**Діагностування енергообладнання**

**Лабораторна робота № 4**

**Тема: «Контроль параметрів радіоактивного фону та забруднення електричного обладнання, що працює в зоні використання радіоактивних речовин»**

**Вступ.**

Сільськогосподарське виробництво складається с таких основних фаз, як виробництво сільськогосподарської продукції, заготовка продукції**, зберігання, переробка**, реалізація та споживання.

Під час зберігання та переробки сільськогосподарської продукції використовуються радіоактивні речовини. Процес їх використання обов’яз-ково має бути контрольованим.

Цей процес містить в собі обробку харчових продуктів ретельно контрольованими дозами іонізуючого випромінювання протягом певного часу. Він перешкоджає поширенню бактерій і цвілі, через які псуються продукти, змінюючи їх молекулярну структуру.

**1.\_Обґрунтування доцільності використання опромінення у сільськогосподарському виробництві.**

Підраховано, що після збору врожаю в усьому світі 25% продукції не зберігається через комах, бактерій і гризунів. Використання тільки опромінення в якості способу захисту не вирішить всі проблеми втрат врожаю, але відіграє важливу роль в їх зменшенні і зниженні залежності від хімічних пестицидів.

Надзвичайну небезпеку становлять хвороби, що викликаються патогенними бактеріями в їжі.

Відомо, що свинину необхідно ретельно варити або смажити, так як в ній може знаходитися небезпечний паразит трихінели. Однак цей паразит може бути знищений мінімальною дозою опромінення. Жаб’ячі лапки можуть бути заражені сальмонелою, і опромінення в даному випадку виступає ефективним способом дезінфекції. За допомогою опромінення можна також знешкодити сальмонелу, що знаходиться в курячих яйцях, без погіршення якості продукту. Ці хвороби загрожують здоров'ю людей навіть в країнах з сучасними системами харчової обробки. За приблизними підрахунками кількість хворих складає кілька мільйонів. Для контролювання даних захворювань необхідні відносно низькі дози опромінення, які знешкодять певні харчові бактерії. Для цієї мети в Бельгії, Франції і Нідерландах значні кількості заморожених море-продуктів піддаються обробці опроміненням. Обсяг оброблених опроміненням приправ і спецій в усьому світі значно зріс за останні роки.

Не всі країни в даний час дозволяють імпортувати фрукти, що пройшли хімічну обробку. Основні країни-імпортери, в число яких входять США і Японія, заборонили використання і імпортування продуктів, оброблених певними фумігантами, які представляють ризик для здоров'я. Це серйозна проблема для країн, чия економіка в основному базується на харчовому і сільськогосподарському виробництві і отримує доходи від експорту. Обробка опроміненням є альтернативою хімічної обробки для таких країн. Крім того, "холодний процес" обробки (тобто опромінення) ідеальний для збереження смаку і аромату фруктів, трав і спецій, які часто губляться при термічній обробці. Досліди показали, що вуглеводи, протеїни і жири зазнають мало змін при опроміненні, так само, як і мінерали, вітаміни, мікроелементи.

Термін зберігання фруктів, овочів, м'яса, риби і морепродуктів може бути значно збільшений за допомогою комбінації замороження і низьких доз радіації, оскільки багато бактерії гниття чутливі до опромінення. Опромінення також перешкоджає перезрівання фруктів.

**Чи дійсно необхідно використання цієї технології?** Таке ж питання було поставлене про процес пастеризації, коли він вперше був запропонований як засіб поліпшення збереження молока. Пастеризоване молоко було схоже за смаком і кольором на свіже молоко, було безпечно для вживання без кип'ятіння. Однак пастеризація не була популярна протягом багатьох років після її подання до початку 1900-х років. Та ж ситуація повторюється і з процесом опромінення продуктів. Хоча безпеку і користь даного процесу були підтверджені документально, він не отримав широкого застосування в харчовій промисловості через її консервативні позиції і неправильного тлумачення його людьми. Інші процеси, такі як хімічна і термічна обробка, також знищують комах, мікроорганізми і патогенні бактерії в їжі. Однак хімікати залишають опади, а термічна обробка, наприклад консервування, змінюють структуру, колір і смак продуктів. Опромінення ж навпаки допомагає досягти потрібного ефекту без використання високих температур і не залишає осаду, тому є більш безпечним. Даний процес є унікальним за своєю можливості знешкоджувати патогенні мікроорганізми в продуктах навіть в замороженому стані. Неможливо переоцінити користь опромінених продуктів, коли споживач шукає безпечні продукти високої якості.

**Загальні риси такого обладнання-приміщення для опромінення харчових продуктів і система транспортування продуктів в приміщення і з нього.**

Промислове обладнання для опромінення продуктів повинно мати ліцензії органів охорони здоров'я та радіологічної безпеки, нормативи яких базуються на стандартах рівня опромінення.

Основна відмінність споруди для опромінення харчових продуктів від всіх інших промислових будівель бетонна огорожа (товщиною 1,5-1,8 м.), що оточує приміщення для опромінення. Це дає гарантію, що іонізуюче випромінювання не виходить за межі даного приміщення. Коли опромінюють - устаткування не використовується, воно зберігається в басейні з водою, оскільки вода поглинає радіаційну енергію і захищає робітників від опромінення. Так відбувається з гамма-опромінювачами. Машини, що працюють від електрики, просто вимикаються. Таким чином, процес опромінення їжі не становить небезпеки для населення. Складні системи безпеки контролюють також рівень ризику для персоналу. Система безпеки запобігає будь-якому впливу радіації на робочих, оскільки її джерело знаходиться за огорожею.

Дуже рідко, однак все ж таки трапляються аварії на підприємствах з обладнанням для опромінення, в результаті яких були постраждалі серед робітників від сильної дози радіації. Причинами цих аварій були недотримання відповідних правил безпечної експлуатації обладнання і невикористання систем безпеки. Жодна з даних аварій не становила загрози для населення та оточуючого середовища.

