і невідкладних протирадіаційних захисних заходів гострої фази аварії належать:

- укриття населення:

- обмеження у режимі поведінки (обмеження часу перебування на відкритому повітрі);
- евакуація;
- фармакологічна профілактика опромінення щитовидної залози радіоактивними ізотопами йоду з допомогою препаратів стабільного йоду (йодна профілактика);
- тимчасова заборона вживання окремих продуктів харчування місцевого виробництва і використання води з місцевих джерел.

Рішення про проведення термінових і невідкладних захисних заходів мають бути прийняті не лише з урахуванням поточного стану радіаційної ситуації, але, у першу чергу, базуватися на прогнозі її розвитку у зв'язку з очікуваними аварійними викидами і скидами, а також з використанням гідрометеорологічних прогнозів.

Основні організаційні і технологічні характеристики, а також перелік і розміри ресурсів, необхідних для проведення термінових і невідкладних втручань (включаючи укриття, евакуацію і йодну профілактику) мають бути визначені у відповідних аварійних планах. Такі плани заздалегідь готуються для сценаріїв гіпотетичних комунальних аварій різного масштабу.

Необхідно вжити всі заходи для отримання оцінок доз опромінення, яке зазнали особи з населення, за період до проведення втручання, а також оцінок доз прогнозного опромінення, якщо прийнято рішення про відмову від будь-якого довгострокового контрзаходу. Результати цих оцінок мають бути загальнодоступними.

Оцінки доз повинні базуватися на результатах усієї доступної інформації і постійно уточнюватися з отриманням нових, уточнених та розширених даних радіаційного моніторингу.

Термін "терміновий" має на увазі не тільки безумовну виправданість втручань, що розглядаються, але й те, що будь-які затримки з рішенням про введення протирадіаційних заходів цього типу створює загрозу важких радіаційних уражень для охопленого аварією населення. У цьому розумінні "термінові втручання" вимагають набагато більш швидкого реагування, ніж навіть ті, які визначені як "невідкладні".

Згідно зі значеннями прогнозованих поглинених доз при гострому опроміненні (табл. 3.2) та річних еквівалентних доз при хронічному опроміненні (табл. 3.3), рівні безумовно виправданих термінових втручань побудовані так, щоб запобігти виникненню прямих клінічних проявів радіаційного ураження всього тіла та окремих органів і тканин.

Проведення безумовно виправданих термінових втручань є також тим винятковим випадком, коли дозволяється підвищене опромінення, що планується для аварійного персоналу, який виконує роботи, пов'язані з протирадіаційними заходами подібного типу.

Основними та найбільш ефективними невідкладними протирадіаційними заходами на початковій фазі аварії є; укриття, евакуація, йодна профілактика та обмеження перебування осіб з населення на відкритому повітрі. Крім цих осно-

вних протирадіаційних заходів (для яких вводяться рівні виправданості та безумовної виправданості) на цій фазі аварії застосовуються ціла низка допоміжних протирадіаційних заходів, доцільність введення яких розглядається у кожному конкретному випадку, але для яких рівні втручання не вводяться. До подібних допоміжних протирадіаційних заходів відносяться:

- заходи щодо осадження пилу;
- часте миття доріг з твердим покриттям;
- запобігання запиленості узбіччя доріг та спеціальні обмеження для автотранспорту щодо з'їзду на узбіччя;
- спеціальний режим роботи шкіл, дитячих садків, ясел;
- зміна режиму роботи лікувально-оздоровчих закладів;
- переведення великої рогатої худоби з пасовищного на стійлове утримання;
- обмеження лісокористування, заборона полювання та рибної ловлі у місцевих водоймах;
- інші протирадіаційні заходи.

Таблиця 3.2

Рівні безумовно виправданого термінового втручання при гострому опроміненні

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

Таблиця 3.3

Рівні відвернутої річної еквівалентної дози хронічного опромінення органів та тканин, при яких термінове втручання безумовно виправдане

Орган або тканина	Річна еквівалентна доза, Зв-рік ⁻¹
Гонади	0.2
Кришталік ока	0.1
Кістковий мозок	0.4

Основні невідкладні протирадіаційні заходи, маючи високу ефективність за величиною відвернутої дози опромінення, є, у той же час, досить дискомфортними для населення, дорого коштують та вимагають значних організаційних зусиль для своєї реалізації. В табл. 3.4 приведені найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості введення основних невідкладних протирадіаційних заходів.

