

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Навчально-методичного
центру

М.П.Хоменко
М.П.Хоменко

"25" квітня 2005 р.

РАДІОМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІ ТА НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ-ЗАОЧНИКІВ АГРАРНИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ
ЗАКЛАДІВ 1-11 РІВНІВ АКРЕДИТАЦІЇ ІЗ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
5.091719 "ВИРОБНИЦТВО М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ"
5.091721 "ВИРОБНИЦТВО МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ"

050/52

Технічного-методичного центру
Вінницького національного
аграрного університету
БІБЛІОТЕКА

Укладач Федорченко Т.А. викладач Технологіко-економічного коледжу Білоцерківського ДАУ

Рецензенти: Галашевська Т.С., старший інженер Білоцерківської міської СЕС

Антоненко С.С., інженер-радіолог, офіційний лікар державної ветеринарної медицини Білоцерківського ВАТ "Віта" (молокозавод);

Матвійчук П.П., викладач Технологічно-промислового коледжу Вінницького ДАУ.

Анотація

Програмою дисципліни "Радіометричний контроль виробництва" передбачено вивчення теоретичних основ фізичної природи іонізуючих випромінювань, їх взаємодія з речовинами, вплив іонізуючого випромінювання на живий організм, джерела радіоактивних забруднень. В основу програми покладені методи визначення та вимірювання іонізуючих випромінювань, які є головними факторами у визначення ступеня придатності молочних та м'ясних продуктів до вживання. Даний навчальний посібник допоможе студентам-заочникам самостійно придбати теоретичні знання основ радіаційного стану, навички практичної роботи з різноманітними дозиметричними приладами, вміння у підборі проб та вимірюванні ступеня радіоактивної забрудненості різноманітних молочних та м'ясних продуктів і їх подальшого вживання. Для закріплення знань і умінь студент виконує контрольну роботу.

ВСТУП

Завдання дисципліни "Радіометричний контроль виробництва". Значення радіометричного контролю у забезпеченні радіаційної чистоти кормів, сировини м'ясних та молочних продуктів. Природний радіоактивний фон. Історія розвитку радіобіології і радіоекології.

Література

Л-1, с. 3-19.

Теоретичні відомості

Важливою умовою успішної організації ведення сільськогосподарського і переробного виробництва на забруднених радіонуклідами територіях і реалізації заходів, що зменшують нагромадження радіоактивних речовин в продукції є забезпеченість сільськогосподарських і переробних підприємств і установ радіологами високої кваліфікації, а також знання спеціалістами основ радіобіології і радіоекології.

Завдання дисципліни "Радіометричний контроль виробництва":

- вивчення теоретичних основ фізичної природи іонізаційного випромінювання, його дію на живі та неживі об'єкти.
- засвоєння методів визначення і вимірювання радіоактивного випромінювання.
- визначення придатності харчових продуктів до вживання.

Історія розвитку радіобіології і радіоекології поділяється на 4 етапи. Перший етап починається з 90-х років дев'ятнадцятого століття з відкриття в 1895 році німецьким фізиком В.К. Рентгеном рентгенівських променів.

Другий етап. 1920-1930 роки відомі низкою великих винаходів, які прискорили становлення радіобіології як науки.

Третій етап. Друга світова війна. Використання США в 1945р атомної бомби в Японії.

Четвертий етап. Відлік його почався 26 квітня 1986р з аварії на Чорнобильській АЕС.

Поняття

Радіобіологія – це наука про дію іонізуючих випромінювань на живі організми та їх угруповання.

Радіоекологія – це розділ радіобіології, що вивчає концентрації та міграцію радіоактивних речовин в біосфері та вплив їх іонізуючих випромінювань на живі організми та їх угруповання.

? Завдання для самоконтролю

1. Які завдання дисципліни “Радіометричний контроль виробництва”?
2. Яке значення радіометричного контролю у забезпеченні радіаційної чистоти кормів, сировини, м'ясних і молочних продуктів?
3. Що зумовлює природний радіаційний фон?
4. Дайте визначення науки радіобіології?
5. Дайте визначення науки радіоекології?
6. Назвіть етапи розвитку радіобіології.

1. ФІЗИЧНА ПРИРОДА ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ТА ЇХ ВЗАЄМОДІЯ З РЕЧОВИНАМИ

1.1 Радіоактивність. Джерела іонізуючих випромінювань та забруднень радіонуклідами навколишнього середовища

Будова атомів та атомних ядер.

Радіоактивність. Типи радіоактивного розпаду.

Активність радіонуклідів, одиниці її вимірювання.

Природні радіоактивні елементи. Штучні радіоактивні елементи.

Література

Л-1, с. 19-41.

Теоретичні відомості

Атом – це найбільша частинка хімічного елемента, що являє собою систему з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів, які рухаються навколо нього. Ядро атома складається з протонів і нейтронів.

Радіоактивні атоми – нестійкі атоми елемента, які самовільно перетворюються на атоми іншого елемента, що супроводжується іонізуючим випромінюванням, або радіоактивністю.

Ізотопи – атоми одного хімічного елемента, в ядрах яких однакова кількість протонів, але різна кількість нейтронів, вони мають однакові хімічні властивості, але різні маси. Ізотопи кисню $^{16}_8\text{O}$; $^{17}_8\text{O}$; $^{18}_8\text{O}$.

Радіоактивність – це самовільне перетворення (розпад) нестійких ядер атомів деяких хімічних елементів, яке призводить до зміни їх атомного номера і масового числа. Розпад радіоактивних ядер супроводжується виділенням енергії у вигляді іонізуючих випромінювань. Такі елементи називаються радіоактивними.

В результаті вивчення радіоактивності урану та радію Ф. Содді (1913) установив, що ядра цих важких елементів зазнають перетворення

двох типів альфа та бета-розпади. Пізніше виявилось, що бета-розпад існує у трьох різновидах: бета(-)розпад, бета (+) розпад, або позитронний і К-захоплення.

Активність радіонукліда – це кількість атомів радіоактивного елемента, які розпадаються за одиницю часу, міра кількості радіоактивної речовини виражена кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу.

Період напіврозпаду – це час, протягом якого кількість атомів даного радіонукліда знижується удвічі.

Розрізняються короткоживучі і довго живучі радіонукліди. Час існування короткоживучих радіонуклідів вимірюється частками секунди, хвилинами, годинами, а довго живучих – добами, роками. ^{24}Na має період напіврозпаду – 15 годин, ^{131}I – 8,06 доби, ^{90}Sr – 28 років, ^{239}Pu – 24065 років.

За одиницю активності в СІ прийнято одне ядерне перетворення, або розпад за секунду (розп/с). Ця одиниця дістала назву беккерель (Бк).

$$1\text{Бк}=1\text{розп/с}$$

Позасистемна одиниця активності (кюрі) пов'язана з беккерелем таким співвідношенням:

$$1\text{Кі}=3.7 \cdot 10^{10}\text{Бк}$$

$$1\text{Бк} = 2.7 \cdot 10^{-11}\text{Кі}$$

Розрізняють також ще такі активності: питома, об'ємна, молярна, поверхнева. Вони показують яка кількість радіоактивних розпадів виникає відповідно в одиниці маси твердих речовин, в одиниці об'єму речовини.

Питому активність прийнято виражати в Бк/кг, або Кі/кг.

Об'ємну – в Бк/л або Кі/л.

Поверхневу активність, або рівні забрудненості поверхні радіонуклідами, наприклад території оцінюють – в Бк/м² або Кі/м².

Молярну активність – в Бк/моль, Кі/моль.

Природні радіоактивні елементи містяться у відносно невеликих кількостях у всіх оболонках та в ядрі Землі і утворюють натуральний або природний радіаційний фон.

Перша група це радіонукліди земної кори, що входять до складу радіоактивних родин, родоначальниками яких є уран-238, актиноуран, або уран-235, і торій-232.

До другої групи входять радіонукліди, які не створюють родин. До них відносять насамперед ^{40}K , ^{48}Ca , ^{87}Pb , ^{97}Zr , ^{138}La , ^{147}Sm .

Ці радіонукліди перебувають у постійній рівновазі у земній корі.

Третю групу становлять космогенні радіонукліди, які безперервно утворюються в атмосфері Землі під дією космічного випромінювання з атомами (ядрами) азоту, кисню, аргону. До них належать ^3H (тритій), ^7Be , ^{14}C , ^{24}Na , ^{28}Mg , ^{35}S , ^{36}Cl та деякі інші, які потрапляють на земну поверхню з атмосферними опадами.

Саме вони визначають радіоактивність атмосфери разом з газоподібними продуктами розпаду урану і торію – радоном (^{222}Rn) і тороном (^{220}Tn), що містяться у нижніх шарах. 380 радіоактивних ізотопів

25 хімічних елементів, які є в земних породах, рудах, воді й атмосфері практичне значення мають деякі переважно довговічні радіонукліди.

Штучні радіонукліди – одержують в результаті ядерних реакцій, що здійснюються бомбардуванням ядер атомів стабільних хімічних елементів частками високих енергій (α -частками, електронами, протонами, ядрами інших елементів) або в результаті реакцій активізації, поділу та синтезу.

Енергія частинок та іонів може досягнути кількох сотень або десятків мільярдів електрон-вольт. Володіючи такою енергією, частинки та ядра елементів взаємодіють з ядрами стабільних елементів викликаючи в них ядерні реакції. При цьому ядро стабільного елемента перетворюється на інше стабільне або радіоактивне. Так утворюється ^3H , ^7B , ^{14}N , ^{32}P , ^{42}K , ^{56}Co та багато інших, які використовуються у різних сферах народного господарства, медицині, наукових дослідженнях.

Поняття

Радіоактивність – це самовільне перетворення (розпад) нестійких ядер атомів деяких хімічних елементів, яке призводить до зміни їх атомного номера і масового числа. Розпад радіоактивних ядер супроводжується виділенням енергії у вигляді іонізуючих випромінювань. Такі елементи називаються радіоактивними.

? Завдання для самоконтролю

1. Які атоми називаються ізотопами?
2. Що таке радіоактивність?
3. Які типи розпаду ви знаєте?
4. Що таке питома активність радіонуклідів і які її одиниці вимірювання?
5. Що таке об'ємна активність радіонукліда і які її одиниці вимірювання?
6. Які природні активні елементи відносяться до першої групи?

1.2 Взаємодія α -часток, β -часток, γ -випромінювань з речовинами

Електромагнітне випромінювання.

Корпускулярне випромінювання.

Альфа – частинки. Бета – частинки. Нейтрони.

Література

Л-1, с 41- 48.

Теоретичні відомості

Всі натуральні і штучні радіонукліди – це джерело іонізуючих випромінювань.

Розрізняють два види іонізуючих випромінювань – **електромагнітне** і **корпускулярне**.

Всі вони мають енергію, достатню для іонізації атомів і молекул речовини.

Вони невидимі і можуть проникати крізь непрозорі тіла, викликаючи різні зміни в біологічних системах. Тому їх називають проникаючою радіацією.

Електромагнітне або **фотонне** іонізуюче випромінювання являє собою потік періодичних електричних коливань, які відрізняються від радіохвиль, інфрачервоного, видимого та ультрафіолетового світла коротшою довжиною хвилі та вищою енергією. До нього відносяться гамма-випромінювання, а також рентгенівське випромінювання, яке складається з гальмуючого й характеристичного випромінювання.

γ -кванти мають велику проникаючу здатність, у повітрі вони проходять шлях, що становить кілька сот метрів, у деревині – більш як 25 см, у свинці – понад 5 см, у воді десятки метрів, а живі організми вони пронизують наскрізь і є для них небезпечними як джерело зовнішнього опромінення.

Для захисту від γ -випромінювання застосовують речовину і матеріали з великою атомною масою – свинець, сталь та ін.

Корпускулярне випромінювання – це потік елементарних частинок, або корпускул, які характеризуються такими величинами, як маса спокою, наявність або відсутність заряду, початкова енергія, яка залежить від швидкості руху частинок.

Розглядаємо лише ті елементарні частинки, які мають значення в радіобіології альфа, бета-частинки, нейтрони.

Альфа-частинки – це потік позитивно заряджених ядер атомів гелію, які складаються з двох протонів і двох нейтронів, мають подвійний заряд, атомну масу 4.003 а.о.м та швидкість польоту у вакуумі $9.25 \cdot 10^3$ км/с.

Бета-частинки – потік негативно заряджених електронів ядерного походження, які випускаються ядрами радіоактивних елементів при їх бета-розпаді.

Нейтрони – це електрично нейтральні частинки ядер атомів усіх елементів, крім вуглецю.

Поняття

Проникаючою радіацією називають іонізуюче випромінювання, яке має енергію достатню для іонізації атомів і молекул речовини.

? Завдання для самоконтролю

1. Які існують види іонізуючих випромінювань?
2. Чому іонізуюче випромінювання називають проникаючою радіацією?
3. Яку проникаючу здатність мають γ -кванти?
4. До якого виду іонізуючого випромінювання відносяться рентгенівське випромінювання?
5. До якого випромінювання належать альфа-частинки, бета-частинки, нейтрони?

1.3 Дози випромінювань. Потужність дози і види опромінення.

Дози випромінювань. Одиниці вимірювань.
Потужність дози. Види опромінення. Одиниці вимірювання потужності дози.
Поглинута доза випромінювання, експозиційна та еквівалентна.

Література

Л-1, с.48-55.

Теоретичні відомості

Мірою дії будь-якого іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти є величина поглинутої енергії випромінювання на одиницю маси опроміненої речовини.

В радіобіології розділяють три види доз випромінювання:

1. **Поглинута** (Др) – кількість енергії будь-якого виду випромінювання, що поглинається одиницею маси.

$$D_p = E/m. \text{ СІ – Дж/кг, або греї (Гр)}$$
$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$$

Позасистемна одиниця вимірювання

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}; 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Основною величиною прийнятою в дозиметрії для оцінки міри дії випромінювання є поглинута доза.

2. **Експозиційна** (Дх) або **фізична** – кількість енергії рентгенівського γ -випромінювання, що поглинається одиницею маси повітря.

В СІ одиницею експозиційної дози є кулон на кг (Кл/кг)
Позасистемною одиницею еквівалентної дози – рентген (Р)

$$1 \text{ Кл/кг} = 3.2 \times 10^5 \text{ Р}$$

3 **Еквівалентна** (Дн) або **біологічна** – характеризує оцінку дії різних видів випромінювань на організм людини.

СІ – зіверт (Зв)

Позасистемна одиниця еквівалентної дози – бер (біологічний еквівалент рентгена).

Потужність дози

У біологічному відношенні важливо мати інформацію не тільки про величину дози, одержаної опроміненим об'єктом, а й про шкідливість її опромінення, тому що однакова доза, одержана за різні проміжки часу може спричинити неоднакові ушкодження.

Для цього було введено поняття потужності дози.

Потужність дози Р – це доза випромінювання Д, віднесена до одиниці часу: $P = D/t$

Потужність дози прямо пропорційна швидкості нагромадження дози опромінення.

В СІ одиницею потужності поглинутої дози є греї за секунду (Гр./с), експозиційної дози – ампер на кілограм (А/кг), еквівалентної дози – зіверт за секунду (Зв/с). Позасистемні одиниці потужності дози: поглинутої – рад/с, експозиційної – рентген за сек (Р/с); еквівалентної – бер/с.

Залежно від потужності дози розрізняють гостре і пролонгове або хронічне опромінення. Гострим вважають короткочасне опромінення протягом не більше 4 діб, пролонговим – довгострокове опромінення протягом десятків діб, тижнів і навіть років. У першому випадку потужність дози висока (десятки, сотні греї за годину), в другому – низька (мізерні частки греї за годину).

Розрізняють також одноразове і багаторазове (фракціоноване) опромінення. При одноразовому опроміненні доза передається об'єкту опромінення протягом одного безперервного процесу, а при багаторазовому – розділяється на кілька фракцій, які чергуються з періодами, протягом яких організм не опромінюється.

Пролонговане й фракціоноване опромінення істотно відрізняється від гострого і одноразового за ефектом біологічної дії. Доза хронічного опромінення, що зумовлює однакові біологічні ефекти, може в 3-6 і більше разів перевищувати дозу гострого опромінення. Ефективність фракціонованого опромінення залежить як від кількості і тривалості фракцій, так і від інтервалу між ними. З їх збільшенням ефективність опромінення знижується, тому що в періоди між фракціями відновлюються порушені функції і структури клітин та організмів в цілому.

Зниження ефективності опромінення із зменшенням потужності дози і при її фракціонуванні підтверджує існування процесів пострадіаційного відновлення живих організмів, опромінених іонізуючою радіацією.

Фізичні властивості й характеристики іонізуючого випромінювання визначають вид радіобіологічної реакції організму на опромінення, або, як його ще називають, радіобіологічний ефект. Залежно від виду випромінювання, дози і способу опромінення можна спостерігати різні

реакції організму на променеву дію: від прискорення росту і розвитку до його загибелі.

Поняття

Доза випромінювання це величина поглинутої енергії випромінювання на одиницю маси опроміненої речовини.

Потужність дози – це доза випромінювання віднесена до одиниці часу.