У разі аварії неможливий витік радіації, оскільки джерело радіаційної енергії не виробляє нейтрони, які роблять матеріали радіоактивними, тому на опромінюючій апаратурі не може статися ядерна «ланцюгова реакція». Стіни комірок для опромінення, крізь які проходять продукти, обладнання всередині комірки, відпрацьовані продукти − не можуть бути радіоактивними, радіоактивність не надходить в навколишнє середовище. Самі продукти ніколи не вступають в прямий контакт з джерелом радіації. Процес опромінення передбачає проходження продуктів через радіаційне поле зі встановленою швидкістю для контролювання кількості енергії і дози, що поглинається продуктами. Харчові продукти, що піддаються обробці опроміненням, стають не більше радіоактивними, ніж багаж, що проходить сканування в аеропорту, або наші зуби після рентгенівського знімку.

**У чому ж різниця між продуктами, обробленими опроміненням,**

**і радіоактивними продуктами?** Продукти, оброблені опроміненням, спеціально обробляються певними видами радіаційної енергії для знищення патогенних бактерій і кращого збереження. Крім харчових продуктів багато інших матеріалів обробляються опроміненням в процесі виробництва, наприклад, косметика, пробки для пляшок, медичне обладнання. Радіоактивні продукти, навпаки, були заражені радіоактивними речовинами в результаті аварій при випробуванні ядерної зброї і вибуху ядерних реакторів.

Опромінені продукти не можуть стати токсичними. Кілька сотень токсикологічних експериментів були проведені на тваринах, щоб оцінити безпеку споживання опромінених продуктів. Дані експерименти не показали токсичних ефектів, а також генетичних дефектів в результаті споживання опромінених продуктів.

Чи може споживання опромінених продуктів викликати появу зайвих хромосом? **Ні**. На початку 1980-х років в Китаї було проведено кілька досліджень за участю 400 добровольців, які вживали опромінену їжу в період від 7 до 15 тижнів. Одним з напрямком досліджень була можливість зміни в хромосомах. Кількість хромосом у учасників експерименту було в межах норми.

Чи підходять для опромінення продукти поганої якості? **Ні.** Для виробництва використовуються тільки продукти з відповідними гігієнічними якостями. В цьому відношенні опромінення не відрізняється від пастеризації, заморожування та інших способів обробки харчових продуктів. Всі ці процеси не можуть знищити токсини і віруси, вже присутні в їжі, вони руйнують лише бактерії. Дуже важливо, що продукти, приготовані для обробки опроміненням, повинні бути хорошої якості. Багато країн не дозволяють збирати устриць на територіях, забруднених каналізаційними викидами, через загрозу вірусу гепатиту.

**Запобігання хвороб, викликаних патогенними харчовими бактеріями, шляхом обробки опроміненням.** Методи, які використовуються у всьому світі для запобігання спалахам таких хвороб, разюче прості. Вони засновані на трьох принципах:

1. Перешкоджання розмноженню мікроорганізмів, які вже присутні в їжі, за допомогою заморожування.

2. Знищення або зменшення кількості шкідливих бактерій шляхом термічної обробки, використання кислоти, антибактеріальних речовин, висушування, соління.

3. Початкове запобігання зараженню продуктів.

Особливу увагу слід приділяти обробці сирих продуктів на скотобійнях і зерносховищах, щоб доставити продукцію по можливості без шкідливих бактерій. Знезараження м'ясних туш в деякій мірі сприяє використання гарячої води, пари, ополіскування кислотою. Однак всі ці заходи повністю не знищують патогенні бактерії. На противагу їм опромінення виявилося ефективною превентивним заходом для свіжого м'яса. Воно суттєво зменшує кількість мікробів при використанні середньої дози. Крім того опромінення - це легко контрольований процес з певною кількістю параметрів, його граничні дози були ретельно визначені в результаті наукових досліджень.

Фрукти і овочі часто можуть бути заражені мікроорганізмами, що зустрічаються в ґрунті. Вода, яка використовується для промивання овочів і фруктів, нерідко служить джерелом зараження, якщо вона недостатньо хлорована. Опромінення в даному випадку використовується для дезінфекції поверхні овочів і фруктів, хоча і неповною, але збільшуючи безпеку продуктів без погіршення їх якості.

Був проведений ряд експериментів з метою встановити, скільки споживачі готові заплатити за технологію обробки опроміненням. Більшість респондентів погодилися платити більше за кожен оброблений опроміненням продукт, ніж за необроблений.

**2.\_Вимірювані, розрахункові величини та визначення**

**Потужність еквівалентної дози** іонізуючого гамма випромінювання (ПЕД) − це фізична величина, що дорівнює відношенню еквівалентної дози випромінювання за малий проміжок часу до цього проміжку. ПЕД характеризує швидкість накопичення еквівалентної дози.

Одиниця ПЕД (в СІ) – Зв/с (1 Вт/кг = 1 Зв/с), де Зв − Зіверт. ПЕД є аналогом російської одиниці вимірювань МЕД («мощность эквивалентной дозы» (рос.)).

Наприклад, середньосвітова потужність еквівалентної дози, яка накопичується при опроміненні від природних джерел на душу населення, дорівнює 2,4 мЗв/рік.

Одиницею вимірювання еквівалентної дози в системі СІ є зіверт (Зв). Величина 1 Зв дорівнює еквівалентній дозі будь-якого виду випромінювання, поглиненої в 1 кг біологічної тканини і створює такий же біологічний ефект, як і поглинена доза в 1 Гр фотонного випромінювання. Позасистемної одиницею вимірювання еквівалентної дози є бер (до 1963 року - біологічний еквівалент рентгена, після 1963 року - біологічний еквівалент рада - Енциклопедичний словник). 1 Зв = 100 бер.

Не підлягають застосуванню позасистемні одиниці ПЕД, такі як бер в секунду, кратні і частинні від бер в секунду та інші одиниці вимірювань, такі як:

1 бер/с − 0,01 Зв/с = 10 мЗв/с;

1 бер/хв = 0,01/60 Зв/с = 0,1667 мЗв/с;

1 бер/год =0.01/3600 Зв/с = 2,778 мкЗв/с.