Укриття населення в будинках чи спеціальних спорудах (в основному, цегляних, бетонних, товстостінних) має за мету запобігання передусім дозам зовнішнього опромінення, а при відповідній герметизації - і внутрішнього опромінення, пов'язаного з інгаляційним надходженням радіоїоду, а також випадінням газоаерозолів на відкриті ділянки шкіри. При цьому, якщо відвернута при такій акції доза на все тіло, щитовидну залозу та шкіру виявиться меншою за 5 мЗв, 50мГр та 100 мГр, відповідно, то особа, яка відповідає за прийняття рішення про проведення укриття населення, має всі підстави відмовитися від введення цього досить дискомфортного заходу.

З іншої сторони, якщо дозиметричні розрахунки показують, що укриття може забезпечити відвернення доз на все тіло, щитовидну залозу та шкіру, що досягають (і навіть перевищують) 50 мЗв, 300 і 500 мГр відповідно, то введення такого заходу не тільки доцільне, але і, чим швидше він буде застосованим, тим більшого ефекту вдасться досягти.

При укритті в житлових спорудах і будівлях необхідно застосовувати заходи проти проникнення радіоактивних речовин в приміщення, для чого необхідно припинити провітрювання через вікна. Внутрішні підземні і підвальні приміщення в багатоповерхових будинках слід пристосовувати під протирадіаційні укриття. Для цього в них замурують віконні прорізи, різні щілини і отвори, герметизують двері і оббивають їх щільним матеріалом, облаштовують вентиляцією через отвори вентиляційних каналів з тканинними фільтрами і за-слінками.

Таблиця 3.4

Найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості для невідкладних протирадіаційних заходів

Протирадіаційний захід	Відвернута доза за перші 2 тижні після аварії					
	Межі виправданості			Рівні безумовної виправданості		
	мЗв	мГр		мЗв	мГр	
	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру
Укриття	5	50	100	50	300	500
Евакуація	50	300	500	500	1000	3000
Йодна профілактика						
Діти	-	50	-	-	200	-
Дорослі	-	200	-	-	500	-
Обмеження перебування на відкритому повітрі діти	1	20	50	10	100	300
Дорослі	2	100	200	20	300	1000

Евакуація пов'язана з терміновим переміщенням населення із зони аварії і є однією з найбільш дискомфортних та організаційно важких акцій, що досить дорого коштує. Для введення цього контрзаходу необхідне виключно серйозне та коректне дозиметричне обґрунтування. Про це свідчать числові значення найнижчих меж виправданості та рівні безумовної виправданості, які в 3-10 разів вищі ніж відповідні межі та рівні для укриття населення. На практиці, якщо дози не досягають рівнів безумовної виправданості, рішення про евакуацію може бути прийнято при виконанні трьох умов:

- обраний виправданий рівень - більше найнижчої межі виправданості;
- цей рівень встановлено внаслідок зважування користі та збитку, пов'язаного з евакуацією;
- при прийнятті рішення повинні бути враховані: кількість людей, які евакуюються, наявність транспортних засобів, підготовленість та впорядкованість місць розміщення евакуйованих, відстань та стан шляхів, можливість перевезення необхідного майна, нарешті, морально-психологічна прийнятність самої евакуації для населення, яке захищається та економічні витрати, що супроводжують евакуацію.

Перераховані вище труднощі проведення евакуації повинні бути проігноровані, якщо шляхом евакуації відвертаються дози, відповідні рівням безумовної виправданості (та вищі за ці рівні).

Евакуація населення з зон, забруднених радіоактивними речовинами, здійснюється в організованому порядку органами виконавчої влади або службою цивільної оборони. Евакуація являє собою організований вивіз або вихід населення з міст і населених пунктів і розташування його в санітарно чистій зоні.

Евакуація робітників, службовців і членів їх сімей здійснюється за виробничим принципом а населення, не зв'язаного з виробництвом - за територіальним принципом через органи комунального господарства. Діти, як правило, вивозяться разом з батьками, але можливий їх вивіз з школами та дитячими садками.

Безпосередньо організацією і проведенням евакуації займаються начальники і штаби цивільної оборони і евакуаційні комісії, після одержання розпорядження про її проведення. Для евакуації використовуються всі види громадського транспорту (залізничний, автомобільний, водний), а також індивідуальний транспорт. При цьому можуть бути використані пасажирські залізничні вагони і теплоходи, а при їх недостатній кількості - товарні вагони, вантажні судна, баржі. Передбачується більш щільне завантаження вагонів, суден, а також збільшення довжини поїздів. При перевезенні людей автотранспортом використовуються автобуси і обладнані для цих цілей вантажні автомобілі.