? Завдання для самоконтролю

1. Скільки видів доз розрізняють в радіобіології?
2. Що таке поглинута доза випромінювання?
3. Які одиниці вимірювання поглинутої дози випромінювання?
4. Які види опромінення ви знаєте?
5. Що таке потужність дози?
6. Які одиниці вимірювання потужності ви знаєте?

2. РАДІОЕКОЛОГІЯ

2.1 Міграція радіонуклідів у повітряному середовищі

Розповсюдження радіонуклідів в атмосфері.

Осадження радіонуклідів на ґрунтово-рослинне покриття. Вертикальна міграція радіонуклідів. Утворення летючих з'єднань.

Поведінка радіонуклідів у системі ґрунт-рослини та ланцюзі корм – організм тварин – продукти тваринництва.

Надходження радіонуклідів у рослини з ґрунту. Характер надходження радіонуклідів і накопичення в окремих органах рослин.

Коефіцієнт нагромадження.

Розпад радіоактивних речовин в організмі тварин та їх виведення.

Література

Л-1, с. 108-124; Л-8, с. 214-216; 298-314.

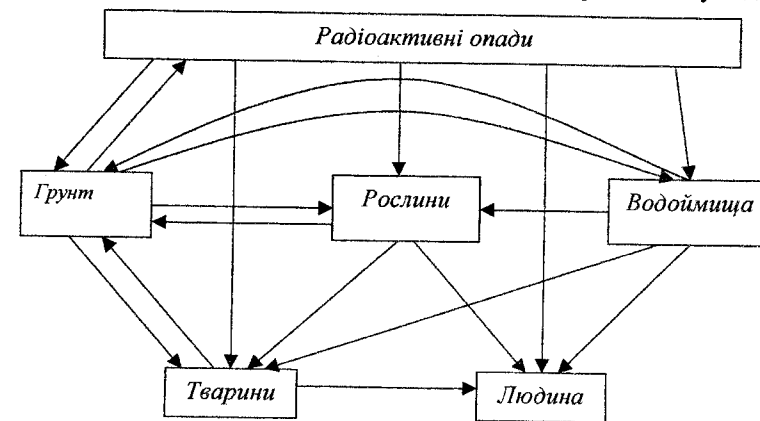
Теоретичні відомості

Радіоактивні речовини, які потрапляють в атмосферу, поступово випадають на поверхню Землі.

Надзвичайно важливу роль у поширенні радіоактивних речовин відіграють атмосферні опади і рух повітря.

Радіоактивні речовини, що випали на поверхню земної кулі, стають складовою частиною біологічних циклів природного кругообігу речовин, потрапляючи через харчові ланцюжки в людський організм.

Радіоактивні речовини, які випадають на земну поверхню концентруються на трьох головних об'єктах: ґрунті, рослинах і у водоймі.



Шляхи міграції радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища.

Радіонукліди йоду, телуру, тритію, вуглецю та інших утворюються при діленні елементів в газоподібному стані. Нукліди (ряду) деяких елементів, таких як ^3H , ^{14}C , ^{129}I можуть утворюватися в процесі міграції утворювати летючі з'єднання і переходить із ґрунту, води, рослинного покриття в атмосферу.

З поверхні ґрунту радіоактивні речовини, розчиняючись в атмосферних опадах чи поливних водах або механічно з током води, потрапляють у підземні води. Швидкість їх вертикальної міграції (углиб ґрунту) залежить від багатьох факторів і насамперед від кількості атмосферних опадів, фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей ґрунту, розчинності радіоактивних речовин. А взагалі цей процес відбувається досить повільно.

Найактивніше радіоактивні речовини поглинаються листям, (листова поглинання), суцвіттями (флоральне поглинання) та поверхневим корінням (поглинання з деревини).

В організм людини радіоактивні речовини можуть потрапляти з їжею тваринного та рослинного походження або з водою. Вважається, що головним джерелом їх є продукція тваринництва, особливо молоко та молочні продукти. Проте, за оцінками деяких дослідників, до 50% радіоактивних речовин може надходити з рослинною їжею. Частка радіоактивних речовин, що потрапляють в організм людини через органи дихання після радіоактивних опадів, незначна.

Концентрація радіоактивних речовин у процесі міграції, як правило, зменшується. Але бувають і протилежні явища. Зокрема вміст таких радіонуклідів, як ^{90}Sr або ^{137}Cs , внаслідок переходу з ґрунту в рослини у багатьох випадках може збільшуватися. У цьому разі можна говорити про нагромадження (акумуляцію) радіоактивних речовин.

Мірою акумуляції радіоактивних речовин в організмі є коефіцієнт нагромадження (КН) – показник співвідношення вмісту радіоактивних речовин в організмі і концентрації їх у навколишньому середовищі. Зокрема, коефіцієнт нагромадження радіоактивних речовин рослинами – це співвідношення кількості цих речовин в одиниці маси рослини і вмісту їх у такій самій кількості ґрунту.

Рослини навіть при повній відсутності наслідків променевого ураження можуть нагромаджувати значні кількості радіоактивних речовин, зокрема ^{90}Sr та ^{137}Cs , концентрація яких у сільськогосподарських рослинах окремих видів може у десятки разів перевищувати їх вміст у ґрунті, внаслідок чого стає неможливим використання врожаю для харчування людини або годівлі тварин. Було виявлено, що ^{90}Sr поводить себе подібно до кальцію, а ^{137}Cs – калію; що максимальна концентрація ^{90}Sr завжди у тих видів рослин і органах тварин, які багаті на кальцій (кальцієфіли – рослини родини бобових, деякі представники родин розоцвітих, жовтецевих; кісткова тканина тварин, шкаралупа яєць, черепашки молюсків), а найбільша кількість ^{137}Cs – у багатих на калій (калієфіли – картопля, буряки, капуста, кукурудза, овес, льон, виноград; м'язова тканина ссавців).

Надходження радіоактивних речовин у організм сільськогосподарських тварин відбувається через органи травлення і дихання, а також крізь шкіру.

Радіонукліди, які перейшли в кров накопичуються в органах і тканинах. Їх властивість вибірково нагромаджуватися в певних органах і тканинах. В щитовидній залозі нагромаджуються тільки радіонукліди йоду, в скелеті – нукліди Ca, Ba, Sr, Pb, F та інших елементів. Швидкість потрапляння радіонуклідів в органи набагато перевищує швидкість виведення. Радіостронцій, який ввійшов в склад гідроксилапатита мінеральної частини кісткової тканини практично не виводиться з організму. У молодих тварин обмін речовин проходить інтенсивніше і швидкість виведення радіонуклідів набагато вища. Значна частина ^{137}Cs , який поступив в організм тварин з кормами може бути виведена при забезпеченні її "чистими" кормами. В залежності від віку тварин дооткорм продовжується від 4 до 10 тижнів. Щоб отримувати молоко з якомога меншою концентрацією ^{137}Cs треба весь час кормити тварин найбільш "чистими" кормами, бажано з високим вмістом кальцію (наприклад сіно бобових). Корови, які дають молоко повинні споживати кальцію 40-80г за добу. Збагачення кормів кальцієм захищає від проникнення ^{90}Sr з органів травлення тварин у продукцію тваринництва.

? Завдання для самоконтролю

1. Як розповсюджуються радіонукліди в атмосфері?
2. Як відбувається вертикальна міграція радіонуклідів?
3. Яка поведінка радіонуклідів в системі ґрунт-рослини?
4. Що таке коефіцієнт нагромадження?
5. Як можна вивести радіоактивні речовини з організму тварин?

3. БІОЛОГІЧНА ДІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

3.1 Джерела опромінення людини

Природні джерела опромінення. Космогенні природні радіонукліди. Поодинокі природні радіонукліди. Сімейства важких природних радіоактивних елементів.

Література

Л-1, с. 101-107; Л-3, с. 67-71.

Теоретичні відомості

На живі організми в навколишньому середовищі можуть водночас діяти кілька джерел іонізуючого випромінювання, серед яких основними є:

- 1) природне випромінювання;
- 2) випромінювання внаслідок використання штучних радіонуклідів;
- 3) випромінювання від джерел, що застосовуються в медицині та побуті;
- 4) професійне опромінення.

Перші дві групи джерел стосуються опромінення всього живого, в тому числі і об'єктів сільськогосподарського виробництва, дві останні – лише людини.

Природне випромінювання є складовою частиною біосфери, екологічним фактором, який впливає на всі живі організми і створює таким чином природній радіаційний фон. Воно утворюється за рахунок трьох джерел:

- 1) космічного випромінювання;
- 2) випромінювання зовнішніх земних джерел;
- 3) випромінювання внутрішніх джерел.

У космічному випромінюванні виділяють галактичне випромінювання, яке надходить на Землю із-за меж Сонячної системи – з галактичного простору, який її оточує, а також сонячне випромінювання, що зумовлюється активністю Сонця.

Випромінювання зовнішніх земних джерел визначається радіоактивністю земної кори, води й атмосфери за рахунок природних радіоактивних елементів, передусім як ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{222}Rn , і ^{220}Rn , ^{210}Po , ^{40}K , ^{48}Ca , ^{87}Rb , ^{14}C , ^3H , ^7Be та ін.

Вміст природних радіонуклідів у різних місцях Землі варіює в широкому діапазоні. Відповідно значно змінюється і природний радіаційний фон.

Потужність дози природного фону в різних частинах нашої планети варіює у межах 1,5-15 мкР/год.

Внутрішніми джерелами випромінювання є радіонукліди, що потрапляють у рослини, а також в організми тварин та людей разом з повітрям, водою, їжею. Практично це всі вищезазначені елементи, які є зовнішніми джерелами опромінення. Але найбільше внутрішнє опромінення спричиняють ^{222}Rn , і ^{220}Rn , ^{40}K , ^{14}C , ^{87}Rb , ^{226}Ra , ^{210}Po та ін.

Виділяють три групи радіонуклідів, що містяться в земній корі :

- радіоактивні елементи, поява яких зумовлена ядерними реакціями із зарядженими частинками космічних променів, - космогенні природні радіонукліди;
- радіонукліди, походження яких не пов'язане з важкими радіоактивними елементами, - поодинокі природні радіонукліди;
- радіонукліди, що входять до радіоактивних сімейств.

Космогенні радіонукліди (^3H , ^7Be , ^{10}Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{32}P , ^{33}P , ^{35}S , ^{36}Cl) виникають унаслідок ядерних реакцій між ядрами елементів земного походження й частинками космічних променів. Оскільки в земній корі космічні промені швидко поглинаються, найбільше цих природних радіонуклідів міститься в атмосфері й верхніх шарах земної кори.

Найбільше значення як можливі дозоутворювачі мають тритій та радіовуглець.

Запаси цих основних космогенних радіонуклідів на Землі становлять: ^3H - $1,26 \cdot 10^{18}$, а ^{14}C - $1,11 \cdot 10^{19}$ Бк. Оскільки і вуглець, і водень належать до основних елементів, що входять до складу будь-яких органічних речовин, а водень є складовою молекули води, то завжди в клітинах містяться також їх радіоактивні ізотопи ^3H і ^{14}C . Із цим пов'язане внутрішнє опромінення клітин β -частинками, які виникають під час радіоактивного розпаду ядер зазначених радіонуклідів.

До **поодиноких природних радіонуклідів** належить досить багато радіоізотопів різних хімічних елементів із масовими числами від 40 до 190 (^{40}K , ^{50}V , ^{87}Rb , ^{115}In , ^{123}Te , ^{138}La , ^{142}Ce , ^{144}Nd , ^{146}Sm , ^{147}Sm , ^{148}Sm , ^{152}Gd , ^{156}Dy , ^{174}Hf , ^{176}Lu , ^{180}Ta , ^{187}Re , ^{190}Pt). Більшість елементів із такими масовими числами від 40 до 190 мають по кілька ізотопів, і деякі з них є радіоактивними. Внаслідок біогеохімічних або геохімічних перетворень елементів з указаними значеннями масових чисел їхній ізотопний склад практично не змінюється. Зрозуміло, періоди напіврозпаду поодиноких

радіонуклідів дуже великі, бо інакше за час існування Землі вони мали б практично повністю розпастися.

Найбільше значення як джерело іонізуючого випромінювання має калій. Ядра радіоактивних ізотопів ^{40}K розпадаються таким чином: 89% ядер, що зазнають радіоактивного перетворення за типом бета-розпаду, утворюють ізотопи ^{40}Ca , а решта 11% - шляхом електронного захоплення перетворюються на ^{40}Ar . За акт радіоактивного розпаду виділяється енергія 1,35 МеВ.

Питома радіоактивність природного калію доволі висока, а вміст його в будь-яких живих клітинах завжди дуже значний, бо він належить до макроелементів. Справді, масова частка калію в земній корі становить 0,026. Це означає, що середня питома активність 1 кг природних речовин, зумовлена ^{40}K , становить 822 Бк. У тваринному організмі масова частка калію в середньому становить 0,024%, що відповідає питомій активності 76 Бк/кг. Цьому значенню активності відповідає спряжений з випромінюванням потік енергії 102,6 МеВ/(кг · с).

Роль радіоактивних інших поодиноких радіонуклідів порівняно з калієм менш істотна, бо й вміст їх у клітинах незначний.

Сімейства важких природних радіоактивних елементів. Важкі природні радіоактивні елементи відрізняються від поодиноких радіонуклідів тим, що вони пов'язані між собою як продукти послідовних радіоактивних перетворень у трьох групах елементів, що дістали назву радіоактивних сімейств. Практичне значення в природі мають три радіоактивні сімейства: урану - радію, родональником якого є ^{238}U , актиноурану (^{235}U), що розпочинається від цього ізотопу урану, й торію, родоначальником якого є радіонуклід ^{232}Th .

Середні значення коефіцієнтів нагромадження важких радіоактивних елементів у рослинах здебільшого доволі низькі - порядку 10^{-3} , проте іноді спостерігаються й істотні коливання їх у межах $(0,01 \dots 60)10^{-3}$.

Уран дуже поширений у земній корі й міститься у будь-яких породах і ґрунтах. Цей елемент входить до складу мінералів і утворює рудні родовища. Звісно, в місцях неглибокого залягання рудних тіл урану вміст членів його сімейства в доквіллі підвищений. Наприклад, пегматитові жили в гранітах, яким властива підвищена концентрація урановмісних мінералів, надають місцевостям, де ці жили розташовані близько до поверхні, характеру уранових провінцій.

Масова частка урану в природних матеріалах коливається в межах порядку $10^{-7} \dots 10^{-2}$ %. Значні концентрації урану характерні для кислих магматичних порід. Дуже високий вміст урану властивий фосфорним рудам, а отже, й фосфорним добривам (активність урану у фосфорних добривах інколи перевищує 2000 Бк/кг). Тому внаслідок тривалого застосування таких добрив збільшується концентрація радіоактивних ізотопів у орних землях, а відтак, поступово зростає нагромадження деяких радіоактивних ізотопів із сімейства ^{238}U в продукції рослинництва.

? Завдання для самоконтролю

1. Які джерела опромінення людини ви знаєте?
2. Які природні джерела опромінення?
3. Які природні космогенні радіонукліди?

3.2 Озонові „дири” в атмосфері, як причина зростання інтенсивності ультрафіолетових променів.

Озоновий шар. Озонова „дира”. Фотобіологічні ефекти, які виникають під впливом ультрафіолетових променів.

Антропогенні зміни радіаційного фону.

Використання іонізуючих випромінювань у медицині. Наслідки випробувань ядерної зброї.

Атомна енергетика. Чорнобильська катастрофа.

Радіонуклідний склад забруднень після Чорнобильської катастрофи.

Категорії людей потерпілих внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Література

Л-8, с. 143-144, 308; Л-1 с. 103-107, Л-3, с.88-92.

Теоретичні відомості

Розташований в атмосфері на висоті 20-35км озоновий шар є природним захисним бар'єром від проникнення на поверхню Землі жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця з довжиною хвилі 325-400нм. Цей шар має відносно невелику товщину, він надійно захищає живу речовину біосфери від згубного впливу такої радіації. Якби не існувало озонового шару, то життя на суходолі Землі було б неможливим.

Як уперше помітили метеорологи США (М. Моліна і Ш. Роуланд), останнім часом озоновий шар атмосфери зазнає руйнування під дією деяких хімічних речовин – хлор і бромпохідних вуглецю (фреони), тетрахлориду карбону, метил хлороформу та ін.

Руйнування озонового шару спричиняють також космічна і ракетна техніка та сучасні надзвукові літаки. Викиди продуктів згоряння палива з їхніх двигунів розкладають озон до кисню та інших сполук.

Внаслідок руйнування озонового шару концентрація озону почала зменшуватися, а в деяких місцях, зокрема над Антарктидою, в ньому часто виникає “пульсівна дира”. Вміст озону в ній менший від звичайного на 40-50%. Ця “дира” чітко виявляється із серпня по жовтень (антарктична весна), а нині вона не затягується і влітку і має надзвичайно велику площу, що дорівнює площі Антарктиди. Внаслідок цього в країнах південної півкулі Землі спостерігається підвищений ультрафіолетовий

фон. Це спричинює збільшення кількості захворювань людей на рак шкіри та катаракту. Озонову “диру” виявлено і в північній півкулі над Антарктикою (Шпіцберген).