**Еквівалентна доза** (E, HT,R) характеризує біологічний ефект опромінення організму іонізуючим випромінюванням.

Еквівалентна доза дорівнює поглиненій дозі тканиною або органом людини, помноженій на ваговий коефіцієнт (WR) даного виду випромінювання R, що відображає здатність випромінювання пошкоджувати тканини організму людини:

 (1)

де HT,R − еквівалентна доза; WR − ваговий множник (або ваговий коефіцієнт); DR − поглинена доза в органі чи в тканині людини T.

Під час впливу різних видів опромінювання з різними ваговими коефіцієнтами − еквівалентна доза визначається як сума еквівалентних доз для цих видів опромінювання:

 (2)

Помноживши значення еквівалентної дози на відповідний коефіцієнт радіаційного ризику і підсумувавши по всіх тканинах і органах, отримаємо ефективну дозу, яка відображатиме сумарний ефект для організму.

Ваговий коефіцієнт гамма-випромінювання (а також рентгенівського випромінювання і бета-частинок) для біологічної тканини під час розрахунків приймається таким, що дорівнює одиниці. Тому еквівалентна доза під час отримання її від джерела гамма-випромінювання, чисельно дорівнює поглиненій дозі. У той же час ваговий коефіцієнт протонів з енергією від 2 до 10 МеВ (мега-електрон-вольт) дорівнює 2, а альфа-частинок і важких ядер − 20. Ваговий коефіцієнт нейтронів залежить від їх енергії складним чином.

У Міжнародній системі одиниць (СІ) еквівалентна доза вимірюється (також як і поглинена доза) в джоулях, поділених на кілограм (Дж/кг), тобто еквівалентна і поглинена дози мають однакову розмірність. Однак одиниця виміру еквівалентної дози має спеціальну назву − зіверт (Зв, Sv), що відрізняється від одиниці вимірювання поглиненої дози, яка має назву грей.

Використовується також позасистемна одиниця еквівалентної дози − бер (абревіатура від «біологічний еквівалент рентгена»), англ. rem (roentgen equivalent man). 1 бер = 0,01 Зв.

Еквівалентна доза не враховує різну біологічну чутливість органів і тканин до опромінення. Додатковий облік цього фактора призводить до більш складної концепції ефективної дози.

Доза випромінювання− у фізиці і радіобіології − величина, що використовується для оцінки ступеня впливу іонізуючого випромінювання на будь-які речовини, живі організми і їх тканини.

Вивчення окремих наслідків опромінення живих тканин показало, що при однакових поглинених дозах різні видів радіації виробляють неоднаковий біологічний вплив на організм. Обумовлено це тим, що важча частка (наприклад, протон) виробляє на одиниці довжини шляху в тканини більше іонів, ніж легка (наприклад, електрон). При одній і тій же поглиненій дозі радіобіологічний руйнівний ефект тим вище, чим густина іонізація, створювана випромінюванням. Щоб врахувати цей ефект, введено поняття еквівалентної дози. Еквівалентна доза розраховується шляхом множення значення поглиненої дози на спеціальний коефіцієнт − коефіцієнт відносної біологічної ефективності (ОБЕ) або коефіцієнт якості. Ефективна доза (E) - величина, яка використовується як міра ризику виникнення віддалених наслідків опромінення всього тіла людини та окремих його органів і тканин з урахуванням їх радіо-чутливості. Вона являє суму виробленої еквівалентної дози в органах і тканинах на відповідні вагові коефіцієнти.

Одні органи і тканини людини більш чутливі до дії радіації, ніж інші: наприклад, при однаковій еквівалентній дозі виникнення раку в легенях більш ймовірно, ніж у щитовидній залозі, а опромінення статевих залоз особливо небезпечно через ризик генетичних ушкоджень. Тому дози опромінення різних органів і тканин слід враховувати з різним коефіцієнтом, який називається коефіцієнтом радіаційного ризику.

Таблиця 10.1 − Значення коефіцієнтів відносної біологічної ефективності для різних видів випромінювань

|  |  |
| --- | --- |
| Вид випромінювання | Коефіцієнт, Зв/Гр |
| Рентгенівське і γ-випромінювання | 1 |
| β-випромінювання (електрони, позитрони) | 1 |
| Нейтрони з енергією менше 20 кеВ | 3 |
| Нейтрони з енергією 0,1÷10 МеВ | 10 |
| Протони з енергією менше 10 МеВ | 10 |
| α-випромінювання з енергією менше 10 МеВ | 20 |
| Важкі ядра віддачі | 20 |

Таблиця 10.2 − Значення коефіцієнта радіаційного ризику для окремих органів

|  |  |
| --- | --- |
| Органи, тканини | Коефіцієнт |
| Гонади (статеві залози) | 0,2 |
| Червоний кістковий мозок | 0,12 |
| Товста кишка | 0,12 |
| Шлунок | 0,12 |
| Легкі | 0,12 |
| Сечовий міхур | 0,05 |
| Печінка | 0,05 |
| Стравохід | 0,05 |
| Щитовидна залоза | 0,05 |
| Шкіра | 0,01 |
| Клітини кісткових поверхонь | 0,01 |
| Головний мозок | 0,025 |
| Решта тканини | 0,05 |

Зважені коефіцієнти встановлюють емпірично і розраховують таким чином, щоб їх сума для всього організму становила одиницю. Одиниці виміру ефективної дози збігаються з одиницями виміру еквівалентної дози. Вона також вимірюється в зівертах або в берах.

Таблиця 10.3 − Одиниці вимірювань

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Фізична величина | Позасистемна одиниця | Одиниця СІ | Перехід від позасистемної одиниці до одиниці СІ |
| Активність нукліда в радіоактивному джерелі | Кюрі (Кі) | Беккерель (Бк) | 1 Кі = 3.7 · 1010 Бк |
| Експозиційна доза | Рентген (Р\*) | Кулон/кілограм (Кл/кг) | 1 Р = 2,58 · 10-4 Кл/кг |
| Поглинена доза | Рад\*\* (рад) | Грей (Дж/кг) | 1 рад = 0,01 Гр |
| Еквівалентна доза | Бер (бер) | Зіверт (Зв) | 1 бер = 0,01 Зв |
| Потужність експозиційної дози | Рентген/секунда (Р/c) | Кулон/кілограм в секунду (Кл/кг\*с) | 1 Р/c = 2.58 · 10-4 Кл/кг\*з |
| Потужність поглиненої дози | Рад/секунда (Рад/с) | Грей/секунда (Гр/с) | 1 рад/с = 0.01 Гр/c |
| Потужність еквівалентної дози | Бер/секунда (бер/с) | Зіверт/секунда (Зв/с) | 1 бер/c = 0.01 Зв/с |
| Інтегральна доза | Рад-грам (Рад-г) | Грей-кілограм (Гр-кг) | 1 рад-г = 10-5  Гр-кг |

\*\* − Р\* − (Рентген);

\*\* − Рад (радіоактивність).