Частина населення може виводитися з забрудненої зони пішки, для чого населення організується в колони, які рухаються дорогами, не зайнятими іншими перевезеннями. Для організованого руху піших колон розробляють схему їх маршруту, на якій вказують склад колони, маршрут руху, вихідний пункт, пункти регулювання і час їх проходження, райони і тривалість привалів,

медпункти і пункти обігріву, проміжний пункт евакуації, порядок і терміни виводу (вивозу) колони з цього пункту, сигнали управління та сповіщення. Евакуація населення здійснюється через збірні евакуаційні пункти (ЗЕП). Під них, як правило, відводять школи, клуби та інші громадські приміщення. ЗЕП організують близько від залізничних станцій, платформ, портів, пристаней, а для населення, що виводиться пішки - близько маршрутів виводу. Ці пункти призначені для збору, реєстрації і відправки населення, що евакуюється транспортом, на пункти посадки, а іншим порядком - на вихідні пункти пішого руху. Кожному ЗЕП присвоюється номер. До ЗЕП приписують найближчі підприємства, установи, учбові заклади, житлово-експлуатаційні контори тощо.

Про початок евакуації населення сповіщається через підприємства, установи, учбові заклади, міліцію, радіотрансляційну мережу і місцеве телебачення. Отримавши повідомлення про евакуацію, громадяни повинні терміново підготувати і взяти з собою документи, гроші, необхідні речі, запаси харчових продуктів і з'явитися на ЗЕП в точно визначений час, де їх реєструють і розміщують до транспортних засобів.

Під час евакуації організують медичне обслуговування, для чого на ЗЕП розгортаються медпункти, на кожний потяг (судно, автоколону) призначають 1-2 працівників з середньою медичною освітою, а в склад пішої колони включають 1-2 медпрацівників і 1-2 сандружинників.

Запобігання дозі внутрішнього опромінення щитовидної залози шляхом масового вживання препаратів стабільного йоду (йодна профілактика) - виключно ефективний, організаційно не дуже складний і відносно дешевий захисний захід. Проте потрібно брати до уваги, що ефективність йодної профілактики різко спадає, якщо прийом стабільного йоду затримано на декілька годин після початку надходження радіоізотопів йоду інгаляційне чи з продуктами харчування. Різниця між рівнями невідкладного втручання для цього заходу стосовно дитячої та дорослої частин населення пов'язана з тим, що, по-перше, дози на одиницю надходження у дітей в декілька разів вищі, ніж у дорослих, та, по-друге, ризик радіаційне обумовленого раку щитовидної залози у дітей на одиницю дози приблизно у два рази вищий, ніж у дорослих.

Важливим та відносно доступним є такий невідкладний захід, як обмеження перебування населення на відкритому повітрі. Для організованих дитячих колективів цей захід реалізується шляхом збільшення тривалості "подовженого дня" у школах та скорочення чи виключення прогулянок, а для дорослих, робота яких пов'язана з перебуванням на відкритому повітрі, відповідними змінами на обмежений термін режиму роботи. Цей захід приблизно в два рази менш ефективний з точки зору відвернутої дози, ніж, наприклад, укриття.

Для захисту органів дихання від радіоактивного пилу, найбільш простим засобом є ватно-марлева пов'язка. Вона виготовляється самостійно населенням. Для цього потрібен кусок марлі розміром 100×50 см. На марлю накладають шар вати, товщиною 1-2 см, довжиною 30 см, шириною 20 см. Марлю з обох довгих сторін загинають і накладають на вату. Кінці надрізають уздовж на довжину 30-35 см так, щоб утворились дві пари зав'язок. При користуванні пов'язкою за-

кривають рот і ніс, верхні кінці зв'язують на потилиці, а нижні - на тім'я. По обидві сторони носа укладають під пов'язку тампони з вати. Для захисту очей використовують протипилові окуляри.

В разі необхідності органи цивільної оборони країни забезпечують населення фільтруючими чи ізолюючими протигазами. Найпростішим засобом захисту шкіри для населення є звичайний одяг і взуття. Плащі і накидки з прогумованої тканини, пальто з драпу, шкіри, грубого сукна добре захищають від радіоактивного пилу. Для захисту ніг слід надавати перевагу гумовим чоботам. Для захисту рук використовують гумові або шкіряні рукавиці, а для захисту голови та шиї - капюшон. Після перебування в забрудненій місцевості захисний одяг підлягає дезактивації або знищенню.