Як показали супутникові спостереження, за останні 15 років ультрафіолетове випромінювання на поверхні Землі зросло більш ніж на 10%, а в районах Антарктиди – більш ніж на 40%.

Надзвичайно великим джерелом радіоактивного забруднення є випробування ядерної зброї. Хоча останнім часом завдяки досягнутим міжнародним угодам про обмеження випробувань ядерної зброї надходження радіонуклідів у біосферу значно зменшилися порівняно з 50-60-ми роками ХХ ст., проте довгоживучі радіонукліди продовжують надходити із стратосфери на поверхню Землі. Загальновідомо, що радіоактивні опади залежно від розміру часточок і висоти їх вносу в атмосферу мають різні терміни осідання.

Велика кількість радіоактивних речовин утворюється під час вибуху атомної бомби, основою якого є саморозвиваюча ланцюгова реакція поділу ^{235}U або ^{239}Pu . Після вибуху в атмосфері атомної бомби середньої потужності (10-15Мт) близько половини утворених радіоактивних продуктів випадає в районі вибуху на земну і водну поверхні в радіусі 100км, а інші потрапляють в тропосферу й стратосферу.

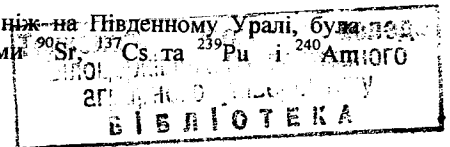
Атомна енергетика, враховуючи небезпеку ядерного випромінювання, будується за принципом замкнутого циклу, завдяки чому в навколишнє середовище потрапляє лише незначна кількість важких для уловлювання радіоактивних речовин.

26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) сталася аварія, яка за масштабами викиду з довкілля радіоактивних речовин не має аналогів у світі. Аварія була наслідком недосконалості власне конструкції реактора (РБМК – 1000) та істотних відхилень у режимі його експлуатації. Катастрофа розпочалася різким зростанням нейтронного потоку, збільшенням енерговиділення, що призвело до руйнування активної зони реактора, диспергування ядерного палива й різкого підвищення температури. При цьому утворилися суміші речовин, які спричинили потужні вибухи, що вщент зруйнували реактор, котрий повністю розгерметизувався, у зв'язку з чим розпочалося виділення радіоактивних речовин у довкілля.

Під час аварії у зруйнованому реакторі тривала ланцюгова реакція, а викиди радіонуклідів були дуже інтенсивними протягом 10 діб, поки жерло, крізь яке виривався струмінь, не було відповідним чином засипано.

Під час аварії в атмосферу було викинуто до 100% радіоактивних благородних газів, 20...50% ізотопів йоду, 12...30% ^{134}Cs , ^{137}Cs і 3...4% менш летких радіонуклідів (^{95}Zr , ^{99}Mo , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu та ін.)

Територія у десятки разів більша, ніж на Південному Уралі, була забруднена довгоживучими радіонуклідами ^{90}Sr , ^{137}Cs та ^{239}Pu і ^{240}Pu .



050/502

внаслідок найбільшої за всю історію розвитку атомної енергетики аварії на Чорнобильській АЕС.

До потерпілих унаслідок чорнобильської катастрофи належать такі категорії людей:

- ті, хто брав участь у припиненні пожежі й викидів радіоактивних речовин із жерла зруйнованого реактора. Серед цієї групи – люди, що зазнали найсильнішого опромінення; багато з них загинули від гострої променевої хвороби;
- учасники ліквідації наслідків аварії – так звані “ліквідатори”. Серед них опромінення в найбільших дозах зазнали ті, котрі працювали біля аварійного блока в перші місяці після аварії, брали участь в дезактивації прилеглої до реактора території промайданчика, засипали жерла реактора з гелікоптерів, споруджували тимчасове укриття зруйнованого енергоблоку – “саркофага” Ця група дуже численна – кілька сотень тисяч переважно зовсім молодих чоловіків. Індивідуальні еквівалентні дози могли перевищувати 500 мЗв;
- ліквідатори, які працювали і працюють зараз у так званій “зоні відчуження” (територія навколо ЧАЕС радіусом 30 км), на реакторах, тимчасових пунктах поховання й локалізації радіоактивних відходів, на дезактивації території, впорядкування доріг та гідротехнічних споруд, догляді за лісовими насадженнями тощо;
- населення, яке було евакуйоване з міста Прип’ять і “зони відчуження”. В цій групі потерпілих багато дітей, вагітних жінок і людей похилого віку;
- населення, яке проживає на територіях, забруднених радіонуклідами, й якому загрожує зростання доз опромінення.

Загальна чисельність зазначених груп перевищує 2,8 млн осіб.

? Завдання для самоконтролю

1. Для чого існує озоновий шар?
2. Від чого руйнується озоновий шар?
3. Від чого підвищується ультрафіолетовий фон?
4. Які фотобіологічні ефекти виникають під впливом ультрафіолетових променів?
5. Чим небезпечна атомна енергетика?
6. Який радіонуклідний склад забруднень Чорнобильської катастрофи?

3.3 Радіобіологічні ефекти

Радіаційна стимуляція. Морфологічні зміни. Променева хвороба. Генетичні зміни. Загибель. Близькі і віддалені наслідки радіаційного ураження.

Теоретичні відомості

Високо енергетичне іонізуюче випромінювання має властивості розривати не тільки зв’язки між електроном і ядром, а й будь-які хімічні зв’язки в молекулах і спричиняють тривалі реакції в клітинах.

Внаслідок цього загальний об’єм молекулярних ушкоджень порівняно з початковим збільшується в сотні і тисячі разів, що призводить до ослаблення контролю над окремими процесами, порушення систем обміну речовин і, в решті решт до різних біологічних ефектів.

Радіобіологічний ефект – це реакція живого організму на дію іонізуючого випромінювання, що характеризується зміною деяких його ознак та властивостей.

Два класи радіобіологічних ефектів:

- 1) соматичні радіобіологічні ефекти – це зміни, що відбуваються в організмі протягом його періоду індивідуального розвитку;
- 2) генетичні ушкодження, що передаються нащадкам, тобто реалізуються в наступних поколіннях (або мутагені), утворюють самостійний клас.

Мутація – це порушення, що виникають у спадковому матеріалі і призводять до зміни окремих ознак організму або навіть до виникнення нових ознак.

Соматичні радіобіологічні ефекти розрізняються на 5 основних типів:

1. Радіаційна стимуляція – це прискорення росту та розвитку організму при дії на нього іонізуючого випромінювання в дозах в десятки, а іноді і сотні разів нижчих за ті, що спричиняють гальмування цих процесів.

Стимулюючі дози гамма-опромінення для насіння пшениці 5-8гр, для проростків пшениці - 1,0-1,5 Гр.

2. Морфологічні зміни – це зміни під впливом іонізуючого випромінювання зовнішнього вигляду організму, окремих його органів, анатомічної структури – ознак, що відрізняють його від батьківської форми.

Відхилення від норм, потворства, химерність існує лише в поколінні опромінених організмів.

Насамперед вражаються зародки, клітини тканин живих організмів, що перебувають у стані поділу (росту).

- 3) Променева хвороба.
- 4) Прискорення старіння, що призводить до скорочення тривалості життя.
- 5) Загибель.

Променева хвороба – це захворювання, що виникає при дії іонізуючих випромінювань на живий організм і характеризується окремим комплексом ознак свого прояву.

Розрізняють гостру й хронічну форми променевої хвороби.

Гостра променева хвороба виникає звичайно при одноразовому загальному опроміненні.

Хронічна променева хвороба – форма променевого ураження, що розвивається внаслідок тривалого опромінення організму малими дозами загального опромінення або від радіоактивних речовин, що потрапили всередину.

Залежно від часу прояву після опромінення радіобіологічні ефекти поділяють на близькі та віддалені. До близьких ефектів належать ті, які виявляються в перші години, дні, тижні, місяці після опромінення. Віддалені наслідки реєструються у більш пізні строки. До близьких наслідків радіаційного ураження відносять радіаційну стимуляцію, яка виявляється одразу після опромінення; більшість морфологічних змін у тканинах і окремих органах, що виникають протягом перших днів, тижнів після радіаційного періоду; гостру променеву хворобу всіх ступенів тяжкості, що розвивається протягом 1-1,5 місяця, і загибель.

Віддаленими наслідками радіаційного ураження ссавців вважають такі морфологічні зміни, як злоякісні новоутворення – лейкози, ракові пухлини. Типовим віддаленим наслідком морфологічної природи є променева катаракта. До них відносять також нефросклероз - хворобу, що виникає внаслідок морфологічного переродження тканин і судин нирок при ураженні їх радіоактивними речовинами при їх виведенні з організму. Всі ці ефекти природи виявляються, як правило, через багато місяців або кілька років після опромінення.

Віддаленим наслідком радіаційного ураження вважається один із найбільш спільних для усіх організмів ефект опромінення – скорочення тривалості життя і прискорення старіння, що реалізується, як правило, в останні періоди життя.

До найвіддаленіших наслідків опромінення як у тварин так і в рослин відносять генетичні ефекти.

Віддалені наслідки променевого ураження мають вірогідний, або випадковий характер.

Поняття

Променева хвороба – це захворювання, що виникає при дії іонізуючих випромінювань на живий організм і характеризується окремим комплексом ознак свого прояву.

? Завдання для самоконтролю

1. Коли виникає радіаційна стимуляція?
2. Які класи радіобіологічних ефектів ви знаєте?

3. На які типи поділяються соматичні радіобіологічні ефекти?
4. В чому суть морфологічних змін?
5. Які існують форми променевої хвороби?

4. НОРМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

4.1 Основні дозові межі опромінення та допустимі рівні

Норми радіаційної безпеки та їх дотримання.

Категорії опромінених осіб та групи критичних органів.

Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами.

Основні принципи захисту при роботі із закритими та відкритими джерелами випромінювання.

Групи радіотоксичності.

Література

Л-1, с. 234-244

Теоретичні відомості

Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами (ОСП-72/87) і норми радіаційної безпеки (НРБ – 76/87) встановлюють основні вимоги до радіаційної безпеки і поширюються на підприємства і заклади всіх міністерств та відомств, які виробляють, обробляють, використовують, зберігають, транспортують природні та штучні радіоактивні речовини, інші джерела випромінювання, а також переробляють і знешкоджують радіоактивні відходи.

У НРБ-76/87 відображені гранично допустимі дози зовнішнього опромінення і гранично допустимі кількості надходження радіонуклідів в організм людини, які створюють внутрішні опромінення.

При встановленні дозових границь НКРЗ (Національна комісія з радіаційного захисту) виходила з необхідності додержання принципу, згідно з яким вся система обмежень у радіаційному захисті ставить за мету запобігти виникненню шкідливих нестохастичних ефектів у професійних працівників і обмежити можливість стохастичних ефектів в інших категоріях опромінюваних осіб та їх нащадків до найнижчого (лімітованого) рівня.

Згідно з прийнятим МКРЗ (Міжнародною комісією з радіоактивного захисту) положенням, у випадку професійного опромінення ризик не повинен перевищувати характерного для виробництва з низьким ступенем безпеки робіт – $1 \cdot 10^{-4}$, тобто одного випадку на 10000 чоловік на рік.

Для окремих осіб прийнятим вважається ризик стохастичних ефектів (ракові пухлини, генетичні зміни) опромінення в діапазоні $1 \cdot 10^{-6}$ -

$1 \cdot 10^{-5}$ на рік становить не більш як 0,1% ризику, прийнятого для професіоналів.

Залежно від можливих наслідків впливу іонізуючих випромінювань на організм НРБ-76/87 встановлено три категорії опромінюваних осіб:

- категорія А – професійні робітники, які працюють безпосередньо з джерелами іонізуючого випромінювання. Загальна чисельність яких не повинна перевищувати 1% населення країни;
- категорія Б – обмежена частина населення – особи, що проживають на території так званих зон спостереження. Кількість осіб категорії Б не повинна перевищувати 3% населення;
- категорія В – решта населення області, країни.

Критичні органи – це життєво важливі органи або системи організму, які першими ушкоджуються і виходять з ладу при опроміненні іонізуючим випромінюванням, що зумовлює всі радіобіологічні ефекти, аж до загибелі організму.

Відносно зменшення радіочутливості встановлено три групи критичних органів: I – весь організм, гонада, червоний кістковий мозок; II – м'язи, щитовидна залоза, легені, печінка, селезінка, кишки, кристалик ока та інші органи, не віднесені до I і III груп; III – кісткова тканина, шкірний покрив, кисті, передпліччя, стопи.

Дозові границі зовнішнього і внутрішнього опромінення, мЗв/рік (бер/рік)

Дозові границі за рік	Група критичних органів		
	I	II	III
Гранично допустима доза для осіб категорії А	50(5)	150(15)	300(30)
Границя дози для осіб категорії Б	5(0,5)	15(1,5)	30(3)

За ОСП – 72/87 всі радіонукліди як потенціальні джерела внутрішнього опромінення умовно поділяють на 4 групи радіотоксичності:

Група А – радіонукліди особливо високої радіотоксичності, допустима активність яких на робочому місці до $3,7 \cdot 10^3$ Бк. До цієї групи належить 39 ізотопів, у тому числі ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{239}Pu , ^{241}Am та інші трансуранові елементи.

Група Б – радіонукліди високої радіотоксичності, допустима активність яких на робочому місці $3,7 \cdot 10^4$ Бк. Таких елементів 23, у тому числі ^{90}Sr , ^{131}I , ^{106}Ru , ^{223}Ra , ^{227}Ra та ін.;

Група В – радіонукліди середньої радіотоксичності, допустима активність яких на робочому місці $3,7 \cdot 10^5$ Бк. До цієї групи належать 162 ізотопи, у тому числі ^{24}Na , ^{32}P , ^{35}S , ^{42}K , ^{56}Mn , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{144}Ce ;

Група Г – радіонукліди малої радіотоксичності, допустима активність яких на робочому місці $3,7 \cdot 10^6$ Бк. До цієї групи належать ^3H , ^{14}C , ^{33}P , ^{64}Cu , ^{197}Pt і ще 40 ізотопів.

Основні принципи захисту при роботі із закритими і відкритими джерелами опромінення:

- 1) часом (скорочення часу роботи з джерелами);
- 2) кількістю (зменшення потужності джерела або активності радіоактивної речовини на робочому місці);
- 3) екранами (екранування джерел матеріалами, які поглинають іонізуюче випромінювання);
- 4) відстанню (збільшення відстані від джерела до найбільш можливої).

! Увага

Норми радіаційної безпеки та дотримання викладені в НРБ – 76/87. Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами – в ОСП 72/87.

☞ Поняття

Критичні органи – це життєво важливі органи або системи організму, які першими ушкоджуються і виходять з ладу при опроміненні іонізуючим випромінюванням, що зумовлює всі радіобіологічні ефекти, аж до загибелі організму.

? Завдання для самоконтролю

1. Які основні принципи радіаційної безпеки?
2. Які є категорії опромінених осіб?
3. Які ви знаєте групи критичних органів?
4. Які основні принципи захисту при роботі з джерелами випромінювання?
5. Скільки і які є групи радіотоксичності радіотоксичних речовин?

4.2 Вимоги до пристроїв, обладнання, організації робіт у радіологічній лабораторії.

Типи радіологічних лабораторій. Основні класи робіт. Збір, видалення і знешкодження твердих і рідких радіоактивних відходів.

Дезактивація робочих приміщень і обладнання лабораторії. Індивідуальний захист та особиста гігієна при роботі з радіоактивними речовинами.

Практичне заняття 1,2

Ознайомлення з обладнанням, пристроями, організацією робіт радіологічної лабораторії молокозаводу та м'ясокомбінату.

📖 Література

Л-1, с. 244-254.

📖 Теоретичні відомості

Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань (ОСП-72/87) регламентують три класи робіт з радіоактивними речовинами. Клас робіт визначається кількістю радіоактивної речовини на робочому місці, яка залежить від радіотоксичності того чи іншого радіонукліда.

Чим вище клас робіт, тим суворіші вимоги до розміщення і обладнання приміщень лабораторій, у яких проводяться роботи з відкритими джерелами опромінення. На дверях в приміщення – “Обережно! Радіоактивність”.

Класи робіт залежно від групи радіотоксичності ізотопу

Група радіотоксичності	Мінімально значуща активність, Бк	Активність на робочому місці, Бк		
		Клас робіт		
		I	II	III
A	$3,7 \cdot 10^3$	Понад $3,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^2 - 3,7 \cdot 10^4$
B	$3,7 \cdot 10^4$	Понад $3,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^5 - 3,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^3 - 3,7 \cdot 10^5$
B	$3,7 \cdot 10^5$	Понад $3,7 \cdot 10^{10}$	$3,7 \cdot 10^6 - 3,7 \cdot 10^{10}$	$3,7 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^6$
Г	$3,7 \cdot 10^6$	Понад $3,7 \cdot 10^{11}$	$3,7 \cdot 10^7 - 3,7 \cdot 10^{11}$	$3,7 \cdot 10^5 - 3,7 \cdot 10^7$

Приміщення лабораторій для робіт I класу розміщують в окремій будівлі або ізольованій її частині з окремим входом тільки через санітарний пропускник. У цьому приміщенні обладнують бокси, камери та інше герметичне обладнання. Приміщення лабораторії поділяють на три зони.