**Довірчий інтервал** - довірчі кордони випадкової похибки результату вимірювання - це той інтервал, в який із заданою (прийнятої дослідником) ймовірністю має потрапити середнє арифметичне значення при нескінченному (теоретичному) збільшенні кількості одиничних спостережень.

Доза поглинена (D) - величина енергії іонізуючого випромінювання, передана речовині:

D = de/dm,

де de − середня енергія, передана іонізуючим випромінюванням речовині, що знаходиться в елементарному обсязі, dm − маса речовини в цьому об'ємі. Енергія може бути усереднена по будь-якому визначеному обсягу, і в цьому випадку середня доза буде рівна повній енергії, переданої обсягом, поділеній на масу цього обсягу. В одиницях СІ поглинена доза виміряється в джоулях, виділених на кілограм (Дж/кг), і має спеціальну назву − грей (Гр).

**Доза еквівалентна** HT,R− поглинена доза в органі чи тканині, помножена на відповідний ваговий коефіцієнт для даного виду випромінювання, WR (1).

Для фотонів і електронів WR, тобто Wі We  дорівнюють 1. Одиницею вимірювання еквівалентної дози являється Дж/кг, що має в цьому випадку спеціальне найменування зіверт (Зв). Використовують частинні одиниці: мілізіверт, мЗв, 1 мЗв = 10-3 Зв; мікрозіверт, мкЗв, 1 мкЗв = 10-6 Зв.

**Природний радіаційний фон**, скорочено природний фон - потужність дози, створювана космічним випромінюванням і випромінюванням природних радіонуклідів, природно розподілених у поверхневих шарах Землі, приземної атмосфері, у воді.

**Іонізуюче випромінювання** - випромінювання, взаємодія якого з речовиною призводить до утворення в цій речовині іонів різних знаків.

**Кроки (в топографії)** - нашвидку нарисований по «окомірній» зйомці план місцевості, що виражає її загальний характер і що виділяє найбільш важливі місцеві предмети (дороги, будівлі і т. п.).

**Потужність дози** - доза випромінювання за одиницю часу (секунду, хвилину, годину). Одиницею вимірювань потужності еквівалентної дози є Зв/с, а дольна одиниця − мікрозіверт на годину (мкЗв/год).

Під час використання дозиметрів, шкали яких розмічені в одиницях, так званої, експозиційної дози (або потужності дози), тобто в рентгенах (Р) або Р/год, мР/год, мкР/год (год. − година), для інтерпретації їх показів в зівертах і відповідних часткових одиницях, слід пам'ятати, що експозиційній дозі (в повітрі) 1Р відповідає еквівалентна доза (в біологічній тканини) 9,6 мЗв. Отже, якщо покази такого дозиметра, наприклад, 15 мкР/год, з невеликою похибкою ~ 4%, то можна вважати, що для біологічної тканини це відповідатиме 0,15 мкЗв/год. Зокрема, при використанні деяких дозиметрів його покази в мР/год слід множити на 10, щоб отримувати значення потужності еквівалентної дози в мкЗв/год.

**Нуклід** − вид атомів з даними числом протонів і нейтронів в ядрі, що характеризується масовим числом А (атомною масою) і атомним номером Z.

**Похибка вимірювання** − відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

**Радіоактивність** − перетворення нестійкого нукліда (радіонукліда) в інший нуклід, що супроводжується випусканням іонізуючого випромінювання.

**Фотон, фотонне випромінювання** − квант (частка) гамма і рентгенівського випромінювань. Фотонне випромінювання − збірна назва для гамма та рентгенівського випромінювань.

**Електронвольт, мегаелектронвольт (МеВ)** - позасистемна одиниця енергії іонізуючої частинки: 1 еВ = 1,602∙10-19 Дж; 1 МеВ = 1,602∙10-13 Дж.

**3. Методика вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання на місцевості МІ-2000**

Вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання на місцевості виконують методом вимірювання швидкості рахунку імпульсів, що виникають у газорозрядних лічильниках (СБМ-20) під дією гамма-випромінювання.

Вимірювання можуть проводитися: при температурі навколишнього повітря від - 5 до + 40 ° С; при відносній вологості повітря до 98%.

При виконанні вимірювань потужності еквівалентної дози на місцевості необхідно дотримуватися вимог "Норм радіаційної безпеки НРБ-99" і "Основних санітарних правил ОСП-72/87" [4].

**3.\_Відомості про дозиметр ДКС-1 «ИРИС»**

В лабораторній роботі використовується дозиметр радіаційних випромінювань побутовий ДКС-1 «ИРИС».

Дозиметр − прилад для вимірювання ефективної дози або потужності іонізуючого випромінювання за деякий проміжок часу. Саме вимірювання називається дозиметрією.

Іноді «дозиметром» не зовсім точно називають радіометр − прилад для вимірювання активності радіонукліду в джерелі або у зразку (в об'ємі рідини, газу, аерозолю, на забруднених поверхнях) або густини потоку іонізуючих випромінювань для перевірки на радіоактивність підозрілих предметів і оцінки радіаційної обстановки в даному місці в даний момент.

Вимірювання вищеописаних величин називається радіометрією.

За допомогою дозиметру радіаційних випромінювань ДКС-1 «ИРИС» вимірюють: значення зовнішнього радіаційного фону; накопичену дозу радіації; забруднення гамма-радіоактивними речовинами приміщень, будівель,та споруд, предметів побуту, одягу, території, поверхні ґрунту, транспортних засобів і т. п.; забруднення гамма-радіоактивними речовинами продуктів харчування.

Діапазон вимірювань потужності експозиційної дози ПЕД гамма випромінювання − від 0,1 мкЗв/годину до 9,99 мкЗв/годину.