3.4. Довгострокові протирадіаційні заходи

До довгострокових протирадіаційних заходів, які можуть здійснюватися і на ранній, і на пізній фазах аварії, належать:

- тимчасове відселення;
- переселення (на постійне місце проживання);
- обмеження вживання радіоактивне забруднених води і продуктів харчування;
- дезактивація територій;
- різноманітні сільськогосподарські протирадіаційні заходи.
- інші протирадіаційні заходи (гідрологічні, включаючи протиповеневі, обмеження, пов'язані з лісокористуванням, полюванням, рибною ловлею та ін.).

Сільськогосподарські, гідротехнічні та інші індустриально-технічні протирадіаційні заходи повинні розглядатися лише після повного завершення аварійного радіоактивного забруднення території, включаючи водойми, з урахуванням результатів детального радіаційного моніторингу.

В аварійних планах передбачають і детально визначають усі умови для такого втручання, як тимчасове відселення (і повернення) людей, включаючи:

- рівень втручання для подібного протирадіаційного заходу;
- умови відселення людей, включаючи необхідні транспортні ресурси, місце розміщення людей на період тимчасового відселення;
- система інформування населення про час відселення і передбачуваний час їхнього повернення;
- система охорони їх власності;
- система компенсацій завданого внаслідок відселення збитку;
- вимоги до структури і обсягу радіаційно-дозиметричних даних, необхідних для прийняття рішення про тимчасове відселення.

При формуванні рішення про проведення довгострокових протирадіаційних заходів стосовно кожної конкретної аварійної необхідно враховувати:

- масштаб аварії;
- кількість населених пунктів і загальна чисельність жителів в них, до яких планується застосування таких довгострокових протирадіаційних заходів,

як тимчасове відселення чи переселення;

- наявність (відсутність) необхідних для реалізації довгострокового заходу ресурсів;

- загальну площу угідь, на яких передбачається здійснити сільськогосподарські протирадіаційні заходи;

- стан транспортних комунікацій і засобів перевезення людей (чи підвозу продуктів, фуражу і техніки).

Втручання слід вважати безумовно виправданим, якщо довгостроковим протирадіаційним заходом відвертається така прогнозна доза, яка перевищує значення рівнів, наведених у табл. 3.5. Тимчасове відселення і евакуація передбачають переміщення людей із зони аварії на деякий обмежений час. Проте, евакуація здійснюється в режимі термінового заходу на ранній фазі аварії, тоді як тимчасове переселення проводиться лише після детального вивчення радіаційної обстановки (звичайно середня і навіть пізня фази). Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання для прийняття рішення про тимчасове відселення наведені в табл. 3.6.

Вилучення, заміна чи обмеження вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування, будучи важливим довгостроковим заходом, одночасно потребує для своєї реалізації значних ресурсних і економічних витрат. Тому в інтервалі значень між нижньою межею виправданості і безумовною виправданістю (табл. 3.7) необхідно кожний раз проводити процедуру оптимізації. Причому треба мати на увазі, що можливості заміни важливих компонентів раціону (м'яса, молока, картоплі, хліба та ін.) звичайно далеко не безмежні.

Таблиця 3.5

Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання для прийняття рішення про переселення

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

Таблиця 3.6

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання для прийняття рішення про тимчасове відселення

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

Заборона чи обмеження споживання продуктів харчування місцевого виробництва вводиться на ранній, середній і, частково, пізній фазах аварії. Застосування обмежень потребує постійного зважування користі і збитку від цього, оскільки не виключені ситуації, коли при вкрай обмежених можливостях підвозу чистих продуктів харчування, заборона чи обмеження споживання місцевих продовольчих ресурсів може визвати пряму загрозу голоду. При цьому наслідки для здоров'я людей гострого дефіциту продуктів можуть виявитися набагато тяжчими, ніж ті, які пов'язані з радіаційним фактором.

Таблиця 3.7

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування

Критерії для прийняття рішення	Найнижчі межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання
Відвернута доза внутрішнього опромінення за рахунок вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
• за перший після аварійний рік	1	30
• за другий і наступні роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока ² , кБк-л ⁻¹		
• ¹³¹ I для дорослих	0,4	1
для дітей	0,1	0,2
• ^{134,137} Cs	0,1	0,4
• ⁹⁰ Sr для дорослих	0,02	0,2
для дітей	0,005	0,05

Для таких довгострокових протирадіаційних заходів, як дезактивація територій, будівель та споруд, сільськогосподарські протирадіаційні заходи (залуження, вапнування ґрунтів, спеціальні норми внесення добрив, глибоке перерювання, застосування спеціальних хімічних речовин типу ферроцину, і нарешті, зміна структури землекористування чи технології вирощування м'ясо-молочної худоби тощо) не вводяться ні межі виправданості, ні безумовні рівні втручання. Рішення про проведення подібних протирадіаційних заходів приймаються кожного разу на основі процедури зважування "користь - збиток".