Приміщення лабораторії для робіт II класу розміщують в окремій частині будівлі ізольовано від інших приміщень.

Роботи III класу виконують в окремих приміщеннях (кімнатах), обладнаних відповідно до вимог, що ставляться до хімічних лабораторій. У них виділяють приміщення (місця) для зберігання і фасування розчинів. Рекомендується обладнання душової. Роботи, пов'язані з можливим радіаційним забрудненням повітря (операції з порошками випарювання розчинів, робота з леткими речовинами, тощо), треба проводити у витяжних шафах. Шафи і робочі столи накривають слабкосорбуючими матеріалами.

Рідкі радіоактивні відходи за питомою активністю поділяють на слабоактивні – нижче $3,7 \cdot 10^6$ Бк/л; середньоактивні – від $3,7 \cdot 10^6$ Бк/л до $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л; високоактивні – $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л і вище.

Тверді радіоактивні відходи вважаються радіоактивними, якщо питома активність їх понад $1 \cdot 10^4$ Бк/кг для джерел альфа-випромінювання (для трансуранових елементів 370 Бк/кг); $7,4 \cdot 10^3$ Бк/кг для джерел бета-

випромінювання і $1 \cdot 10^7$ г-екв. радію на кілограм для джерел гамма-випромінювання, якщо потужність дози гамма-випромінювання щільно до поверхні перевищує $0,3$ мР/год.

Якщо рідкі радіоактивні відходи за активністю незначні, їх можна розвести водою і злити у комунальну побутову каналізацію.

Тверді і рідкі РВ, які підлягають захороненню і мають короткоживучі нукліди з періодом напіврозпаду менш як 15 діб витримують протягом певного часу, що забезпечує зниження питомої активності до значення відповідної норми (^{24}Na – 15 годин, ^{131}I – 8 діб).

Потім тверді відходи викидають із звичайним сміттям, а рідкі в каналізацію.

Раз в рік комісія перевіряє правильність ведення обліку кількості радіоактивних відходів переданих на зберігання, захоронення і які є.

Дезактивація робочих приміщень та обладнання лабораторії

В усіх приміщеннях лабораторії щодня здійснюють вологе прибирання з миттям підлоги, столів, дверей, вікон, зовнішніх поверхонь, обладнання.

Сухе прибирання приміщень забороняється.

Як мийні засоби можуть бути використані такі розчини для дезактивації:

- 1) порошок “Новость” – 10; соляна кислота (питома маса 1,18) – 40; гексаметафосфат натрію – 4; вода до 1л;
- 2) лимонна кислота – 10, води до 1 л;
- 3) шавелева кислота – 20, води до 1л.

Особи, які працюють з відкритими радіоактивними джерелами, забезпечуються засобами індивідуального захисту (халатами, шапочками, рукавицями, пластиковими рукавниками, фартухами), а при ліквідації аварій – напівхалатами, напівкомбінезонами, пневмокостюмами і додатковим спецвзуттям (гумовими чоботами, пластиковими слідами, бахілами); при роботі з радіоактивними газами, аерозолями, порошками – фільтруючими засобами захисту органів дихання (респіраторами “Лепесток”, “Снежок”, протигазами); для захисту очей використовують окуляри або щитки з оргскла.

У приміщенні для роботи з відкритими радіоактивними речовинами забороняється:

- перебування співробітників без необхідних засобів індивідуального захисту;
- зберігання харчових продуктів, тютюнових виробів, косметики, домашнього одягу;
- приймання їжі, паління, користування косметикою;
- набирати розчин у піпетку ротом. Усі маніпуляції з піпеткою здійснюють за допомогою гумової груші або використовують автоматичні піпетки із змінним наконечником.

! Увага

Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань (ОСП-72/87) регламентують три класи робіт з радіоактивними речовинами. Клас робіт визначається кількістю радіоактивної речовини на робочому місці, яка залежить від радіотоксичності того чи іншого радіонукліда.

? Завдання для самоконтролю

1. Яка класифікація радіологічних лабораторій залежно від виду виконуваних робіт?
2. Які основні вимоги до розміщення і обладнання радіологічних лабораторій?
3. Яка класифікація радіоактивних відходів?
4. В чому полягають особливості збирання, ліквідації та знешкодження радіологічних відходів?
5. Як проводиться дезактивація робочих приміщень та обладнання радіологічних лабораторій?
6. Які індивідуальні засоби захисту при роботі з радіоактивними речовинами використовуються?

5. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

5.1. Методи реєстрації іонізуючих випромінювань. Детектори.

Методи реєстрації: іонізаційний, сцинтиляційний, люмінесцентний, фотографічний та хімічний.

Детектори. Іонізаційні камери: їх будова та принцип роботи.

Газорозрядні, хімічні та фотографічні детектори, їх будова та принцип роботи.

Застосування газорозрядних лічильників, будова та принцип дії, відмінність від іонізаційних камер.

Сутність та переваги хімічних детекторів, їх види.

Фотографічні детектори, їх будова, особливості вимірювань.

Література

Л-1, с. 191-199.

Теоретичні відомості

Методи реєстрації іонізуючого випромінювання ґрунтуються на первинних і вторинних ефектах їх взаємодії з речовиною. До первинних ефектів належать іонізація і збудження атомів і молекул, до вторинних

зміна фізико-хімічних властивостей речовин. Взаємодія випромінювання з речовиною відбувається в детекторах або лічильниках ядерних випромінювань, в яких енергія випромінювання перетворюється в інші види енергії (іонізаційний струм, кванти світла, тощо), зручні для аналізу та реєстрації відповідною вимірювальною апаратурою.

Розрізняють іонізаційний, сцинтиляційний, люмінесцентний, фотографічний та хімічний методи детектування ядерних випромінювань. Ці методи лягли в основу роботи детекторів ядерних випромінювань, які призначені для вирішення різних завдань – від простого виявлення випромінювань до ідентифікації типів випромінювань та виміру параметрів ядерних частинок.

Іонізаційний метод ґрунтується на іонізації діелектриків – повітря, газу, твердих речовин (напівпровідників) під дією випромінювань з утворенням позитивно і негативно заряджених іонів.

Утворені в обмеженому об'ємі лічильника ядерних випромінювань, який знаходиться під напругою, іони набувають спрямованого руху, створюючи іонізаційний струм. Вимірюючи силу струму, оцінюють кількість (дозу) випромінювання; визначаючи імпульси струму, роблять висновки про інтенсивність випромінювання.

Як детектори для знаходження та вимірювання іонізацій звичайно використовують іонізаційні камери, пропорційні лічильники Гейгера – Мюллера та напівпровідникові лічильники. Можливості використання цього типу детекторів визначаються їх робочими характеристиками і цілями досліджень.

Сцинтиляційний метод полягає в реєстрації спалахів світла – сцинтиляцій, які виникають при збудженні атомів деяких речовин (сцинтиляторів) при проходженні крізь них випромінювань.

Люмінесцентний метод ґрунтується на ефектах люмінесценції, що виникають у деяких твердих речовинах – люмінофорах, кристали яких активовані іонами срібла, талію або марганцю для утворення центрів люмінесценції або пасток електронів.

При поглинанні люмінофорами енергії іонізуючого випромінювання з'являються вільні електрони, які уловлюються центрами люмінесценції. Цей процес називається **запасанням світлосуми**. Звільнення електронів з пасток відбувається при нагріванні люмінофора до температури близько 400°C (термолюмінесценція) або при опроміненні їх ультрафіолетовими променями (фотолюмінесценція). Звільнені з пасток електрони рекомбінують з дірками на центрах люмінесценції з виділенням надлишкової енергії у вигляді холодного світіння – люмінесценції. Інтенсивність світлового потоку, що знаходиться в прямій залежності від суми центрів люмінесценції, вимірюється і реєструється. За принципами цього методу працюють термо- і фоторадіолюмінесцентні детектори.

Фотографічний метод пов'язаний із здатністю іонізуючого випромінювання зумовлювати фотохімічні зміни в мікрочастинках світлочутливих солей.

Наприклад, бромного світла, що приводять до утворення прихованих центрів зображення в фотографічних емульсіях. Під час проявлення фотоматеріалів іони срібла (Ag^+), з яких складаються центри прихованого фотографічного зображення, відновлюються в металічне срібло (Ag), і спричинюють почорніння фотоемульсії. Ступінь почорніння фотоемульсії пропорційний поглинутій енергії випромінювання.

Цей метод широко застосовується в ядерній фізиці для вивчення взаємодії випромінювання з атомами різних речовин, в наукових дослідженнях (метод макро- і мікро авторадіографії), в дозиметрії для визначення дози опромінення за допомогою фотодозиметрів. За принципами цього методу працюють фотографічні детектори.

Хімічний метод полягає у вимірюванні виходу продуктів радіаційно-хімічних реакцій, що відбуваються в рідких або твердих хімічних системах під дією іонізуючого випромінювання.

Відомо багато різних хімічних речовин, які змінюють інтенсивність свого забарвлення або колір внаслідок окислювальних або відновлюваних реакцій, що можна порівняти із ступенем або щільністю іонізації цих речовин. Цей метод використовують для реєстрації і вимірювання значних рівнів радіаційних впливів з використанням хімічних детекторів.

Хімічні методи дозиметрії значно поступаються за чутливістю іонізаційним, сцинтиляційним, люмінесцентним і фотографічним. Він використовується при реєстрації значних рівнів радіації, крім того, для реєстрації показань витрачається значний час.

Отже, принцип роботи детектора значною мірою визначається характером ефекту взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, а детектування цього випромінювання пов'язане з вимірюванням величини цього ефекту.

Пропорційний газорозрядний лічильник.

Робоча камера заповнюється газом метаном, або суміш метану й аргону, а також іншими інертними газами. Напругу в іонізаційній камері становить 360-750 В.

При цьому імпульс струму, який надходить на анод, значно більший, ніж імпульс, який виникає в режимі роботи іонізаційної камери, тому його легко зареєструвати.

Ці лічильники використовують для вимірювання низькоенергетичних випромінювань, або низьких концентрацій радіоактивних газоподібних речовин.

Конструкції газорозрядних лічильників бувають 2 типів:

- циліндричні;
- торцеві.

Ці лічильники реєструють α -частинки та β -частинки.

В газорозрядному лічильнику Гейгера-Мюллера напругу підвищують до 750-900В. Іонізаційну камеру наповнюють інертним газом при зниженому тиску (15-75 гПа). Здебільшого використовують для реєстрації β -випромінювань малих, середніх і великих енергій.

! Увага

Взаємодія випромінювання з речовиною відбувається в детекторах або лічильниках ядерних випромінювань, в яких енергія випромінювання перетворюється в інші види енергії (іонізаційний струм, кванти світла, тощо), зручні для аналізу та реєстрації відповідною вимірювальною апаратурою.

☞ Поняття

Іонізаційний метод ґрунтується на іонізації діелектриків – повітря, газу, твердих речовин (напівпровідників) під дією випромінювань з утворенням позитивно і негативно заряджених іонів.

? Завдання для самоконтролю

1. На чому ґрунтуються методи реєстрації іонізуючого випромінювання?
2. Які ви знаєте методи реєстрації іонізуючих випромінювань.
3. На чому ґрунтується іонізаційний метод детектування?
4. На чому ґрунтується люмінесцентний метод детектування?
5. З чим пов'язаний фотографічний метод реєстрації іонізуючих випромінювань?
6. В чому полягає хімічний метод детектування?
7. Чим відрізняються газорозрядні лічильники від іонізаційних камер?

5.2. Особливості конструкції та принцип дії сцинтиляційного лічильника

Характеристика сцинтиляторів.

Особливості конструкцій, будова та принцип дії сцинтиляційних лічильників.

Практичне заняття 3

Конструкція неорганічних та органічних сцинтиляторів, їх основні параметри, властивості, характеристики. Застосування сцинтиляторів.

📖 Література

Л-1, с. 199-201.

📖 Теоретичні відомості

В загальному вигляді сцинтиляційний детектор складається з сцинтилятора, світловода і фотоелектронного множника (ФЕМ).

За складом розрізняють органічні та неорганічні, а за агрегатним станом – тверді, пластичні і рідкі сцинтилятори.

Як тверді неорганічні сцинтилятори для виявлення і вимірювання α -випромінювань використовують порошок сульфіду цинку (кадмію), активований сріблом – ZnS(Ag). Для спектрометрії γ -випромінювань застосовують монокристали йодиду цезію, активовані талієм CsI(Tl). Для реєстрації γ -випромінювань та їх спектрометрії широко використовують і монокристали NaI (TI), які для захисту від вологи вміщують у контейнер. Кристали LiF(Tl) використовують для вимірювання теплових нейтронів. Загальним недоліком твердих неорганічних сцинтиляторів є їх відносно тривалий час висвічування – “мертвий час” (10^{-6} с).

Тверді органічні сцинтилятори(переважно монокристали антрацену ($C_{14}H_{10}$) та стиبلену ($C_{14}H_{12}$), а також пластичні, наприклад пара-терфеніл в полістиролі), застосовують для детектування β -частинок. Вони малочутливі до γ -випромінювання і мають короткий “мертвий час” – 10^{-9} с.

Рідкі сцинтилятори, наприклад розчин пара-терфенілу в ксилолі чи толуолі; 2,5-дефенілоксазол (позначають PPO); 1,4-біс-2 (5-феніоксазол) - бензол (POPOP); п-квартефеніл, ді- або тетрафенілбутадієн, мають ту перевагу, що вимірювані речовини можуть бути безпосередньо розчинені в них, що дає змогу вимірювати низькоенергетичне β -випромінювання тритію і вуглецю без втрат на самопоглинання.

При потраплянні в сцинтилятор високоенергетичної частинки або кванта виникає світловий спалах – сцинтиляція. Фотони світлового спалаху через світловод потрапляють на фотокатод, який складається з солей сурми і цезію або вісмуту, срібла і цезію, нанесених напilenням на внутрішню поверхню колби ФЕМ, і внаслідок фотоэффекту зумовлюють появу всередині ФЕМ фотоелектронів.

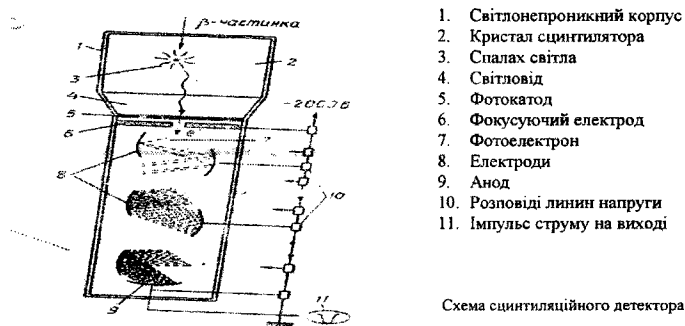


Схема сцинтиляційного детектора

Електрон, утворений у фотокатоді, через фокусуючий електрод рухається до першого електрода ФЕМ, прискорюється його електричним полем і вибиває з діода кілька вторинних електронів.

За допомогою розміщених послідовно електродів (десяти і більше) при різниці потенціалів між ними близько 100-200В кількість вторинних електронів, що надійшла на анод ФЕМ, досягає 10^6 - 10^9 і може бути зареєстрована звичайними електронними приладами. Амплітуда імпульсу напруги на аноді ФЕМ звичайно дорівнює кільком десятим вольтів і за певних умов пропорційна енергії випромінювання. Тому сцинтиляційні детектори дають змогу визначити як число частинок (кількість імпульсів струму), так і енергію їх (амплітуду імпульсу струму).

Гамма-кванти виявляються після їх взаємодії з атомами сцинтилятора за вторинними зарядженими частинками – високоенергетичними електронами фото- і комптон-ефекту.

Сцинтиляційні детектори порівняно з іонізаційною камерою мають такі переваги:

- 1) високу ефективність лічби γ -квантів (від 70 до 98%), яка залежить від енергії γ -квантів і типу використаного сцинтилятора;
- 2) короткий час висвічування сцинтилятора (10^{-6} – 10^{-9} с), що забезпечує високу роздільну здатність в часі сцинтиляційних лічильників. Тому можна вимірювати високоактивні проби і радіонукліди з коротким періодом напіврозпаду;
- 3) чутливість детекторів дещо вища за чутливість лічильників Гейгера-Мюллера.

! Увага

Сцинтиляційні детектори порівняно з іонізаційною камерою мають такі переваги:

- 1) високу ефективність лічби γ -квантів;
- 2) короткий час висвічування сцинтилятора;
- 3) порівняно вища чутливість детекторів.

Поняття

Сцинтиляційний метод полягає в реєстрації спалахів світла – сцинтиляцій, які виникають при збудженні атомів деяких речовин (сцинтиляторів) при проходженні крізь них випромінювань.