Діапазон вимірювань експозиційної дози ЕД гамма випромінювання − від 0,01 мЗв до 9,99 мЗв.

Діапазон енергій реєстрованого гамма-випромінювання − від 0,1 МеВ до 3,0 МеВ.

Час безперервної роботи приладу − 8 годин.

Дозиметр відповідає ТУ а 13929660.010-91, Корпус приладу має прямокутну форму і виконаний з пластмаси, міцн ої до ударних впливів. Габаритні розміри корпусу не виходять за межі:

- по довжині 160 мм,

- по ширині 70 мм,

− по висоті 30 мм.

Маса приладу не перевищує 0.3 кг.

На передній (верхній) панелі розташовані:

− цифровий індикатор, на якому відображається вся вимірювана інформація дозиметра і годин будильника (цей індикатор виконаний у вигляді дисплея на рідких кристалах);

− органи управління приладом, за допомогою яких проводиться перемикання режимів роботи приладу.

Органи управління приладу мають таке призначення:

червона кнопка − вимикач електроживлення приладу;

КС − кнопка індикації будильника;

ИВ − кнопка індикації поточного часу;

УЧ − кнопка установки годин;

УМ − кнопка установки хвилин;

☢ − кнопка індикації ПЕД (МЕД) гамма-випромінювання;

 − кнопка індикації ЕД гамма-випромінювання;

 − кнопка відключення звукової сигналізації;

СБР − кнопка скидання інформації (обнулення регістрів пам’яті) про ПЕД і ЕД.

На задній (нижній) панелі приладу є відсік, який закривається кришкою для розміщення в ньому хімічного елемента електроживлення типу "Корунд".

Всередині відсіку для елемента живлення розташований роз'єм для підключення елемента типу 6F22 «Корунд» і бірка із заводським номером приладу платою і датою випуску.

Прилад за конструктивно-технологічним виконанням являє собою приймач для виявлення і визначення рівня інтенсивності, накопиченої дози гамма-випромінювання, що не містить джерела іонізуючих випромінювань і абсолютно безпечний в експлуатації.

Всі роботи по експлуатації та технічного обслуговування дозиметрів повинні проводитися відповідно до вимог "Основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами і джерелами іонізуючих випромінювань – (ОСП - 72/800) і «Нормами радіаційної безпеки - «НРБ-78/87».

Відповідно до вимог цих документів, а також «Рекомендаціями Національної комісії радіаційного захисту» (НКРЗ) гранично допустима ПЕД становить 0,6 мкЗв / год (60 мкР / год).

**Похибка вимірювання**

Похибка визначається похибкою дозиметра, який забезпечує виконання вимірювань для 95% довірчого інтервалу з похибкою, що не перевищує 25%.

Межа основної відносної похибки не перевищує 25% в діапазоні вимірювань потужності еквівалентної дози іонізуючого гамма випромінювання від 0,1 до 2 мкЗв/год та ± 40% в діапазоні вимірювань ПЕД від 2 мкЗв/год до 9,99 мкЗв/год.

Межа дозвільної додаткової похибки, яка викликана зміною напруги живлення − не перевищує 10%.

Похибка не перевищує ± 25% від значення, отриманого від джерела іонізуючого випромінювання − цезію-137 (енергія випромінювання 0,66 МеВ).

**Правила користування дозиметром та підготовка приладу до виконання лабораторної роботи**

Перед початком роботи з дозиметром необхідно встановити елемент електроживлення типу "Корунд". Для цього зніміть кришку відсіку електроживлення, підключіть батарею до контактів і закрийте кришку.

Увімкніть дозиметр. Для цього натисніть і відпустіть червону кнопку. Поява знаків і цифр на індикаторі свідчить про справність батареї живлення.

Цифри і знаки на індикаторі з'являються через 3÷4 секунди після натискання червоної кнопки.

Після натискання кнопки «ИБ» дозиметр переходить в режим установки часу будильника. Час спрацювання будильника встановлюється за допомогою кнопок «УЧ» (установка годин) та «УМ» (установка хвилин).

Увімкнення та вимикання будильника виконується кнопкою «ИБ». Стан будильника можна визначати за наявністю або відсутністю символу

 на індикаторі. Наявність символу  свідчить про включений будильник.

Після налаштування поточного часу дозиметр переводиться в режим вимірювання автоматично.

Для індикації ПЕД гамма-випромінювання необхідно натиснути кнопку «☢». Прилад працює в автоматичному режимі, цикл вимірювання ПЕД повторюється через кожні **40** секунд. При натисканні кнопки «СБР» (зкидування) переривається індикація на табло і починається новий цикл вимірювань та обчислень.

У режимі вимірювання поточний час і час спрацьовування будильника зберігаються в регістрах пам'яті мікропроцесора і виводяться на індикатор при натисканні кнопок «ИБ» та «ИВ».

Потужність (ПЕД) гамма-випромінювання оперативно можна контролювати за звуковими сигналами, які видаються після кожного спрацьовування лічильника іонізуючих випромінювань. Звукову індикацію можна відключити кнопкою .

Про увімкнену звукову індикацію свідчить наявність символу  на індикаторі.

УВАГА! Під час вимірювання потужності еквівалентної дози іонізуючого гамма випромінювання понад 0.6 мЗв/год (60 мкЗв/год) дозиметр сигналізує про це довгим звуковим сигналом.

Для індикації ЕД гамма-випромінювання необхідно натиснути кнопку «». Значення ЕД відображається в мілізівертах (мЗв) на протязі **30 секунд** після чого прилад переходить в режим індикації ПЕД. Режим індикації ЕД підтверджується, наявністю знаку «» нa індикаторі.

При нормальному рівні радіаційного фону перший показ еквівалентної дози з’явиться приблизно через 72 години безперервної роботи дозиметра.

Кнопка «СБР» (зкидування) використовується для занулення регістрів пам’яті, в яких зберігається інформація про виміряні ПЕД і ЄД гамма випромінювання.

**4.\_Хід роботи**

**\_**

Представлена нижче методика вимірювання, орієнтована на побутовий дозиметр-радіометр ДКС-1 «ИРИС». [3].