Будь-який довгостроковий контрзахід має бути призупинений, коли оцінки доз показують, що подальше його продовження невиправдане, оскільки величина невідвернутого залишкового рівня дози виявляється нижче прийнятнього.

НРБУ-97 встановлено наступний залишковий прийнятний сумарний рівень зовнішнього і внутрішнього опромінення:

- 1 мЗв за рік для хронічного опромінення тривалістю більше 10 років;
- 5 мЗв сумарно за перші два роки;
- 15 мЗв сумарно за перші 10 років.

Ці значення повинні враховуватись при визначенні розмірів (границь) зони комунальної аварії.

3.5. Нормування опромінення, контроль забруднень, дезактивація

Ліміти дози опромінення для персоналу АЕС за нормальних умов розглянуті в розділі 4.7.[1]. При ліквідації наслідків аварії плановане підвищене опромінення персоналу обмежується наступними умовами:

- додаткове опромінення допускається в тому випадку, коли шкода від перевищення лімітів доз у окремих осіб з персоналу буде значно меншою, ніж можлива шкода у випадку розвитку радіаційної аварії;

- при плануванні підвищеного опромінення персоналу використовується значення $ЛД_{max}$ за один окремий рік - 50 мЗв;

- в окремих випадках, з дозволу місцевих органів Державного санітарно-епідеміологічного нагляду допускається опромінення до двох $ЛД_{max}$, а в виняткових випадках, з дозволу Міністерства охорони здоров'я України - від двох до п'яти $ЛД_{max}$.

Кожне аварійне чи плановане підвищене опромінення при дозі опромінення до двох $ЛД_{max}$ повинне бути скомпенсоване за наступний період не більше 10 років так, щоб за цей час ефективна доза не перевищувала 200 мЗв.

Особи, які зазнали одноразового випромінювання в два $ЛД_{max}$ і більше, мають бути виведені з зони опромінювання і направлені на медичне обстеження. Їх подальша робота з джерелами випромінювання дозволяється в індивідуальному порядку в відповідності з діючими правилами, за умови інформування щодо ризику для їх здоров'я, та отримання письмової згоди від них.

Планування повторного підвищення опромінення не дозволяється до повної компенсації попереднього.

Планування підвищення опромінення забороняється якщо робітник - жінка в віці до 45 років, або - чоловік молодше 30 років.

Система радіаційного контролю на АЕС розробляється на стадії проектування і включає організацію та проведення контролю за радіаційною ситуацією на АЕС в межах санітарно-захисної зони спостереження. Метою радіаційного контролю являється контроль за додержанням норм радіаційної безпеки і санітарних правил. Радіаційний контроль здійснюється службою радіаційної безпеки в відповідності з положенням про роботу цієї служби та лабораторіями радіаційного контролю - внутрішнього і зовнішнього.

Обсяг, характер і періодичність радіаційного контролю, а також облік і порядок реєстрації його результатів визначається службою радіаційної безпеки АЕС.

Дезактивація - видалення радіоактивних речовин з зараженої поверхні території, приміщень, транспортних засобів і техніки, води, одягу і засобів індивідуального захисту. Проводиться, коли зараження перевищує допустимі межі.

Дезактивація підрозділяється на часткову та повну і проводиться в основному двома способами: механічним і фізико-хімічним. Механічний спосіб ґрунтується на видаленні радіоактивних речовин з забруднених поверхонь. Фізико-хімічний спосіб - на змиванні радіоактивних речовин розчинами різноманітних препаратів.

Для проведення дезактивації використовується вода. Для підвищення ефективності змивання радіоактивних речовин застосовують добавки - поверхнево-активні і утворюючі комплекси речовини, кислоти і луги (порошок СФ-2, препарати ОП-7, ОП-10, фосфати натрію, трилон-Б, щавельна і лимонна кислоти, солі цих кислот).

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться з застосуванням 0,15%-ного розчину СФ-2 в воді (влітку) або аміачною водою, з вмістом 20-24% аміаку (зимою). Препарати ОП-7 і ОП-10 застосовують, як складову розчинів, для дезактивації поверхонь будівель, споруд, обладнання.