? Завдання для самоконтролю

1. В чому полягає сцинтиляційний метод детектування?
2. Як розрізняються сцинтилятори?
3. З чого складається сцинтиляційний детектор?
4. Який принцип дії сцинтиляційних лічильників?
5. Яка конструкція неорганічних сцинтиляторів?
6. Яка конструкція органічних сцинтиляторів?
7. Яке застосування сцинтиляторів.?

6. ПРИЛАДИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ. ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ

6.1 Класифікація приладів радіаційного контролю

Класифікація приладів радіаційного контролю за призначенням, за видами випромінювань, які реєструються, за видами доз, що реєструються за діапазонами, типом детекторів. Радіометри СРП-68-01, СРП-88, їх призначення, будова підготовка до роботи, правила роботи з приладами та принципи їх дії.

Література

Л-1, 201-207

Теоретичні відомості

Дозиметричні прилади умовно поділяють на 4 групи: дозиметри, рентгенометри, радіометри і гамма-спектрометри.

Дозиметри – прилади, призначені для визначення індивідуальної дози зовнішнього опромінення. Шкала цих приладів відградуєвана в рентгенах (Р, мР) або в берах (бер).

Для індивідуального дозиметричного контролю (ІДК) використовують прилади, які відрізняються один від одного експлуатаційними параметрами, принципом будови, конструкційним виконанням. Вони призначені для вимірювання експозиційної, поглинутої, або еквівалентної дози одержаної людиною за час перебування її в полі іонізуючого випромінювання. Сумарна доза, що реєструється індивідуальним дозиметром складається з доз, отриманих за послідовні проміжки часу. Індивідуальні дозиметри дають змогу оцінювати радіаційний вплив, у який потрапила людина за робочий день, місяць, рік.

Серед приладів індивідуального дозиметричного контролю широко застосовують конденсаторні іонізаційні камери, люмінесцентні і фото дозиметри, а рідше – хімічні дозиметри.

Рентгенометри – прилади для визначення потужності дози фотонного випромінювання. Шкала цих приладів відградуєвана в одиницях потужності експозиційної дози (Р/год), мР/год, мкР/год або в одиницях еквівалентної дози фотонного випромінювання (мЗв/год, мкЗв/год).

Загальний контроль зовнішнього фотонного випромінювання або рівня гамма-фону здійснюють вимірюваннями дози гамма- і рентгенівського

випромінювання за допомогою рентгенометрів СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-06-Т, ДКС-04, МКС-01-Р, а також виготовлених для населення

приладів “Прип’ять”, “Белла”, “Рось”, “Мастер” та ін. Офіційною є інформація, одержана за допомогою так званих професійних приладів – ДБГ-06-Т, СРП-68-01, СРТ-88, ДКС-04.

Потужність дози гамма-випромінювання по суті є швидкістю нагромадження дози. Знаючи час, протягом якого в полі діє фотонне випромінювання можна визначити поглинуту й еквівалентну дози від цього виду випромінювання.

Рентгенометри використовують не тільки для оцінки рівня гамма-фону, а й для контролю захисту при роботі з закритими та відкритими джерелами випромінювання, для оперативної оцінки щільності забруднення території гамма-випромінюючими радіонуклідами, визначення їх концентрації в об’єктах навколишнього середовища і організмах людини і тварин.

Рентгенометри називають також приладами загального, а дозиметри – індивідуального дозиметричного контролю.

Радіометри – прилади для реєстрації інтенсивності потоку корпускулярного випромінювання. За кількістю альфа- чи бета-частинок, зареєстрованих детектором, визначають концентрацію (питому активність) радіонуклідів. Шкала цих приладів відградуєвана в імпульсах струму або розпаду (імп, імп/хв, (розп / (хв · см²)).

Гамма-спектрометри – прилади для визначення енергетичних спектрів гамма-квантів або ізотопного складу гамма-випромінювальних радіонуклідів. Сучасні гамма-спектрометри, або аналізатори імпульсів струму, в яких гамма-кванти проходять крізь напівпровідниковий чи сцинтиляційний детектор, оснащені діалого-обчислювальними комплексами і цифродрукуючими пристроями. Це дає змогу автоматизувати процеси обробки одержуваних даних. Робота на приладах цього типу потребує їх програмного забезпечення і спеціальної підготовки оператора.

За будовою дозиметричні прилади різного призначення мають багато спільного. Вони складаються з лічильника ядерних випромінювань, підсилювача і нормалізатора імпульсів струму або перетворювального, вимірювального або вихідного пристроїв і джерела живлення.



Схема дозиметричних приладів

Як лічильники ядерних випромінювань використовують іонізаційні камери, пропорційні і газорозрядні детектори, сцинтилятори і напівпровідники. Для зменшення впливу радіаційного фону на результати вимірювань, одержаних за допомогою радіометрів, детектори вміщують у свинцевий захист у вигляді спеціальних будиночків або блоків.

Для підсилення і нормалізації струму застосовують трансформатори, електронні лампи та інші пристрої.

Вихідними пристроями приладів є електромеханічні лічильники, стрілкові прилади (амперметри), декатрони, рідкі кристали, що видають цифрову інформацію, електронно-променеві трубки. Багато приладів оснащені звуковою сигналізацією, яка спрацьовує при заданому граничному рівні.

Джерелом живлення переносних вимірювальних приладів можуть бути сухі елементи (акумулятори), а стаціонарних – електрична мережа.

Іноді дозиметричні й радіометричні прилади комплектують змінними блоками детектування і вони стають універсальними – призначеними для вимірювання дози і потужності фотон нового випромінювання, визначення ступеня забруднення поверхні бета- й альфа-частинками, густини потоку швидких і теплових нейтронів.

Прилад СРП-68-01 ("Поиск"), як і його модифікований аналог СРП-88, є універсальним пошуковим. Він дає змогу вимірювати інтенсивність потоку гамма-квантів в діапазоні $0-10000\text{ с}^{-1}$ і потужності експозиційної дози в межах $0-3000\text{ мкР/год}$.

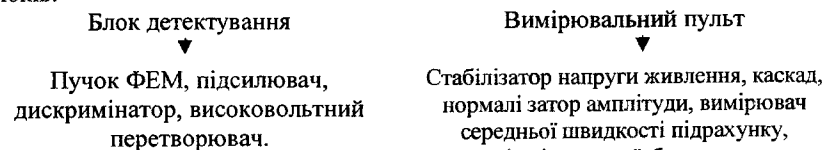
Діапазон вимірювання гамма-квантів має піддіапазони: $0-100$, $0-300$, $0-1000$, $0-3000$, $0-10000\text{ с}^{-1}$ (верхня чорна шкала приладу). Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози поділений на піддіапазони: $0-30$, $0-100$, $0-300$, $0-1000$, $0-3000\text{ мкР/год}$ (нижня червона шкала приладу).

Тривалість встановлення робочого режиму не перевищує 1 хв з моменту ввімкнення приладу. Комплект живлення складається з 9

елементів типу 343. Час безперервної роботи становить 8 год, при зберіганні основної похибки вимірювання в межах 20%.

СРП-68-01 після аварії на Чорнобильській АЕС використовували для оцінки рівня гамма-фону, експертного визначення питомої активності води, ґрунту, продуктів рослинного і тваринного походження, сировини, а також для прижиттєвого визначення концентрації радіонуклідів цезію в організмі тварин, призначених для забою.

Конструктивно прилади СРП-68-01 виконані в вигляді 2 блоків:



Корпус блоків детектування являє собою циліндр, всередині якого знаходиться шасі з елементами електричної схеми. В передній частині блоку детектування розміщений ФЕМ і кристал NaJ(TL).

На панелі корпусу закріплені: вимірювальний стрілковий прилад; органи управління; нерухома плата з дозуючими конденсаторами; відкладна плата, на якій розміщені стабілізатор-напруги, нормалізатор амплітуди, вимірювач середньої швидкості лічби і частина допоміжних приладів. Кріплення панелі до кожуху здійснюється за допомогою гвинтів до петель яких прикріплюються паски, щоб несити прилад.

Робота приладу базується на перетворенні фізичної інформації в електричні сигнали з наступним вимірюванням їх параметрів. Функцію перетворювача виконує сцинтиляційний детектор NaJ(Tl). Послідовність вимірювання імпульсів поступає на інтегруючий лінійний вимірювач середньої частоти, покази якого виводяться на стрілковий пристрій, шкала якого відградуєвана в одиницях потоку і потужності експозиційної дози гамма-випромінювання.

Перед початком роботи з приладом необхідно:

- 1) ознайомитись з інструкцією по експлуатації;
- 2) вийняти пульт і блок детектування із ящика, звільнити від упаковок і протерти;
- 3) перевести перемикач режиму роботи в положення "Викл.";
- 4) перевірити, чи знаходиться стрілка вимірювального приладу на нулю;
- 5) якщо стрілка знаходиться не на нулю, потрібно встановити її нульову риску коректором, попередньо відвернувши заглушку на панелі пульта;
- 6) відвернувши гвинти, відкрити кришку батарейного відсіку і встановити комплект елементів живлення дотримуючись полярності згідно маркуванню, на дні кожуха пульта, після чого затягнути гвинти кришки відсіку.

Для приведення приладу в робочий стан необхідно:

- включити прилад, перевівши перемикач режиму роботи в положення "Бат". Напруга батареї живлення повинна бути в межах 8-15В;
- перевести перемикач режиму роботи в положення "5В". В цьому положенні стрілковим приладом контролюється вихідна напруга стабілізатора, яка повинна складати $5 \pm 0,3$ В. Вимірювання починають не менш як через 1хв після вмикання приладу,
- перевести перемикач режиму роботи в положення "5";
- зняти кришку контрольного джерела, зафіксувати на фланці контрольного джерела тримач, що входить в комплект приладу. Записати покази приладу;
- від'єднати блок детектування, проконтролювати рівень фону в місці проведення вимірювань;
- приєднати знову блок детектування до контрольного джерела. Після заскоєння стрілки нажати кнопку "Контр." На пульті приладу покази не повинні зменшитись більш чим на 10%;
- після проведення вимірювань закрити контрольне джерело кришкою;
- при проведенні вимірювання перемикач меж вимірювань перевести в положення, що відповідає потрібним межах. Використовують для СРП-68-01 межі виражені в мікрорентгенах за годину. Межі вимірювання вибирають так, щоб покази приладу були не менше 30%. В залежності від величини потужності експозиційних доз, що вимірюється за допомогою перемикача, встановлюють постійний час вимірювання 2,5 або 5 секунд. При постійному часі 5 секунд підвищується точність підрахунку, але і підвищується інерційність приладу.

! Увага

Рентгенометри називають також приладами загального, а дозиметри – індивідуального дозиметричного контролю.

📖 Поняття

Радіометри – прилади для реєстрації інтенсивності потоку корпускулярного випромінювання.

? Запитання для самоконтролю

1. Яка існує класифікація приладів радіаційного контролю за призначенням?
2. Ще за якими показниками класифікуються прилади радіаційного контролю?
3. Який метод реєстрації іонізуючих випромінювань використовується в приладі СРП-68-01?

4. Яке призначення радіометра СРП-68-01?
5. Яка будова, підготовка до роботи радіометра СРП-68-01?

6.2 Радіометри "бета", "трип'ять", їх будова та принцип дії

Особливості конструкції, призначення, принцип дії радіометрів "Бета", "Трип'ять"

Методика роботи з приладами.

Лабораторне заняття 1,2

Підготовка до роботи радіометра "Бета". Перевірка працездатності і проведення вимірювань.

Підготовка до роботи радіометра "Трип'ять". Перевірка працездатності і проведення вимірювань.

📖 Література

Л-9, с. 117-120

📖 Теоретичні відомості

Радіометр "Трип'ять" – самий мініатюрний, портативний прилад. Його маса 300 грам. Фіксує α і β -випромінювання. Вимірює гамма-фон і радіоактивне забруднення поверхні. Може служити і індикатором забрудненості продуктів. Прилад працює в трьох режимах:

1 – для вимірювання гамма-фону;

2 – для визначення радіоактивного забруднення поверхні ґрунту або трав'яного покриву;

3 – для визначення (індикації) радіоактивного забруднення продуктів харчування в діапазоні $1 \cdot 10^{-7}$ Кі/кг і вище. В даний час встановлені $1 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^{-7}$ Кі/кг гранично допустимі рівні радіації.

Радіометр "Трип'ять" може працювати від автономного електроживлення (батареяка) або від мережі.

Радіометр "Бета" – портативний переносний прилад. Маса комплекту 19 кг. Радіометр універсальний: вимірює як поверхневе забруднення різних предметів, так і питому активність харчових продуктів в діапазоні $5 \cdot 10^{-9}$ – $1 \cdot 10^{-6}$ Кі/кг. Основна похибка не повинна перевищувати $\pm 25\%$ або 50% .

На панелі приладу розмішені такі перемикачі:

- 1 – режим роботи;
- 2 – пуск;
- 3 – звукова індикація;
- 4 – індикаторне табло;
- 5 – вмикач живлення.

Тривалість безперервної роботи 8 годин. Може працювати при температурі від +50°C до -20°C. Термін придатності радіометра 6 років.

В якості датчика імпульсів в радіометрі використовується газорозрядний лічильник. При появі в об'ємі газового лічильника іонізуючих частинок в ньому розвивається електричний заряд, в результаті чого на виході лічильника з'являються імпульси, які за допомогою електричної схеми перетворюються в цифрову інформацію і відображаються на шкалі приладу. Перемикачем "живлення" подають живлення на радіометр. За допомогою кнопки "Режим" вибирають і встановлюють необхідний режим роботи приладу, а "Пуск" – запускають на вибрану тривалість вимірювання. Кнопку "Пуск" утримують в нажатому стані не менше 1 секунди.

Перемикачем "Звук" вмикають звукову сигналізацію, наявність якої свідчить про закінчення часу вимірювання.

Після того, як звільнили прилад від упаковки, його перевіряють, переконавшись в наявності всіх частин і пломби підприємства-виробника. Вивчають паспорт. Прилад встановлюють в світлому приміщенні. Відстань між свинцевим захистом та індикаторним блоком не повинна перевищувати 1 метр. Кювети добре миють. Після тривалого зберігання перевіряють стан сухих елементів, від чого відкривають кришки відсіку живлення, виймають елементи із відсіку і передивляються. В разі окислення або сульфатації елементів їх очищують і встановлюють у відсік живлення, дотримуючись полярності. Вмикають радіометр, для чого перемикач вмикання приладу переводять в положення "Живлення". Поява цифр на індикаторному табло радіометра свідчить про нормальне значення напруги.

Визначення радіоактивного забруднення різних поверхонь

Блок детектування підключають до блоку індикатора. На робоче вікно блоку детектування встановлюють захисну кришку зі сталеву пластину. Вмикають блок індикатора і встановлюють потрібний режим роботи (10 або 100 секунд). Послідовно натискаючи кнопку "Пуск" виконують три вимірювання швидкості рахунку фонових імпульсів $N\phi$ і визначають середнє значення за формулою:

$$N\phi = \frac{\sum N \phi}{n}$$

де n – кількість вимірювань.

З робочого вікна блоку детектування знімають захисну кришку зі сталеву пластину і встановлюють захисну алюмінієву сітку із комплекту радіометра.

Середнє значення швидкості лічби імпульсів:

$$N = \frac{\sum N i}{n}, \text{ імп/сек.}$$

Визначають забрудненість поверхні β -активними радіонуклідами за формулою:

$$A_{\beta} = K_{\beta}(N - N_{\phi}), \frac{\beta\text{-частин}}{\text{см}^2 \text{хв}}$$

де K_{β} - градуирований коефіцієнт (ϵ в паспорті приладу).

Перевіряють прилад один раз на рік (або при несправності). При підготовленні до перевірки зовнішнім оглядом встановлюють:

- відсутність механічних пошкоджень датчика випромінювань і індикаторного блоку;
- чистоту внутрішніх поверхонь свинцевого захисту і датчика;
- повну комплектність радіометра;
- наявність комплекту технічної документації.

! Увага

Вивчити радіометри "Бета" і "Трип'ять" можна по інструкціям цих приладів.

? Запитання для самоконтролю

1. Які особливості конструкції приладів "Бета", "Трип'ять".
2. Який метод реєстрації іонізуючих випромінювань використаний в приладах "Бета", "Трип'ять"?
3. Яке призначення радіометра "Бета"?
4. Яке призначення радіометра "Трип'ять"?
5. Яка методика роботи з приладами "Бета", і "Трип'ять"?

6.3.Будова та принципи дії гамма-радіометра РУГ-91 м "Адани"

Основні конструктивні особливості, призначення, принцип дії гамма-радіометра РУГ-91 М "Адани". Методика роботи з приладом.

Лабораторне заняття 3,4

Підготовка до роботи гамма-радіометра РУГ-91 М "Адани". Проведення вимірювань.

Література

Л-10, Керівництво до експлуатації.