**Обстеження території університету** проводять за допомогою дозиметра ДКС-1 «ИРИС».

1.\_\_Нарисуйте карту-схему досліджуваної ділянки на території університету.

Для цього використовуйте великомасштабну топографічну карту, яка охоплює район обстеження, з якої зніміть ксерокопію. При неможливості мати карту-схему вирисуйте кроки розвідувального маршруту безпосередньо в процесі роботи на місцевості. Для цього студенту слід знати основи зйомки місцевості за допомогою очей (заздалегідь ознайомитися). Необхідно мати при собі планшет і компас.

По карті-схемі уточніть маршрут обстеження, намітьте опорні точки, в яких будуть проводитися вимірювання потужності дози. Геометрія маршрутів може бути різною:

− лінійною − від одного добре помітного, домінуючого на даній місцевості орієнтира до іншого такого ж;

− радіальною − від домінуючого орієнтира по радіусу;

− круговою (кільцевою) − по зовнішній обведеній території.

2.\_ Через кожні 100 м на цій карті-схемі нарисуйте (позначте) точки вимірювання та пронумеруйте їх, при цьому, за необхідності, вкажіть додаткові орієнтири (перехрестя вулиць, провулки, колодязі, номери будинків і т.д.), що дозволяють надалі встановити місце вимірювання.

3. Тримайте дозиметр на висоті 1 м від поверхні землі. Вимірювання на висоті 1 м − це своєрідний стандарт, пов'язаний з певною геометрією і співвідношенням гамма і бета-випромінювань і місцем розташування найбільш чутливої частини тіла людини.

4.\_ Обійдіть намічену ділянку університету, безперервно стежачи за показами дозиметра.

5.\_ Через кожні 100 м виміряйте потужність дози.

6.\_ Обов'язкові вимірювання зробіть біля входів в громадські будівлі, житлові будинки, школи, дитячі установи.

Території земельних приватних ділянок сільськогосподарського призначення проходять по діагоналі з проведенням вимірів не менше ніж в трьох характерних точках: в середині території (ділянки), з боку двору, під водостічної трубою (жолобом) будівлі (будинку).

Карта-схема і маршрутна карта вимірювань є єдиним радіоекологічним документом і при використанні результатів вимірювань повинні представлятися разом.

Обстеження сільгоспугідь і місцевості, використовуваної для відпочинку, проводять аналогічно викладеному вище. Обстеження, як правило, ведеться уздовж доріг господарського і іншого призначення, стежок, берегів водойм. Особливу увагу при цьому необхідно приділяти зниженням рельєфу місцевості − місць можливих радіаційних аномалій.

У разі виявлення локальних вогнищ з потужністю дози, що перевищує подвоєний природний фон, необхідно провести їх оконтурювання. Вимірювання при цьому проводять через кожні 10 м до виходу показів дозиметра на подвійний природний фон.

У всіх випадках виявлення підвищеного рівня гамма-випромінювання на обстежуваних територіях рекомендується повідомляти про це представникам місцевої санітарно-епідеологічної станції СЕС.

При проведенні обстежень та оцінювання за показами дозиметра небезпеки опромінення необхідно ПАМ'ЯТАТИ, що наслідки опромінення визначаються не потужністю дози, а за сумарною отриманою дозою, тобто потужністю дози, помноженою на час, протягом якого опромінюється людина. Наприклад, якщо потужність дози становить 0,11 мкЗв/год, то опромінення протягом року (8760 год) створить дозу ~ **1 мЗв** − по НРБ-99 межа (НРБ − Норми радіаційної безпеки), який не повинен перевищуватися при техногенному опроміненні населення.

Пам’ятайте, що потужність дози природного фону становить 0**,15 мкЗв/год** і, в залежно від місцевих умов, може змінюватися в два рази. Деякі гірські породи, наприклад, граніт, радіоактивні і тому створюють підвищений природний фон. Впритул до гранітної поверхні потужність дози може зрости на 0,15 мкЗв/год.

Для населення, що мешкає поблизу атомних електростанцій і підприємств встановлена межа річної дози **5 мЗв**. Цій величині відповідає постійна (протягом року) потужність дози на відкритій місцевості **0,6 мкЗв/год**. З урахуванням того, що частина часу людина знаходиться всередині будівель, які послаблюють випромінювання в два і більше разів, допустима потужність дози на відкритій місцевості може бути **1,2 мкЗв/год**.

При потужність дози понад **1,2 мкЗв/год**, рекомендується покинути дане місце або, якщо є необхідність перебувати на ньому, то перебування слід обмежити **шістьма місяцями на рік**;

при потужності дози **2,5 мкЗв/год**, − **трьома місяцями на рік**,

а при **7 мкЗв/год**, − **одним місяцем**.

7.\_Показання дозиметра записують в картку реєстрації (форма картки наведена в Додатку).

8.\_Обчисліть середнє значення показань та запишіть його в відповідну графу картки.

9.\_Обчислюють повну похибку вимірювань Δ за формулою:

 мкЗв/год,

де 0 − основна похибка, яка приймається 30%; Е − похибка, пов'язана з енергетичною залежністю показів дозиметра, яка приймається 60% при невідомій енергії реєстрованого гамма-випромінювання і дорівнює, якщо енергія Еγ реєстрованого випромінювання відома,

50|Еγ – 0.66|, %

при 0,06 < Еγ < 1,25 МеВ.

10.\_Результат вимірювання представляють у формі

H ± Δ, мкЗв / год,

записуючи його в відповідну графу картки.

11.\_Заповніь вільні графи картки.

12.\_Зробіть висновки по лабораторній роботі.

**5. Висновок**

Ефективність засвоєння методики виконання лабораторної роботи може бути досить високою, якщо при вивченні її і використанні не обмежуватися імітаційною грою на радіаційно-чистій місцевості, а проводити заняття в навчальному таборі на своєрідному метрологічному полігоні, наприклад, на ділянках місцевості, що зберегли **Чорнобильський слід**, з добре вивченими радіаційними характеристиками [5] або на спеціальній навчальній площадці типу гаммадрому [6].