Дезактивація транспортних засобів і техніки може проводитись струменем води під тиском 0,2-0,3 МПа, протиранням ганчір'ям, змоченим в бензині, дизельнім паливі або керосині.

Дезактивація будівель і споруд проводиться водою, починаючи з даху і ведеться зверху до низу. Особливо ретельно обмиваються вікна, двері, карнизи і нижні поверхні будівель, при цьому необхідно закрити двері, вентиляційні отвори, щоб виключити попадання зараженої води в приміщення.

Дезактивація внутрішніх приміщень і робочих місць проводиться обливанням розчинами або водою, зметенням віниками і щітками, а також протиранням. Починати дезактивацію слід зі стелі. Стеля, стіни і обладнання протирають вологими ганчірками, підлога миється теплою водою з милом або 2-3%-ним содовим розчином.

Дезактивація ділянок території, що мають тверде покриття (асфальт, бетон) може проводитись змиванням струменем води з допомогою поливальних машин або зметенням радіоактивних речовин машинами для прибирання. Ділянки території без твердого покриття дезактивуються зрізанням зараженого шару ґрунту товщиною 5-10 см бульдозерами, грейдерами, засипкою заражених ділянок території шаром чистого ґрунту, товщиною 8-10 см, оранкою зараженої території на глибину до 20 см, обладнанням настилів для проїзду і проходу по зараженій території, збиранням снігу, сколюванням льоду.

Дезактивація води проводиться фільтруванням, перегонкою, а також відстоюванням. Колодязі дезактивуються шляхом багаторазового відкачування із них води і видалення ґрунту з дна, а прилеглу ділянку місцевості в радіусі 15-20 м дезактивують шляхом зняття шару ґрунту товщиною 5-10 см з наступною засипкою чистим піском. Продовольчі товари та харчова сировина дезактивуються шляхом обробки або заміни зараженої тари, а при відсутності тари - шляхом зняття зараженого шару. Заражені харчі і хліб знищуються.

3.6. Аварії на теплових електростанціях

В структурі електроенергетики України теплові електростанції займають ведучу роль. Процес виробництва електроенергії на ТЕС включає: добування первинних енергетичних ресурсів (вугілля, нафта, газ), спалювання палива для одержання пару, перетворення енергії пару в парових турбінах в електроенергію. При спалюванні палива атмосфера забруднюється газоподібними і пиловими викидами, при використанні твердого палива (вугілля) земна поверхня забруднюється шлаками і попелом. Абсолютна кількість викидів для ТЕС, потужністю 1000 МВт, складає сумарно 100-160 тис. т на рік. Радіоактивне забруднення середовища від ТЕС також в багато разів перевищує забруднення від АЕС, при нормальній роботі останніх.

Можливі причини аварій на ТЕС: порушення режимів роботи в топковому господарстві, особливо при спалюванні газоподібного палива, порушення режимів роботи парових казанів по виробництву перегрітої пари (тиск до 30 МПа і температура до 600°C), а також поломки в паротурбінному і генераторному господарствах і енергетичному обладнанні, в тому числі, змонтованому на відкритому розподільному устрої ТЕС. Аварії на ТЕС трапляються дуже рідко, вони, як правило, викликають серйозні пошкодження енергоблоків, можуть привести до травматизму обслуговуючого персоналу, в тому числі смертельного, але практично не приводять до травматизму населення.

Окремі випадки аварій з паровими казанами і паропроводами виникали, головним чином, за причинами невиконання вимог виробничих інструкцій і Правил безпеки. Наслідки аварій з паровими казанами на сучасних ТЕС можливо уявити на прикладі вибуху казана, що відбувся на одному із молокозаводів. Силою вибуху приміщення було зруйноване, а казан був відкинутий від місця його розміщення на 63 м, на територію іншого підприємства.

Ведуться роботи по удосконаленню ТЕС на базі нових методів спалювання палива (циркулюючий кипучий шар, факельний кипучий шар, низькотемпературне вихрове спалювання без перемелювання палива, спалювання палива в розплаві шлаку) і широкого застосування газифікації вугілля в циклі електростанції при спалюванні в казанах газу, що дозволяє підняти коефіцієнт корисної дії ТЕС і значно зменшити забруднення оточуючого середовища, тобто зменшити основний недолік ТЕС. Однак, забруднення довкілля попелом та шлаком залишаються серйозною проблемою теплових електростанцій.