Теоретичні відомості

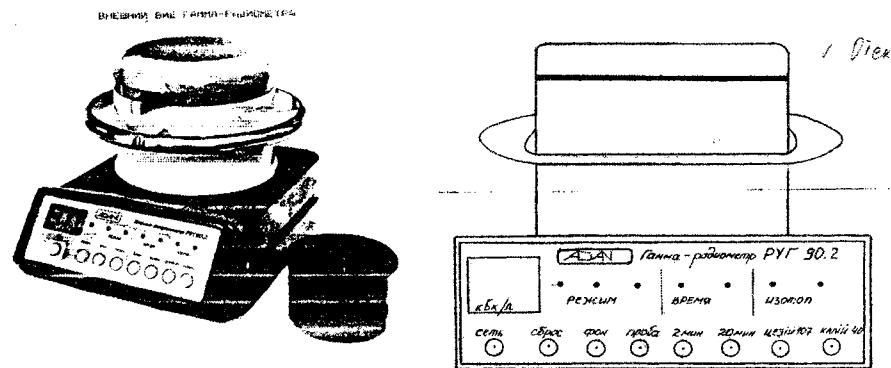
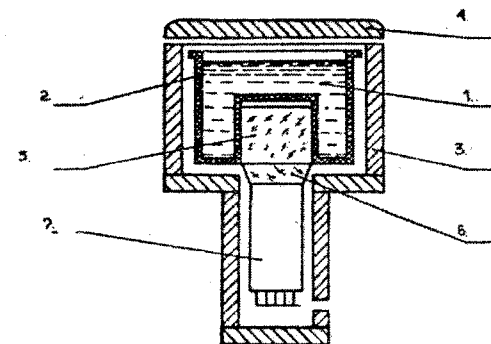
В теперішній час в основному у всіх радіологічних лабораторіях переробних підприємств і ринків для вимірювання активності проби використовують радіометри РУГ-91 "Адани", і їх модифікації.

Гамма-радіометр РУГ-91 "Адани" призначений для вимірювання сумарної активності гамма-випромінювання ізотопів цезію-134, 137, а також активності природного ізотопу калію-40, які містяться в продуктах харчування і об'єктах навколишнього середовища.

Принцип дії гамма-радіометра заснований на відліку числа світових імпульсів, які виникають в сцинтиляційному детекторі при попаданні в нього гамма-квантів.

Число зареєстрованих в одиницю часу світових імпульсів одночасно пов'язано з активністю досліджуваного зразка.

Проба 1 розміщується в кюветі 2, так званій посудині Марінеллі (чаша з колодязем) об'ємом 0,5л.



Спрощена функціональна схема, пояснююча принцип дії радіометра, приведена на рис.

Посудину Марінеллі з пробю вміщують в середину свинцевого захисного екрану 3, зменшуючого вплив зовнішнього фонового випромінювання. Зверху екран закривається свинцевою кришкою 4.

Світові спалахи, які виникають в сцинтиляторі 5, через світловод 6 попадають на фотокатод фотоелектронного множника 7 і перетворюються в електричні імпульси, які після посилення поступають в пристрій селекції.

Пристрій селекції проводить сортування імпульсів по їх амплітудам (пропорційно енергії гамма-квантів, які реєструються). Пристрій керує роботою устрою селекції обробки підраховує кількісні характеристики іонізуючого випромінювання.

Пристрій індикації управління задає режим роботи гамма-радіометру і висвічує на індикаторному табло результат вимірювання.

Режим роботи задається за допомогою схеми кнопок, розміщених на панелі приладу.

В радіометрі як сцинтиляційний детектор випромінювань використовується кристал CsJ (Tl) йодистого цезію активований талієм.

Підготовка до роботи.

Включіть радіометр в мережу і натисніть кнопку СЕТЬ. Звуковий сигнал і індикація "0" у всіх розрядах цифрового табло означають готовність приладу до роботи.

Передусім треба виміряти фон. Налийте в кювету 0,5л чистої води (для більш точного вимірювання дистильованої води; для дослідження сухих легких проб береться пуста кювета).

Установіть кювету всередину свинцевого екрану. Закрийте кришку. Натисніть кнопку ФОН. Натисніть кнопку часу вимірювання (2 МИН або 20 МИН). Виконання команди при натисканні будь-якої кнопки підтверджується звуковим сигналом, при цьому над кнопкою засвідчується

світловід. Під час вимірювання на табло індичується обернений відлік (0120-0000; 1200-0000).

Результати вимірювання фона висвічуються на табло і заносяться в пам'ять мікропроцесора і в подальшому автоматично відраховуються від результатів вимірювання активності проби.

Рекомендується повторювати вимірювання фону раз в 2-3 доби при умові, що не змінились обставини, не використовувались дуже забруднені проби, а кювета ретельно промивалась після вимірювань.

Резервне живлення дає можливість виключити процедуру кожного дня вимірювати фон перед початком вимірювань (для цього не слід відключати вилку приладу з мережі).

Підготовка проби для вимірювання.

Об'єм проби повинен складати 0,5л. Особливої підготовки проб для вимірювань не потрібно.

При вимірюванні рідин намагайтеся уникнути випадання осаду.

При вимірюванні твердих проб бажано їх подрібнити.

Вимірювання активності проби.

Час вимірювання активності проби - 2хв або 20 хв. Двадцятихвилинний режим використовується для вимірювання малих активностей (0,018...0,2 кБк/л) і рекомендують тільки для контролю питної води і дитячого харчування в готовому для споживання вигляді. Вимірювання проводиться в одиницях об'ємної активності кБк/л.

Установіть кювету з пробую всередину свинцевого захисту.

Закрийте кришку.

Натисніть кнопку "ПРОБА" і одну з кнопок часу вимірювання. Вимірювання активності проби йде одночасно по двом каналам: по ^{40}K і ^{137}Cs .

Результат активності радіонуклідів в пробі зберігається на табло до початку наступного вимірювання.

При перевищенні рівня питомої активності проби граничної величини 50 кБк/л на табло виводиться орієнтовне значення активності або сигнал перевантаження, то активність проби значно перевищує 50 кБк/л і необхідно прийняти міри по її ізоляції.

Оцінка отриманого результату.

Якщо об'єм проби – 0,5 л, а питома вага проби близька до одиниці то об'ємна активність проби в кБк/л відповідає питомій активності в кБк/кг.

Якщо об'єм проби менший за 0,5 л, результат вимірювання треба помножити на поправочний коефіцієнт для даного об'єму.

Коефіцієнти перерахунку

Об'єм проби	Поправочний коефіцієнт
200 мл	2,9
300 мл	1,6
400 мл	1,2
500 мл	1,0

Якщо питома вага проби дуже відрізняється від одиниці її треба зважити і перерахувати результат отриманий на табло.

Приклад:

Об'єм, який займає проба – 500 мл;

Вага проби – 400 г;

Питома вага проби $400 \text{ г} : 500 \text{ мл} = 0,8 \text{ кг/л}$;

Об'ємна активність – 3,2 кБк/л.

Питома активність = Об'ємна активність (кБк/л)/питому вагу =

$$= 3,2 \text{ кБк/л} / 0,8 \text{ кг/л} = 4,0 \text{ кБк/кг}$$

Крім ізотопів цезію в природі існують і інші гамма-випромінюючі радіонукліди: наприклад торію, радону і продукти їх розпаду. Їх вміст дуже малий і внесок в сумарну активність проби незначна і на результат вимірювання не впливає.

! Увага

При перевищенні рівня питомої активності проби граничної величини 50 кБк/л на табло виводиться орієнтовне значення активності або сигнал перевантаження, то активність проби значно перевищує 50 кБк/л і необхідно прийняти міри по її ізоляції.

? Запитання для самоконтролю

1. Який метод реєстрації іонізуючих випромінювань використовується в роботі даного приладу?
2. В яких одиницях проводиться вимірювання радіометром РУГ-91 "АДАНИ"?
3. Які основні конструктивні особливості гамма-радіометра РУГ-91 "Адани"?
4. Яке призначення радіометра?
5. Як проводиться вимірювання на даному приладі?

6.4. Дозиметри індивідуального дозиметричного контролю.

Особливості конструкції різних індивідуальних дозиметрів. Дозиметр "Белла".

Лабораторне заняття 5

Підготовка до роботи дозиметра "Белла". Проведення вимірювань.

 Література

Л-1, с.209-213.

Серед приладів індивідуального дозиметричного контролю (ІДК) широко застосовують конденсаторні іонізаційні камери, люмінесцентні і фото дозиметри, рідше – хімічні дозиметри.

Фотодозиметри - для проведення індивідуального дозиметричного контролю використовують фотодозиметри ІФК-2,3 й ІФКУ-1, в яких як детектори використовують різної чутливості фотоплівки, вміщені у світлонепроникні касети.

Люмінесцентні дозиметри. Люмінесцентні дозиметри поділяються на дві групи: термо- і фотолюмінесцентні. Найбільш перспективними є термолюмінесцентні дозиметри з точки зору їх чутливості, надійності результатів, зручності в експлуатації і відносно низької вартості. Вони дають можливість проводити контроль в широкому діапазоні доз – від $5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^3$. Зчитування інформації проводиться за допомогою системи КДТ-02. Збереження інформації протягом року становить 97-99,5%. Після технологічної обробки дозиметр знову готовий до роботи, кратність використання дозиметра – не менш як 20 разів.

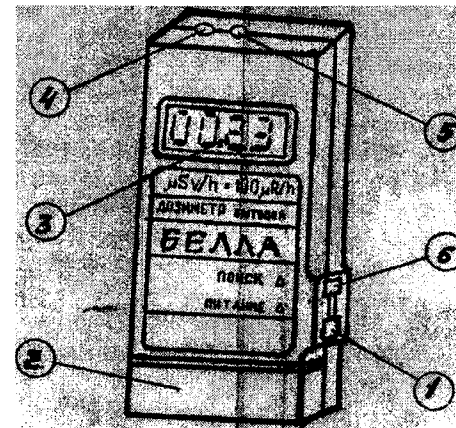
Термолюмінесцентні дозиметри ДПГ-0,2, ДПК-03 і ДПС-11 призначені для вимірювання поглинутої дози фотонного випромінювання в діапазоні реєструємих доз відповідно 1-1000,0,1-1000 і 1-1000 Р. Дозиметри складаються з касети з фільтрами різної щільності, в яку вміщують детектор, виготовлений у вигляді таблетки діаметром 0,5 і товщиною 0,1 см, зробленої на основі фтористого літію і борату магнію. Власний фон цих детекторів не перевищує 20 мР.

При вимірюванні нагромадженої дози детектор вводять у нагрівальний пристрій для термічного звільнення запасеної в вловлювачах енергії. Світловий потік, виділений детектором, перетворюється на фотострум, інтенсивність якого пропорційна дозі. Похибка вимірювань $\pm 10\%$.

Хімічні дозиметри. Як хімічні дозиметри використовуються скляні ампули, заповнені різними безбарвними рідинами. Під дією випромінювання рідина в ампулі змінює забарвлення, інтенсивність якого відповідає певній дозі. Інтенсивність забарвлення порівнюють зі шкалою індикатора або визначають за допомогою фотокалориметрів за градуированою кривою. Найпоширеніші феросульфатні і церієві дозиметри.

Конденсаторні іонізаційні камери. Конденсаторна іонізаційна камера являє собою струмопровідну трубку невеликого розміру, заповнену повітрям, всередині якої змонтовані інтегруюча іонізаційна камера і конденсатор. Іонізаційна камера і конденсатор мають спільний центральний електрод, який несе позитивний заряд, а внутрішня поверхня іонізаційної камери є носієм негативного заряду. Перед роботою іонізаційну камеру і конденсатор заряджають за допомогою зарядного пристрою до певного потенціалу (180-220 В).

Дозиметр „Белла”



Розміщення і призначення органів управління.

1. Вмикач живлення.
 2. Кришка відсіку батарейного живлення.
 3. Цифрове рідкокристалічне табло.
 4. Кнопка „МЕД – КОНТР. ЖИВЛЕННЯ” для вмикання режиму визначення МЕД і контролю напруги батареї живлення.
 5. Індикатор напруги батареї живлення.
 6. Вмикач режиму ПОШУК.
- 1.1 Дозиметр побутовий „Белла” призначений для виявлення і оцінки з допомогою звукової сигналізації інтенсивності гамма-випромінювання, а також для вимірювання польової еквівалентної дози (МЕД) гамма-випромінювання по цифровому табло.
- 1.2 Дозиметр „Белла” використовується для оперативного індивідуального контролю населенням радіаційної обстановки.

Результати вимірювань цим приладом не можуть бути використаними для офіційних висновків про радіаційну обстановку.

Основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози,	
мкЗв/год ($\mu\text{Sv/h}$)	0,20 – 99,99
(експозиційної дози, мкР/год ($\mu\text{R/h}$))	20 – 9999

Поняття

Дозиметри – прилади, призначені для визначення індивідуальної дози зовнішнього опромінення

? Запитання для самоконтролю

1. Для чого призначені індивідуальні дозиметри?
2. Які методи реєстрації іонізуючого випромінювання використовують в індивідуальних дозиметрах?
3. Які види індивідуальних дозиметрів випускаються промисловістю?

7. ВИДИ І МЕТОДИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

7.1 Норми відбору проб харчових продуктів для радіометричного контролю

Методика відбору проб молока, м'яса, молочних, м'ясних продуктів та сировини для радіометричного контролю.

Норми відбору проб.

Характеристика допустимих рівнів вмісту окремих радіонуклідів.

Практичне заняття 4,5

Відбір проб для радіометрії на підприємстві молочної та м'ясної промисловості.

Література

Л-1, с. 220-224.

Теоретичні відомості

Для систематичного аналізу результатів радіометричних досліджень відбір проб матеріалів здійснюють у визначених місцях – на контрольних пунктах, які закріплені за радіологічними підрозділами.

Проба має бути типовою для об'єкта, а маса (об'єм) достатньою для аналізу. Оптимальні строки і норми відбору проб, які дають змогу отримувати найповнішу інформацію про ступінь їх радіоактивного забруднення наводяться в спеціальних таблицях.

Експортовані і імпортовані корми та продукти рослинництва і тваринництва досліджуються в міру їх надходження.

Середню пробу формують із 8-10 точкових проб. Кожну відібрану середню пробу зважують, упаковують в чисту тару (скляну банку, пляшку, поліетиленовий пакет, паперовий мішок), укладають в ящик, опечатують. До тари прикріплюють етикетку, на якій вказують назву проби, місце і дату відбору, її масу, а у випадках висушування проби зазначають масу сирові і сухої проб.

На взяті для аналізу проби складають акт. У супровідних документах зазначають потужність дози гамма-фону в контрольних пунктах.

Відбір проб молока і молочних продуктів проводять на фермах, молочних пунктах, молокозаводах, холодокомбінатах і ринках.

Проби рідких продуктів (молока, вершків, сметани) з невеликих ємкостей (бідонів, фляг) беруть після перемішування з великих (цистерн, чанів) з різної глибини ємкості за допомогою посудини з подовженою ручкою або спеціального пробовідбірника. Маса середньої проби становить 0,2-1л, і залежить від розміру всієї партії продукції і від приладу на якому проводиться вимірювання. Масло, сири відбирають залежно від маси виготовленої продукції не менш як 0,5 кг.

Відбір проб м'яса та субпродуктів здійснюють на забійних пунктах колективних господарств, м'ясокомбінатів і ринків.

Проби м'яса (без жиру) від туші чи напівтуші – це шматки по 30-50 г з ділянки 4-5-го шийного хребця, лопатки, ребра і товстих частин спинних м'язів. Загальна маса проби 0,5 кг. Для спеціального лабораторного дослідження відбирають також кістки 0,5 кг (хребці або 2-3-те ребро).

Проби внутрішніх органів тварин беруть у таких кількостях: печінка, нирки, селезінка, легені – 0,1 – 0,5 кг, шитовидна залоза – весь орган. Для проби м'яса птиці беруть 1/4 тушки (кури, індики, качки, гуси) або цілу тушку (курчата).

Кількість зразків продукції, що відбираються для лабораторного аналізу, визначаються розміром партії і становить при масі 1-500кг один зразок, від 500 кг до 3т – два, 3-5т – три, 5-10т – п'ять, 10-20т – шість, від 20т і більше – 10 зразків.

Значення допустимих рівнів вмісту радіонуклідів Cs-137 та Sr-90 у продуктах харчування та питній воді (Бк/кг, Бк/л)

ДР – 97

№ п/п	Назва продукту	Cs-137	Sr-90
1	Хліб, хлібопродукти	20	5
2	Картопля	60	20
3	Овочі (листові, коренеплоди, столова зелень)	40	20
4	Фрукти	70	10
5	М'ясо і м'ясні продукти	200	20
6	Риба і рибні продукти	150	35
7	Молоко і молочні продукти	100	20

8	Яйця	6	2
9	Вода	2	2
10	Молоко згущене і концентроване	300	60
11	Молоко сухе	500	100
12	Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	500	50
13	Сушені дикоростучі ягоди і гриби	2500	250
14	Лікарські рослини	600	200
15	Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5
16	Інші продукти	600	200

! Увага

Проба для радіометричних досліджень має бути типовою, а маса (об'єм) достатньою для аналізу.

? Запитання для самоконтролю

1. Яка загальна методика відбору проб для радіометричних досліджень?
2. Як відібрати пробу молока і молочних продуктів для радіометричних досліджень?
3. Як відібрати пробу м'яса і м'ясних продуктів для радіометричних досліджень?
4. Які норми відбору проб для радіометричних досліджень?
5. Які допустимі рівні вмісту окремих радіонуклідів в продуктах харчування?