**Питання для самостійної підготовки**

1.\_\_Які вам відомі приклади використання радіоактивного опромінювання сільськогосподарському виробництві

2.\_\_Чи дійсно необхідно використання радіоактивного опромінювання сільськогосподарському виробництві?

3.\_\_У чому ж різниця між продуктами, обробленими опроміненням, і радіоактивними продуктами?

4.\_\_Що вам відомо про запобігання хвороб, викликаних патогенними харчовими бактеріями, шляхом обробки опроміненням?

5.\_\_Що вам відомо про потужність еквівалентної дози іонізуючого гамма випромінювання?

6.\_\_Що вам відомо про еквівалентну дозу іонізуючого гамма випромінювання?

7.\_\_Що вам відомо про природний радіаційний фон, іонізуюче випромінювання, кроки (в топографії), потужність дози?

8.\_\_Що вам відомо про нуклід, похибку вимірювання, радіоактивність, фотон, фотонне випромінювання, електронвольт, мегаелектронвольт?

9.\_\_Що вам відомо про методику вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання на місцевості ?

10.\_\_Що вам відомо про дозиметр ДКС-1 «ИРИС»?

11.\_\_Що вам відомо про похибка вимірювання дозиметра ДКС-1 «ИРИС»?

12.\_\_Що вам відомо про правила користування дозиметром та підготовка приладу до виконання лабораторної роботи?

13.\_\_Що вам відомо про хід лабораторної роботи під час обстеження території університету?

14.\_\_Що вам відомо про обчислення повної похибки вимірювань Δ?

**Використана література**

1.\_Миронов Ю.Т. Временная учебная методика измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на местности ВУМ-1-96/ Ю.Т. Миронов // В сб. «Экология. Безопасность. Жизнь». − Вып.4. Гатчина. 1997. − 70 c.

2.\_Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) / М. Минздрав России, 1999. − 112 c.

3.\_Дозиметр радиационных излучений бытовой ДКС-1 “ИРИС”: Паспорт / Полтава. МП «ИРИС». 1995. − 11 с.

4.\_Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/87). / М. Энергоатомиздат. 1988. − 98 с.

5.\_Юдин М.Ф. и др. Измерение активности радионуклидов /. СПб. ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. 1997. − 328 с.

6.\_Миронов Ю.Т. Гаммадром – учебный радиационный полигон. В сб. “Экология. Безопасность. Жизнь”. Вып.6. Гатчина. 1998. − 80 с.

**Додаток А**

Приклад оформлення звіту до лабораторної роботи № 10

Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний аграрний університет

Факультет

Кафедра

**ЗВІТ**

з лабораторної роботи № 10

**на тему: «Вимірювання потужності дози гамма випромінювання на місцевості»**

Виконали студенти гр. 1Е-12:

\_\_\_\_\_\_\_ Поповський М. Й.

(П.І.Б)

\_\_\_\_\_\_\_ Гринь І. П.

(П.І.Б)

\_\_\_\_\_\_\_ Марецький Є. В.

(П.І.Б)

Прийняв:

доцент кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Вінниця 2016

**Мета роботи.** Ознайомлення з методами та засобами вимірювання потужності дози гамма випромінювання на місцевості.

**Хід роботи.**

1.\_\_Рисуємо карту-схему досліджуваної ділянки на території університету.



Рисунок 1 − Карта-схема досліджуваної ділянки.

2.\_ Через кожні 100 м на цій карті-схемі позначаємо точки вимірювання.

4.\_ Обходимо намічену ділянку університету, безперервно стежачи за показами дозиметра.

5.\_ Через кожні 100 м вимірюємо потужність дози.

6.\_ Оформлюємо картку реєстрації потужності дози гамма-випромінювання.

7. Показання дозиметра записуємо в картку реєстрації (форма картки наведена в Додатку).

8. Обчислюємо середнє значення показів і записуємо його в відповідну графу картки.

Обчислюємо повну похибку вимірювань Δ за формулою:

 мкЗв/год,

де 0 − основна похибка, яка приймається 30%; Е − похибка, пов'язана з енергетичною залежністю показів дозиметра, яка приймається 60% при невідомій енергії реєстрованого гамма-випромінювання і дорівнює, якщо енергія Еγ реєстрованого випромінювання відома,

50|Еγ – 0.66|, %

при 0,06 < Еγ < 1,25 МеВ.

Результат вимірювання представляємо у формі

H ± Δ, мкЗв / год,

записуючи його в відповідну графу картки.

9.\_ Заповнюємо вільні графи картки.

10.\_ Робимо висновки.

**Додаток Б.**

Картка реєстрації потужності дози гамма-випромінювання

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місце  виміру (номер  точки на карті-схемі) | Додаткова характеристика місця  вимірювання \* | Покази дозиметра, мкЗв/хв | | | | | | Потужність дози (H) , мкЗв / год | Використання результатів |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Середнє значення |
| 1 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,002 | 0,12 | в навчальних цілях |
| 2 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,002 | 0,13 | в навчальних цілях |
| 3 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 4 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 5 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,002 | 0,12 | в навчальних цілях |
| 6 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 7 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 8 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 9 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,002 | 0,12 | в навчальних цілях |
| 10 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,13 | в навчальних цілях |
| 11 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 12 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 13 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |
| 14 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0022 | 0,13 | в навчальних цілях |
| 15 | Сонячна,5; ґрунт вологий; суглинок. | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 | 0,11 | в навчальних цілях |

\*\_−\_вулиця, дорога, стежка (з указуванням дорожнього покриття, ґрунту); луг, пасовище (вказати ступінь зволоження: сухий, вологий, заболочений); рілля, город та ін.; характер ґрунту − суглинок, супісок, пісок, глина та ін.); рекреаційна місцевість (вказати конкретно: ліс, лісопарк, чагарникової зарості, ягідники, беріг водойми та ін.);

\*\* − міліЗіверт за рік.

Показання дозиметра записують в картку реєстрації (форма картки наведена в Додатку).

Обчислюють середнє значення показань, записують його в відповідну графу картки.