3.7. Аварії на гідроелектростанціях

Каскад рівнинних ГЕС, споруджених на р. Дніпро, являє собою серйозну загрозу для населення України, особливо в період виникнення повені. Руйнування гребель ГЕС може спричинити затоплення великих площ країни і наслідки (матеріальні збитки, людські жертви) можуть бути непередбачено великими, що зв'язано із значними об'ємами води, накопиченими в водосховищах.

Екологічними наслідками будівництва ГЕС являється відчуження і затоплення значних територій, а також суттєві зміни гідрометеорологічних умов. Полтавщина загубила при утворенні дніпровських водосховищ 76 тис. га орних земель і луків. В Канівському водосховищі 12,5 км³ води, його площа 2250 км² - це затоплені прекрасні заплавні землі - чорноземи.

Всі сучасні ГЕС обладнані автоматичними системами управління технологічними процесами, які фіксують фактичні дані про роботу всіх вузлів і елементів станції (тиск, температура, напруга, сила струму тощо) і здійснюють оперативне управління основними агрегатами станції, а також допоміжними устроями. В проекті станції і спеціальних інструкціях особлива увага приділяється надійності дії всіх видів обладнання і на прийняття спеціальних заходів безпеки, особливо в екстремальних умовах (в період пропуску повеней, переключення водозабірних пристроїв тощо).

Особлива увага приділяється надійності роботи обладнання і споруд у пусковий період, так як робота станції протікає сумісно з будівельними та монтажними роботами.

Греблі ГЕС проектуються і будуються як вічні споруди. Для забезпечення їх надійності потрібні безперервні спостереження за напруженим станом, деформаціями, фільтрацією тощо.

Експлуатація ГЕС значно ускладнюється в зимових умовах. Виникає необхідність захисту споруд і заставок від додаткових льодових навантажень. Важливим фактором надійної і безперебійної роботи обладнання ГЕС є своєчасне і якісне виконання поточних та капітальних ремонтів. Термін, після якого проводиться капремонт - 24000 годин роботи під навантаженням. При середньому часі використання встановленої потужності 3000 год/рік це складає біля восьми років.

Основні задачі експлуатаційного персоналу ГЕС:

- утримання всіх споруд і обладнання в робочому стані, що виключає аварійні ситуації і забезпечує виконання функцій по виробництву електроенергії;

- спостереження за роботою засобів вимірювання і на основі аналізу їх показань, вирішення питань про стійкість споруд, величину фільтрації, стан водонапірних трактів та обладнання;

- встановлення терміну і проведення та виконання капітальних ремонтів обладнання, споруд;

- удосконалення обладнання в частині підвищення його надійності, довговічності і ефективності.

Особлива увага приділяється режимам роботи гідровузла з урахуванням вимог інших учасників водогосподарського комплексу країни, особливо при роботі ГЕС в єдиному каскаді. Питання управління режимами роботи гідровузлів ГЕС, працюючих в каскаді, покладається на центральний або об'єднаний диспетчерський пункт.

Великі аварії на ГЕС можуть виникнути в результаті стихійного лиха або грубого порушення технологічного процесу. Повені, які можуть бути викликані порушенням режиму роботи гідровузлів, можуть привести до затоплення великих площ.

Важливе значення, для зменшення наслідків затоплення, має завчасна розробка плану дії формувань цивільної оборони і населення. При виникненні загрози затоплення населення оповіщається, що дозволяє прийняти заходи по захисту людей і матеріальних цінностей. З метою своєчасного оповіщення населення встановлюється постійне спостереження за станом споруд ГЕС.

Евакуація населення, вигін худоби, вивіз техніки, цінного обладнання повинні бути завчасно ретельно сплановані і починатися при загрозі затоплення. В усіх випадках проміжок часу, який буде в розпорядженні населення, встановити практично неможливо. Через те частина населення не встигне завчасно евакуюватися. Допомога їм повинна бути надана в найближчий час, тому, що в іншому разі виникає загроза гибелі людей.

Рятувальні роботи в районах затоплення проводяться в складних погодних умовах. Мешканці, захоплені повинню зненацька, шукають порятунок на верхніх поверхах і дахах напівзатоплених будівель, на підвищених місцях, а також на деревах. Роботи по рятуванню людей починаються з розвідки, для чого використовують літаки, вертольоти, судна, обладнані засобами радіозв'язку. На підставі даних розвідки керівник рятувальних робіт приймає рішення про направлення рятувальних засобів. Для рятування людей використовуються вертольоти і різноманітні плавучі засоби, в тому числі моторні човни населення, які можуть бути мобілізовані для рятування потерпілих. Екіпаж слідкує за дотриманням правил посадки, допомагає хворим і знесиленим. Постраждалих доставляють у встановлене керівником місце, де їм надається медична допомога і створюються умови для приведення потерпілих в нормальний стан.