7.2 Радіометричний контроль чистоти молочних та м'ясних продуктів.

Порядок обстеження сировини, води, молочних та м'ясних продуктів. Методи визначення ступеня забруднення різних поверхонь, питомої активності молока, м'яса, молочних та м'ясних продуктів.

Лабораторне заняття 6,7,8

Експрес-метод визначення активності проб твердих харчових продуктів. Визначення сумарної β -активності в "товстому шарі".

Практичне заняття 6,7,8

Проведення радіометричного контролю чистоти молочних та м'ясних продуктів на підприємствах молочної та м'ясної промисловості.

Література

Л-1, 214-218, с. 227-229.

Теоретичні відомості

Основну сировину м'ясокомбінатів відбирають на радіологічне дослідження кожен день від кожної партії, а готову продукцію – раз на тиждень.

Основну сировину молокозаводів відбирають раз на тиждень, а готову продукцію кожен день.

Приймання і попередню обробку проб проводять у спеціальній кімнаті, обладнаній витяжними і сушильними шафами, муфельними печами, пристосуванням для миття посуду і тари.

Отримані проби звіряють з описом і перевіряють радіоактивність поверхні упаковок кожної проби. Проби з високим рівнем забруднення досліджують з додержанням правил безпеки.

Надісланий матеріал ретельно перемішують. Коренебульбоплоди, відмиті від землі, і м'ясо попередньо подрібнюють ножом чи на м'ясорубці, сіно і солому – ножицями.

Проби обробляють залежно від мети дослідження. При виявленні приладами підвищеної активності досліджуваних проб застосовують експрес-метод, який не потребує попередньої переробки проб і їх зважування. Якщо активність проби невелика, то для кращого виявлення радіоактивних речовин її висушують, обвуглюють чи озолують у муфельній печі.

Висушування проводять у сушильній шафі при температурі 80-100⁰С до одержання постійної маси сухого залишку.

Обвуглення. Після встановлення постійної маси проби сухий залишок обвуглюють прожарюванням на електричних плитках.

Озолення. Обвуглені сухі залишки озолують в муфельних печах при температурі 400-500⁰С, а проби кісток – 500-600⁰С і до 900⁰ С 2-6 год.

При радіометрії зразків на різних типах приладів одержують результати вимірювання швидкості лічби, виражені в імпульсах за одиницю часу, які не можна прийняти за активність даного зразка, оскільки вони виражають тільки частину радіоактивних розпадів, зареєстрованих детектором лічильної установки. Для визначення істинної активності зразка, вираженої в одиницях активності (беккерель або кюрі), використовують один з трьох основних методів її визначення: абсолютний, розрахунковий чи відносний.

Абсолютний метод визначення активності препаратів полягає в тому, що досліджуваний радіоактивний препарат вміщують всередину детектора іонізуючих випромінювань.

Даний метод не набув широкого практичного застосування через складність приготування проб для радіометрії.

Розрахунковий метод ґрунтується на реєстрації імпульсів, що надходять з лічильника на перерахунковий пристрій, і подальшої обробки одержаних цифрових показників.

Відносний метод полягає у порівнянні швидкостей лічби від препарату з відомою активністю (еталона) зі швидкості лічби вимірюваної проби, одержаних в однакових умовах вимірювання.

Радіометр "Бета"

Визначення радіоактивного забруднення різних поверхонь і продуктів харчування β -частинками.

1. Підготувати радіометр до роботи згідно з інструкцією щодо експлуатації.
2. Встановити на блоці індикації режим роботи 2 або 3, детектор закрити кришкою зі сталеву пластинкою.
3. Послідовно натискаючи кнопку "Пуск" і утримуючи її в натиснутому стані не менш як 1 с виконати три виміри швидкості лічби фонових імпульсів (I_f), c^{-1} , і визначити середнє значення швидкості лічби (\bar{I}_f), c^{-1} .
4. Зняти з робочого вікна блока детектування захисну кришку зі сталеву пластинкою і встановити захисну алюмінієву сітку, яка запобігає механічним ушкодженням вікна лічильника.

Розмістити блок детектування на відстані не більш як 1 см від досліджуваного об'єкта і провести три вимірювання швидкості лічби імпульсів від поверхні (I_n), c^{-1} .

5. Визначити середню швидкість лічби (I_n), c^{-1} .
6. Визначити рівень забрудненості поверхні β -активними радіонуклідами (P) за формулою

$$P = K_3 (\bar{I}_n - \bar{I}_f)$$

де K_3 коефіцієнт градування, що дорівнює для лічильників СБТ-10 3,5 част./хв. cm^2 .

В автоматичному режимі 1 (тривалість вимірювання 1 с) проводять попередню оцінку швидкості лічби β -частинок від поверхні контролюючого об'єкта. Ділянки поверхні або проби з підвищеною швидкістю лічби підлягають більш точному контролю.

Визначення об'ємної питомої активності бета-випромінюючих нуклідів у пробах.

1. Підготувати проби до вимірювання.
2. Підготувати радіометр до роботи зі свинцевим будиночком, для чого вставити блок детектування у верхній паз етажерки будиночка і підключити його до блока індикації.
3. Встановити режим роботи 3. У нижній паз етажерки будиночка встановити кювету з бідистильованою водою і провести 3-5 вимірювань швидкості лічби фону (I_f), c^{-1} . Обчислити середнє значення швидкості лічби фону (\bar{I}_f), c^{-1} , яке визначають протягом робочого дня через кожні 1,5-2 год роботи. Якщо його значення збільшується більш ніж на 50%,

свинцевий будиночок, етажерку і вимірювальну кювету дезактивують спочатку миочим розчином, а потім спиртом-ректифікатом.

4. Помістити в будиночок замість кювети з бідистильованою водою досліджувану пробу, заповнивши нею кювету до країв, і провести 3-5 вимірювань швидкості лічби в режимі роботи 3. Визначити середню швидкість лічби ($\bar{I}_{пр}$), c^{-1} . Режим роботи 3 використовують в тому випадку, коли різниця швидкості лічби між пробою і фоном перевищує 1-1,5 імпл/ c^{-1} . При різниці $I_{пр} - I_f \leq 0,5$ імпл/ c^{-1} вимірювання проб повинно проводитися у режимі 5, а при $I_{пр} - I_f \leq 0,25$ імпл/ c^{-1} – у режимі 6.

5. Об'ємну і питому активність обчислюють за формулою

$$q = (\bar{I}_{пр} - \bar{I}_f) K_p,$$

де q – об'ємна або питома активність проби;

K_p – коефіцієнт перерахунку.

Формула визначення активності з урахуванням природного радіонукліда калію-40 має такий вигляд:

$$q = (\bar{I}_{пр} - \bar{I}_f - I_k) K_p,$$

де I_k – швидкість лічби, зумовлена вмістом в досліджуваній пробі ^{40}K .

! Увага

При виявленні приладами підвищеної активності досліджуваних проб застосовують експрес-метод, який не потребує попередньої переробки про їх зважування.

? Запитання для самоконтролю

1. Який порядок обстеження сировини, води, молочних та м'ясних продуктів?
2. Які методи визначення ступеня забрудненості радіонуклідами різних поверхонь?
3. Які методи визначення активності ви знаєте?

7.3 Способи очистки та раціонального використання молока, м'яса, молочних та м'ясних продуктів, забруднених радіонуклідами

Рекомендації з переробки молока та м'яса в залежності від ступеня забрудненості радіонуклідами. Хімічні методи очистки молока та м'яса від радіоактивних речовин. Норми використання забруднених молочних та м'ясних продуктів

Література

Л-1, с. 159-164.

Теоретичні відомості

При деяких технологічних переробках, які передбачають поділ продукції на кілька компонентів, виявляється, що переважна частина радіоактивних речовин зосереджується в одному з них. Нерідко таким

компонентам стає не основний, а побічний продукт переробки. Головне слід мати на увазі, що радіоактивні речовини надходять у рослини і далі в організм тварин переважно у формі розчинених у воді елементів. Тому і зосереджуються вони, як правило, у водній частині клітин і переходять під час переробки у водний розчин, і будь-яка технологічна переробка, яка передбачає відокремлення води віджиманням, фільтруванням, центрифугування або іншими засобами, але не висушуванням, дезактивує продукцію.

Технологічна переробка є ефективним способом дезактивації молока. Так, після сепарування незбираного коров'ячого молока лише 8-16% ^{90}Sr , ^{131}I та ^{137}Cs залишається у вершках, а решта переходить у відвійки. Дво-чи триразове промивання вершків теплою водою і знежиреним молоком зменшує кількість в них ^{90}Sr ще в 50-100 разів. При переробці вершків у вершкове масло значна частина ізотопів переходить у сколотини і промивну воду. Концентрація ^{90}Sr , ^{131}I та ^{137}Cs у вершковому маслі при цьому зменшується до 36, 76 та 49% відповідно до їх концентрації у вершках. Перетоплення вершкового масла дає змогу видалити з нього практично повністю ^{90}Sr , ^{137}Cs і ще 10% ^{131}I . Саме цьому не викликає сумнівів, що із забрудненого радіоактивними речовинами молока доцільно виробляти вершки і вершкове масло.

Переробка молока на сир приводить до зниження вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs на 90%, а ^{131}I на 70%.

Існують також засоби, за допомогою яких можна очищати молоко від радіоактивних речовин без істотної зміни його хімічного складу та властивостей. Застосування пірофосфату, який зв'язує стронцій, дає можливість протягом однієї доби вилучити з молока до 83% ^{90}Sr . За допомогою іонообмінних смол можна швидко і досить ефективно очищати молоко й від інших радіоактивних речовин. Так, один об'єм відомого аніоніту Дауекс-2 дає змогу вилучити понад 95% ^{131}I з 230 об'ємів молока та 50% ^{90}Sr . За допомогою одного об'єму катіонів можна вилучити близько 70% ^{137}Cs з 30 об'ємів молока. Електродіалізний метод очищення молока дає змогу вивести до 90% ^{90}Sr та до 99% ^{137}Cs , а на електродіалізній установці з амінообмінними мембранами може бути вилучено 70-90% ^{131}I .

Оскільки окремі радіоактивні речовини розподіляються по органах і тканинах тварин нерівномірно, м'ясна продукція може істотно відрізнятися за їх концентрацією в окремих частинах туші. Так, концентрація ^{90}Sr в кістках і тканині свиней, які одержували з раціоном цей радіонуклід, перевищує його концентрацію в м'яких тканинах у 600-700 разів. ^{137}Cs нагромаджується здебільшого рівномірно у м'язовій тканині, а ^{131}I – переважно у щитовидній залозі. З урахуванням цих особливостей розподілу радіонуклідів частина продукції (м'язи, субпродукти) може бути використана безпосередньо для харчових потреб, а інша (щитовидна залоза в ранні періоди після надходження

радіоактивних речовин, лімфатичні вузли) виведена з харчового ланцюжка.

Кулінарна обробка, яка складається з виварювання кісток і м'яса є досить ефективним засобом очищення цієї продукції тваринництва. Виварювання кісток практично не впливає на вміст ^{90}Sr як і кальцію в структурі скелета. У бульйон переходить лише 0,009-0,18%, але вміст ^{137}Cs в них зменшується в 3-5 разів, тобто в бульйон переходить 67-80%. В процесі варіння м'яса 7-місячного бичка в бульйон переходить 57% ^{90}Sr , а після додавання до води лимонної або молочної кислоти – до 76-85%. Приблизно стільки ж ^{90}Sr переходить при варінні у бульйон, який виготовляють з курячого м'яса. При цьому 50-60% ізоотопу, нагромадженого в м'ясі, переходить у бульйон вже протягом перших 10 хв варіння.

Знизити концентрацію радіоактивних речовин у м'ясі можна тривалим зберіганням його у засоленому вигляді з наступним вимочуванням. Застосування цих технологічних засобів (чотири обробки із зміною розчину) дає можливість зменшити вміст ^{137}Cs на 63-99%. Досить ефективним є також вимочування м'яса у воді, підкисленій лимонною, оцтовою та іншими органічними кислотами. При цьому ступінь дезактивації м'яса залежить від розмірів нарізаних шматочків, тривалості вимочування, кількості обробок, реакції середовища, нарешті, від ступеня забрудненості, хімічної природи радіоактивного ізоотопу.

Перетоплення сала супроводжується переходом понад 95% ^{137}Cs у шкварки, внаслідок чого концентрація його в топленому жирі зменшується в 20 разів.

Активність добового раціону не повинна перевищувати для ^{137}Cs -210 Бк/добу та для ^{90}Sr -35 Бк/добу.

По розрахунках прийнятий наступний референтний склад середньорічного добового раціону дорослої людини.

№ п/п	Продукт	Добове споживання, кг
1	М'ясо і м'ясні продукти в перерахунку на м'ясо	0,186
2	Молоко і молочні продукти в перерахунку на молоко	1,022
3	Яйця, шт.	0,745
4	Риба	0,048
5	Картопля	0,359
6	Овочі	0,279
7	Фрукти	0,129
8	Хліб	0,386

! Увага

Будь-яка технологічна переробка, яка передбачає відокремлення води віджиманням, фільтруванням, центрифугуванням або іншими засобами, але не висушуванням, дезактивує продукцію.

? Запитання для самоконтролю

1. Які Ви можете дати рекомендації з переробки молока забрудненого радіонуклідами?
2. Яку молочну продукцію доцільно виробляти із молока забрудненого радіонуклідами?
3. Які загальні технологічні переробки дезактивують продукцію?
4. Як радіоактивні речовини розподіляються по органах і тканинах тварин?
5. Які способи очистки м'яса та м'ясних виробів забруднених радіонуклідами Ви знаєте?

7.4 Методи виведення радіонуклідів із організму людини

Методи виведення радіонуклідів із організму людини. Раціональне харчування і питний режим.

Піктинові речовини. Фітотерапія. Радіопротектори.

Література

Л-8, с.266-270

Теоретичні відомості

З метою виведення шкідливих речовин з організму людини продукти харчування повинні містити достатню кількість клітковини, амінокислот, пектину, альгілату натрію. Всі вони належать до харчових волокон і містяться в значних кількостях у висівках насіння, шкірках овочів і фруктів.

Харчові волокна створюють сприятливі умови для розвитку в кишках бактерій, які синтезують вітаміни групи В, виробляють ферменти, необхідні для травлення та виведення токсинів і радіонуклідів. Добове споживання харчових волокон має становити не менш як 10г.

Головними постачальниками волокон є вівсяна, рисова та ячмінна крупи, кукурудза, яблука, капуста й гарбузи. В основному це природні традиційні продукти харчування: зернові, бобові, гречка, овочі, фрукти та горіхи. В цільному зерні багато білків, заліза, цинку, кальцію, вітамінів групи В, фітонцидів, харчових волокон та мікроелементів. Вони захищають наш організм від шкідливої дії радіонуклідів.

В морській капусті міститься багато йоду, альгілату натрію та мінеральних солей. Альгілат натрію при взаємодії з токсичними важкими металами і радіонуклідами перетворює їх на розчинні солі, які виводяться з організму. Пектин зв'язує токсини і сприяє їх виведенню з організму. Його багато у фруктах, ягодах, горіхах та насінні соняшнику. Крім того, в останніх багато білків, кальцію та різних мікроелементів.

Морські водорості містять багато йоду, альгілату натрію і солей кальцію. За вмістом кальцію водорості не поступаються молоку. Кальцій блокує поглинання організмом людини радіоактивного ^{90}Sr . Йод потрібен для функціонування щитовидної залози, активно впливає на обмін речовин і протидіє інфекціям. Він є ефективним радіопротектором радіоактивного йоду, який накопичується в щитовидній залозі. Альгілат натрію сприяє виведенню радіонуклідів з організму.

З метою зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини і запобігання його негативним наслідкам потрібно обмежити їх надходження в організм із навколишнього природного середовища. При цьому слід також прагнути до зменшення їх накопичення в організмі й попереджати негативну дію. Цього можна досягти як за рахунок технологічної та кулінарної обробки, так і застосування радіопротекторів.

Радіозахисні властивості мають білки, поліненасичені жирні кислоти, деякі амінокислоти, тіамін, рибофлавін, складні не крохмальні вуглеводи, вітамін Р, каротин та деякі мінеральні речовини.

Для запобігання шкідливого впливу радіоактивних ^{137}Cs , ^{90}Sr необхідно насичувати організм солями калію і кальцію. Багато калію міститься в овочах і фруктах, кальцію – в домашньому сирі й молоці. Добова потреба в кальції для дорослої людини становить 800 мг, для дітей – 1200 мг. Цю потребу можуть задовольнити 100 г сиру або 0,5 л молока.

Корисним продуктам є бобові, особливо квасоля, що містить повноцінний білок, метіонін, цистин, поліненасичені жирні кислоти та магній. Останній сприяє оптимальному засвоєнню кальцію і перешкоджає засвоєнню радіоактивного ^{90}Sr . Щодня потрібно споживати 150-200 г яблук, абрикос, персиків, слив та вишень, які багаті на пектин, каротин, аскорбінову та органічні кислоти. Дуже корисними є горіхи, до складу яких входять повноцінні білки, поліненасичені жирні кислоти, токоферол та горіхова олія.