Обчислюють повну похибку вимірювань Δ за формулою:

 мкЗв/год,

де 0 − основна похибка, яка приймається 30%; Е − похибка, пов'язана з енергетичною залежністю показів дозиметра, яка приймається 60% при невідомій енергії реєстрованого гамма-випромінювання і дорівнює, якщо енергія Еγ реєстрованого випромінювання відома,

50|Еγ – 0.66|, %

при 0,06 < Еγ < 1,25 МеВ.

Результат вимірювання представляють у формі

H ± Δ, мкЗв / год,

записуючи його в відповідну графу картки.

Заповнюють вільні графи картки.

**Додаток В**

**Використання Кобальт-60 в сільськогосподарському виробництві**

Кобальт-60, радіокобальт − радіоактивний нуклід хімічного елемента кобальту з атомним номером 27 і масовим числом 60. У природі практично не зустрічається через малого періоду напіврозпаду. Відкрито в кінці 1930-х років Г. Сиборгом і Дж. Лівінгудом в Каліфорнійському університеті в Берклі [3].

Кобальт-60 використовується у виробництві джерел гамма-випромінювання з енергією близько 1,3 МеВ, які застосовуються для [5]:

− **стерилізації харчових продуктів**, медичних інструментів і матеріалів;

− **активації посівного матеріалу** (для стимуляції росту і врожайності зернових і овочевих культур);

− знезараження і очищення промислових стоків, твердих і рідких відходів різних видів виробництв;

− радіаційної модифікації властивостей полімерів і виробів з них;

− радіо-хірургії різних патологій (див. «Кобальтова пушка», гамма-ніж);

− гамма-дефектоскопії.

Кобальт-60 використовується також в системах контролю рівня металу в кристалізаторі процесі безперервного розливання сталі.

Кобальт-60 є одним з ізотопів, що застосовуються в радіоізотопних джерелах енергії.

**Додаток Г**

**Приклад небезпечного впливу радіоактивних речовин**

**та наслідків порушення вимог правил безпечного їх використання**

10 серпня 1985 року в АПЛ К-431 проекту 675, що знаходилася біля пірсу № 2 судноремонтного заводу ВМФ в бухті Чажма (селище Шкотово-22) проводилася перезарядка активних зон реакторів. Роботи проводилися **з порушеннями** вимог ядерної безпеки і технології: використовувалися нештатні підйомні пристосування. Реактор правого борта був перезаряджений нормально.

При підйомі (т. Зв. «Підриві») кришки компенсувальної реактора вона піднялася піднялася. У цей момент на швидкості, що перевищує дозволену в бухті, повз плавучий кран, який був на плаву пройшов торпедний катер. Піднята ним хвиля привела до того, що плавучий кран, утримуючий кришку, підняв її ще вище, і реактор вийшов на пусковий режим, що викликало тепловий вибух. Миттєво загинули 11 (за іншими повідомленнями - 10) офіцерів і матросів, які здійснювали операцію. Тіла загиблих були знищені вибухом. Пізніше, при пошуках в гавані, були знайдені невеликі фрагменти останків.

У центрі вибуху рівень радіації, визначений згодом по уцілілому золотому кільцю одного із загиблих офіцерів, складав 90000 рентген на годину. На підводному човні почалася пожежа, яка супроводжувався потужними викидами радіоактивного пилу і пари. На думку експерта Олексія Митюнина, вся активна зона реактора в результаті була викинута за межі човна. Очевидці, які гасили пожежу, розповідали про великі язики полум'я і клуби бурого диму, який виривався з технологічного отвору в корпусі човна. Кришка реактора вагою в кілька тон була відкинута на сотню метрів.

Гасінням займалися непідготовлені співробітники - працівники судноремонтного підприємства і екіпажі сусідніх човнів. При цьому у них не було ні спецодягу, ні спецтехніки. Гасіння пожежі тривало близько двох з половиною годин. Фахівці аварійної флотської команди фахівців прибули на місце ЧС через три години після вибуху. В результаті неузгоджених дій сторін ліквідатори пробули на зараженій території до другої години ночі в очікуванні нового комплекту одягу на зміну зараженої.

На місці аварії було встановлено режим інформаційної блокади, завод був оточений, пропускний режим заводу посилений. Увечері того ж дня була відключений зв'язок селища з зовнішнім світом. При цьому ніяка попереджувальна та роз'яснювальна робота з населенням не проводилася, через що населення отримало дозу радіаційного опромінення.

Відомо, що всього в результаті аварії постраждали 290 осіб. З них десять загинули в момент аварії, у десяти зафіксована гостра променева хвороба, у тридцяти дев'яти - променева реакція. Так як підприємство є режимним, в основному постраждали військовослужбовці, які одними з перших приступили до ліквідації наслідків катастрофи.

Вісь радіоактивних опадів перетнула півострів Дунай в північно-західному напрямку і вийшла до моря на узбережжі Уссурійського залива. Протяжність шлейфу на півострові склала 5,5 км (далі випадання аерозольних часток відбувалося на поверхню акваторії до 30 км від місця викиду).

В результаті аварії сформувався осередок радіоактивного забруднення дна акваторії бухти Чажма. Область інтенсивного радіоактивного забруднення була зосереджена в районі аварії і в межах потужності експозиційної дози (ПЕД)> 240 мкР/год займає площу близько 100 000 м². У центральній частині вогнища МЕД складає 20-40 мР/год (максимум 117 мР/год за станом на 1992 рік). Під дією течій радіоактивне забруднення поступово переміщалася у напрямку до виходу з бухти Чажма. Радіоактивність донних відкладів обумовлена в основному кобальтом-60 (вклад в забруднення 96-99%, період напіврозпаду кобальту-60 приблизно дорівнює 5,27 року) і частково цезієм-137.

Корпус човна К-431 почав протікати, і він був відбуксирований з допомогою понтонів на довгострокове зберігання в бухту Павловського. Разом з нею була визнана непридатною для подальшої експлуатації внаслідок радіаційного забруднення стоявша поруч К-42 «Ростовський комсомолець» проекту 627А, який відбуксирували на ту ж стоянку.

**УВАГА!**

У всіх випадках виявлення підвищеного рівня зовнішнього випромінювання **РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ** повідомити про це представникам санітарно-епідеміологічної служби та отримати від них кваліфікований висновок про справжній рівень зовнішніх випромінювань і рекомендацій про поведінку в цих умовах.