3.8. Аварії на підстанціях і лініях електромереж

Електричні підстанції обслуговуються кваліфікованим персоналом, аварійність на них дуже низька. Для запобігання проникнення на територію підстанції сторонніх осіб і худоби вони мають огорожу, яка має двері, що відкриваються спеціальним ключем ззовні і без ключа зсередини. При аварійних режимах роботи електроустановок, персонал повинен вжити заходи по їх швидкому відключенню. Найбільш небезпечні аварії, пов'язані з пожежами силових трансформаторів, можуть привести до смертельного травматизму персоналу і великих матеріальних збитків.

При проектуванні і будівництві підстанції, передбачається ряд захисних протипожежних заходів. При потужності силових трансформаторів 60 МВа і більше, відстань між ними повинна бути не меншою 15 м, при меншій відстані встановлюється перегородка з негорючих матеріалів, яка повинна виступати по ширині на 1,0 м від габаритів трансформаторів, а по висоті повинна бути не нижче їх виводів. Для випуску масла при пожежі під трансформаторами робиться підсипка з чистого гравію або щебеню, висотою не менше 0,25 м над рівнем території, яка виступає на 0,6-1 м за габарити. Гравійна підсипка має огорожу з бетону.

Підвищення стійкості систем електропостачання грає важливу роль в життєдіяльності житлових районів і промислових об'єктів країни. Прикладом цього може служити "аварія століття", яка трапилася в енергосистемах США і Канади в 1965 р. Під час цієї аварії на 10-12 год. припинилось енергопостачання території площею більше 200 тис. км², де проживало понад 30 млн. чоловік. Припинилась робота на підприємствах і в установах, зупинились наземні і підземні електропоїзди, не працювали аеропорти, телефон, радіо і телебачення, не спрацювала, навіть, система оповіщення. Виявились закритими в кабінах ліфтів сотні тисяч людей, серед населення виникла паніка.

Підвищення стійкості системи електропостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Стійкість систем електропостачання об'єктів підвищується шляхом приєднання їх до декількох джерел живлення. На об'єктах, що мають теплові електростанції, проводяться заходи по накопиченню запасів палива.

Аварії на лініях електропередач можуть викликати появлення великих напруг кроку, які можуть привести до травматизму населення. Ці аварії усуваються тільки після відключення ліній електропередач від джерела струму.

Підсумки

У даному розділі розглянуті аварії та їх наслідки на енергетичних об'єктах:

- загальні відомості про аварії на атомних електростанціях, в тому числі про аварію на ЧАЕС та її наслідки;
- розглянута організація робіт з захисту населення та ліквідації наслідків аварій на АЕС;

- розглянуті термінові, невідкладні та довгострокові протирадіаційні заходи з захисту персоналу та населення після аварій;
- розглянуті питання нормування опромінення при аварійних роботах, радіаційного контролю та дезактивації;
- наведені загальні відомості про аварії та їх наслідки на теплових та гідроелектростанціях;
- розглянуті наслідки аварій на підстанціях та лініях електропередач.

Завдання до самоконтролю за розділом:

1. Наведіть загальні відомості про атомну енергетику;
2. Назвіть найкрупніші аварії на АЕС;
3. Розкажіть про наслідки Чорнобильської катастрофи;
4. Охарактеризуйте процес закриття ЧАЕС та заходи світової спільноти по перетворенню її в безпечний об'єкт;
5. Розкажіть про організацію робіт з захисту населення та ліквідації наслідків аварії на АЕС;
6. Опишіть вплив радіоактивних речовин на людину та оточуюче середовище;
7. Приведіть класифікацію радіаційних аварій;
8. Перерахуйте термінові та невідкладні протирадіаційні заходи;
9. Перерахуйте довгострокові протирадіаційні заходи;
10. Як планується підвищене опромінення персоналу при аварійних роботах;
11. Порядок виконання дезактивації;
12. Розкажіть про аварії на теплових електростанціях та їх наслідках;
13. Охарактеризуйте аварії на гідроелектростанціях та їх можливі наслідки;
14. Дайте характеристику аваріям на підстанціях і лініях електропередач та їх наслідкам.