З напоїв до щоденного раціону варто включати чай і за можливості – червоне вино. Таніни, катехіни й епікатехіни, що містяться в чаї, зміцнюють капіляри і знижують проникність їхніх стінок. Значна кількість флавоноїдів, що містяться в натуральному червоному вині, має високу радіопротекторну дію на організм.

Загалом енергетична цінність добового раціону в умовах радіонуклідного забруднення навколишнього природного середовища має становити 11301 кДж (2700 ккал) для працівників розумової і 13000 кДж (3100 ккал) – фізичної праці. При цьому в раціон треба включати, г:

нежирні м'ясні та рибні продукти – 200-250, хліб – 300, картоплю – до 350, сир – 50-100, овочі – 400-500, олію – 30-35, вівсяну й гречану крупи – 40, фрукти – 150-200, молоко – 0,5 л. Не завадить і склянка червоного натурального вина (200 мл).

Не менш важливу роль відіграє і режим харчування. Їжу бажано споживати 3-4 рази на день, краще чотири рази в певно встановлений час. Розподіл енергії харчових продуктів за чотириразового харчування має бути таким, %: сніданок – 25, обід – 35, вечеря – 15 і друга вечеря – 25; за триразового харчування відповідно 30:45:25.

! Увага

З метою виведення шкідливих речовин з організму людини продукти харчування повинні містити достатню кількість клітковини, амінокислот, пектину, альгінату натрію. Всі вони належать до харчових волокон і містяться в значних кількостях у висівках насіння, шкірках овочів і фруктів.

? Запитання для самоконтролю

1. Які методи виведення радіонуклідів Ви знаєте?
2. Як зменшити шкідливий вплив радіонуклідів на організм людини?
3. Які органічні сполуки мають радіозахисні властивості?
4. З якою метою необхідно насичувати організм солями калію і кальцію?
5. Як раціонально харчуватись в умовах радіаційного забруднення?
6. Питний режим в умовах радіаційного забруднення.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Завдання для контрольної роботи розроблено за сто варіантною системою. Номер варіанта відповідає двом останнім цифрам шифру особової справи студента-заочника. Наприклад, якщо шифр 9802, то номер варіанта буде 02. У таблиці вибору варіантів по вертикалі беруть 0, по горизонталі – 2. На перетині вертикальної і горизонтальної граф розміщено номери питань, на які слід дати відповідь (1,15,25,35,51,58,40,71,78).

Контрольна робота виконана не за своїм варіантом, не зараховується і повертається студенту для повторного виконання. Контрольну роботу слід виконувати в окремому зошиті, залишаючи поля для зауважень викладача, а в кінці – 1...2 сторінки для рецензії. Писати слід розбірливим почерком. Спочатку треба переписати умову питання, а потім давати відповіді. Відповіді на питання повинні бути чіткими, змістовними, логічними, конкретними.

Якщо виникають певні ускладнення під час виконання контрольної роботи, то необхідно звернутися за усною чи письмовою консультацією до навчального закладу.

У кінці роботи подати список використаної літератури, поставити дату виконання та особистий підпис.

На титульному аркуші зазначити назву роботи, предмет, прізвище, ім'я, по батькові, шифр і домашню адресу.

Одержавши контрольну роботу після перевірки, треба уважно розібратися із зауваженнями викладача і внести необхідні доповнення. Якщо робота не зарахована, то її слід виконати повторно і надіслати на перевірку разом з попередньою.

ПИТАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Будова атомів та ядерних атомів.
2. Ізотопи. Радіоактивність.
3. Типи радіоактивного розпаду.
4. Активність радіонуклідів, одиниці її вимірювання.
5. Питома активність, одиниці її вимірювання.
6. Об'ємна активність, одиниці її вимірювання.
7. Поверхнева активність, одиниці її вимірювання.
8. Природні радіоактивні елементи.
9. Штучні радіоактивні елементи.
10. Електромагнітне випромінювання.
11. Корпускулярне випромінювання.
12. Альфа-частини. Бета-частини. Нейтрони.
13. Дози опромінення.
14. Поглинута доза випромінювання, одиниці її вимірювання.
15. Експозиційна доза випромінювання, одиниці її вимірювання.
16. Еквівалентна доза випромінювання, одиниці її вимірювання.
17. Потужність дози.
18. Види потужності дози та одиниці вимірювання.
19. Розповсюдження радіонуклідів в атмосфері.
20. Взаємодія радіонуклідів з ґрунтами.
21. Осадження радіонуклідів на ґрунтово-рослинне покриття.
22. Вертикальна міграція радіонуклідів.
23. Утворення летючих з'єднань.
24. Поведінка радіонуклідів в системі ґрунт-рослина та ланцюзі норм-організм тварин – продукти тваринництва.
25. Надходження радіонуклідів у рослини з ґрунту.
26. Характер надходження радіонуклідів і накопичення в окремих органах рослин.
27. Коефіцієнт накопичення.
28. Розподіл радіоактивних речовин в організмі тварин та їх виведення.
29. Природні джерела опромінення.
30. Космогенні природні радіонукліди.
31. Поодинокі природні радіонукліди.
32. Сімейства важких природних радіоактивних елементів.
33. Озоновий шар. Озонова "дира".
34. Фотобіологічні ефекти, які виникають під впливом ультрафіолетових променів.
35. Антропогенні зміни радіоактивного фону.
36. Використання іонізуючих випромінювань у медицині.
37. Наслідки випробувань ядерної зброї.
38. Атомна енергетика. Чорнобильська катастрофа.
39. Радіонуклідний склад забруднень після Чорнобильської катастрофи.
40. Категорії людей потерпілих внаслідок Чорнобильської катастрофи.
41. Радіобіологічні ефекти.
42. Радіаційна стимуляція.
43. Морфологічні зміни.
44. Променева хвороба.
45. Генетичні зміни. Загибель.
46. Близькі і віддалені наслідки радіаційного ураження.
47. Норми радіаційної безпеки та їх дотримання.
48. Категорії опромінених осіб та групи критичних органів.
49. Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами.
50. Основні принципи захисту при роботі із закритими та відкритими джерелами випромінювання.
51. Групи радіотоксичності.
52. Типи радіологічних лабораторій.
53. Основні класи робіт з радіоактивними речовинами.
54. Збір, видалення і знешкодження твердих і рідких відходів.
55. Дезактивація робочих приміщень і обладнання лабораторії.
56. Індивідуальний захист та особиста гігієна при роботі з радіоактивними речовинами.
57. Методи реєстрації іонізуючих випромінювань.
58. Детектори. Іонізаційні камери, їх будова та принцип дії.
59. Газорозрядні детектори, їх будова та принцип дії.
60. Хімічні детектори, їх будова та принцип дії.
61. Фотографічні детектори, їх будова та принцип роботи.
62. Застосування газорозрядних лічильників, їх відмінність від іонізаційних камер.
63. Сутність та переваги хімічних детекторів, їх види.
64. Фотографічні детектори, їх будова, особливості вимірювань.
65. Характеристика сцинтиляторів.
66. Особливості конструкцій, будова та принцип дії сцинтиляційних лічильників.
67. Класифікація приладів радіаційного контролю.
68. Радіометри СРП-68-01, СРП-88, їх призначення, будова підготовка до роботи, правила роботи з приладами та принцип їх дії.
69. Радіометр "Бета", його призначення, будова та підготовка до роботи, правила роботи з приладами.
70. Радіометр "Прип'ять", його призначення, будова та підготовка до роботи, правила роботи з приладом.
71. Основні конструктивні особливості гамма-радіометра РУГ-91 М "Адани".
72. Призначення гамма-радіометра РУГ-91 м "Адани" та його аналогів.
73. Принцип дії гамма-радіометра РУГ-91 М "Адани".
74. Методика роботи з приладом РУГ-91 М "Адани".
75. Особливості конструкції різних індивідуальних дозиметрів.
76. Дозиметр "Белла".

- 77.Методика відбору проб молока, м'яса, молочних, м'ясних продуктів та сировини для радіометричного контролю.
 78.Норми відбору проб та підготовка проби до аналізу.
 79.Характеристика допустимих рівнів вмісту окремих радіонуклідів.
 80.Порядок обстеження сировини води, молочних та м'ясних продуктів.
 81.Методи визначення ступеня забруднення різних поверхонь, питомої активності молока, м'яса, молочних та м'ясних продуктів.
 82.Рекомендації з переробки молока та м'яса, в залежності від ступеня забрудненості радіонуклідами.
 83.Хімічні методи очистки молока та м'яса від радіоактивних речовин.
 84.Норми використання забруднених молочних та м'ясних продуктів.
 85.Методи виведення радіонуклідів із організму людини.
 86.Рациональне харчування і питний режим.

Передостання шифру	ТАБЛИЦЯ РОЗПОДЛУ ПИТАНЬ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ ЗА ВАРІАНТАМИ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1,17,23, 31,44, 52,64,70,86	2,18,19,29 45,53,69, 70,84	3,10,24, 35,85 46,51,57,71	4,11,20, 34,83 43,45,63,72	5,16,22, 30,42 47,56,82,65	6,15,25, 32,41 48,60,81,73	7,14,21, 33,40 50,58,74,77	8,13,26, 36,40 49,66,75,78	9,12,27, 37,39 55,61,76,80	0 3,18,28, 38,44, 62,67,55,79
2	4,15,26, 39,47, 57,29,67,78	6,11,22, 46,56, 66,41,76,86	10,12,26 30,53, 31,49, 57,40,70,78	8,11,23, 31,49, 65,42,73,79	13,17,22, 33,54, 59,29,77,79	13,18,25, 43,51, 60,38,69,83	10,14,23, 41,53, 66,46,68,79	12,17,22, 43,53, 66,37,70,81	2,6,19, 38,51, 61,43,76,78	6,15,24, 36,54, 64,40,76,80
3	3,7,28, 40,48, 58,36,68,79	7,14,21, 33,48, 65,35,77,85	15,18,28, 32,56, 57,32,69,80	14,18,26, 41,48, 66,43,68,81	1,7,23, 39,52, 58,30,68,80	4,8,22, 29,52, 62,39,70,85	3,7,19, 32,52, 64,45,73,78	11,18,21, 37,55, 65,36,69,83	4,17,26, 31,49, 58,42,70,79	14,14,22, 40,55, 59,33,74,78
4	1,10,19, 34,49, 59,38,69,80	3,17,23, 41,50, 64,34,77,84	7,8,19, 32,56, 58,45,68,82	10,16,28, 29,47, 66,31,77,83	8,16,25, 36,51, 57,31,73,81	1,16,26, 38,53, 64,40,75,86	8,9,22, 46,51, 58,35,71,84	2,14,27, 33,48, 58,35,71,84	10,16,27, 39,47, 41,42,75,86	3,16,26, 46,56, 57,45,77,85
5	6,12,20, 60,44,70,81	8,10,20, 42,52, 63,37,76,83	1,5,22, 39,55, 59,30,67,84	12,15,21, 38,55, 65,39,71,85	12,15,26, 44,49, 59,32,67,82	2,11,28, 31,54, 66,41,72,78	4,18,27, 44,50, 62,43,67,83	10,13,28, 36,50, 62,34,72,82	8,12,23, 44,48, 65,35,71,85	1,18,23, 45,56, 58,32,68,86
6	6,9,25, 29,51, 61,33,71,82	9,16,24, 37,54, 62,46,75,82	6,13,24, 45,54, 60,46,69,86	4,6,19, 40,53, 64,33,74,78	11,14,20, 40,47, 61,33,72,82	12,15,21, 42,55, 57,42,77,85	11,16,28, 39,49, 60,42,76,86	6,4,19, 40,52, 57,33,67,84	1,5,21, 41,49, 62,39,69,79	9,10,20, 42,55, 61,44,73,78
7	4,10,21, 36,52, 62,39,72,83	5,18,27, 44,56, 61,30,74,81	2,16,25, 44,53, 63,34,75,81	2,13,20, 46,51, 63,44,70,86	5,18,23, 46,47, 63,34,75,81	7,14,26, 45,56, 59,43,74,86	2,5,20, 38,48, 58,41,74,85	1,5,23, 35,54, 59,33,73,83	9,13,20, 43,50, 60,29,69,82	5,8,27,30,54, 42,55, 57,36,67,85
8	2,3,23, 30,53, 63,31,73,84	1,9,28, 43,47, 60,45,73,80	3,14,21, 34,52, 62,34,75,83	1,9,28, 42,49, 62,38,74,85	2,10,19, 34,48, 65,33,76,80	3,17,24, 45,56, 59,43,74,86	1,12,25, 42,47, 57,40,77,78	9,15,24, 30,56, 66,31,68,82	14,15,22, 35,51, 57,46,71,84	2,12,25, 37,53, 61,30,72,84
9	1,6,24, 31,54, 64,43,74,85	2,4,22, 38,49, 59,32,72,79	9,17,27, 37,51, 63,35,72,81	7,17,24, 33,47, 61,36,70,83	3,9,27, 32,49, 57,36,69,79	5,9,21, 37,55, 63,45,67,81	15,17,20, 34,49, 60,39,77,79	8,16,25,3 1,55, 57,30,77,81	3,18,24, 32,52, 64,37,75,83	7,13,21, 34,52, 63,31,75,81
0	5,8,27, 45,55, 65,42,75,86	1,15,25 35,51, 58,40,71,78	11,4,20, 36,50, 64,41,67,79	3,5,27, 43,56, 60,29,71,84	4,6,24, 30,50, 58,37,71,84	6,10,25, 41,54, 65,46,73,80	6,13,26, 45,51, 63,38,75,80	3,7,28, 29,51, 65,29,74,80	7,4,19, 33,53, 58,34,70,81	11,17,28, 29,51, 60,38,77,79

ЛІТЕРАТУРА

1. Гудков І.М., Ткаченко Г.М. Основи сільськогосподарської радіобіології та радіоекології. – К.: Вища школа, 1993.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97). – К., 1997.
3. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. – К.: Либідь 2000.
4. Кизин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли. – М.: Наука, 1991.
5. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивні забруднення і їх вимірювання. – М., 1989.
6. Прістер Б.С., Іванов Ю.О., Гермашенко В.Г. Методика відбору проб сільськогосподарської продукції та продуктів харчування для лабораторного аналізу на вміст радіонуклідів. – УНДІСГР, 1997.
7. Запольський А.К., Самок А.І. – Основи екології – К.: Вища школа, 2001.
8. Прістер Б.С., Лошилов Н.А., Немец О.Ф., Поярков В.А. Основы сельскохозяйственной радиобиологии. К.: Урожай, 1991.
9. Гудков И.Н., Ткаченко Г.М., Кицню В.Е. Практикум по сельскохозяйственной радиобиологии – К.: УСХА, 1992.
- 10.Руководство до експлуатації гамма-радіометра РУГ-91"Адани".
- 11.Руководство по эксплуатации дозиметра бытового „Белла”.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Фізична природа іонізуючих випромінювань та їх взаємодія з речовинами.....	4
1.1 Радіоактивність. Джерела іонізуючих випромінювань та забруднень радіонуклідами навколишнього середовища.....	4
1.2 Взаємодія α -часток, β -часток, γ -випромінювань з речовинами.....	6
1.3 Дози випромінювань. Потужність дози і види опромінення.....	8
2 Радіоекологія.....	10
2.1 Міграція радіонуклідів у повітряному середовищі.....	10
3. Біологічна дія іонізуючих випромінювань.....	13
3.1.Джерела опромінення людини.....	13
3.2.Озонові “дири” в атмосфері, як причина зростання інтенсивності ультрафіолетових променів.....	18
3.3 Радіобіологічні ефекти.....	18
4. Норми радіаційної безпеки	21
4.1.Основні дозові межі опромінення та допустимі рівні.....	21
4.2. Вимоги до пристроїв, обладнання, організації робіт у радіологічній лабораторії.....	23
5. Методи визначення та вимірювання радіоактивних випромінювань.....	26
5.1.Методи реєстрації іонізуючих випромінювань. Детектори.....	26
5.2.Особливості конструкції та принцип дії сцинтиляційного лічильника.....	29
6. Прилади радіаційного контролю, їх класифікація та призначення... ..	32
6.1.Класифікація приладів радіаційного контролю.....	32
6.2.Радіометри “Бета”, “Прип’ять”, їх будова та принцип дії.....	37
6.3.Будова та принцип дії гамма-радіометра РУГ 91 М “Адани”.....	39
6.4.Дозиметри індивідуального дозиметричного контролю.....	43
7. Види і методи радіаційного контролю.....	48
7.1.Норми відбору проб харчових продуктів для радіометричного контролю.....	48
7.2.Радіометричний контроль чистоти молочних та м’ясних продуктів.....	50
7.3.Способи очистки та раціонального використання молока і молочних продуктів, м’яса та м’ясних продуктів забруднених радіонуклідами.....	53
7.4.Методи виведення радіонуклідів із організму людини.....	56
Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	59
Контрольні запитання.....	60
Таблиця розподілу варіантів контрольних завдань.....	63
Література.....	64