

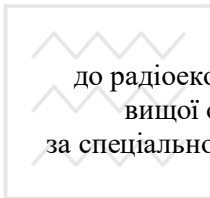


Національний університет
водного господарства
та природокористування

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
АГРОЕКОЛОГІЇ І ЗЕМЛЕУСТРОЮ**

Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-91



Методичні вказівки
до радіоекологічної навчальної практики для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальностями 101 «Екологія», 183 «Технологія захисту
навколишнього середовища»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною комісією
зі спеціальностей
101 «Екологія», 183
«Технологія захисту
навколишнього середовища»
Протокол № 7 від 30 січня
2019 року

Рівне – 2019



Методичні вказівки для навчальної практики з курсу «Радіоекологія» для студентів спеціальності 101 Екологія, 183 «Технологія захисту навколишнього середовища», / О. М. Клименко, М. О. Клименко, А. М. Прищеп, К. П. Турчина, О. А. Брежицька – Рівне : НУВГП, 2019. – 38 с.

Укладачі: О.М. Клименко, д.с.-г.н., професор, М.О. Клименко, д.с.-г. н., професор, А.М. Прищеп д.с.- г.н, професор, К.П. Турчина, к.с.-г.н., доцент, О.А. Брежицька, к.с.-г.н., доцент.

Відповідальний за випуск: М. О. Клименко, доктор с.-г.наук, професор, завідувач кафедри екології.

ЗМІСТ

Вступ	3
1.Програма практики	4
2. Методика проведення практики	7
2.1. Основні вимоги до роботи в радіаційних лабораторіях	7
2.2. Основні санітарні правила при роботі з радіоактивними речовинами	12
2.3. Норми радіаційної безпеки при роботі з радіоактивними речовинами	17
3. Методики відбору та підготовки зразків навколишнього природного середовища для проведення радіометричних вимірювань	22
3.1. Відбір проб зразків навколишнього природного середовища	22
3.2. Підготовка проб до радіометрії	24
3.3. Призначення, класифікація приладів радіаційного контролю. Визначення радіоактивного забруднення середовища, зразків.	25
4. Звітність	37
Література	38

© Клименко О. М., Клименко М. О.,
Прищеп А. М., Турчина К. П., Брежицька О. А., 2019
© НУВГП, 2019



Вступ

Нагальні екологічні проблеми сьогодення підсилюються радіаційним забрудненням значних територій внаслідок катастрофи на ЧАЕС, радіаційних аварійних ситуацій та не правильним використанням, зберіганням, утилізації джерел іонізуючого випромінювання.

Основними і потенційними джерелами радіаційного забруднення в мирний час є атомні електростанції, підприємства з виробництва ядерного палива, склади ядерної зброї, підприємства по переробці ядерних відходів, місця захоронення відходів, тощо.

Зараз в Україні працюють 14 енергетичних ядерних реакторів. В медицині, промисловості, наукових закладах використовуються декілька десятків тисяч радіоактивних джерел. Величезна кількість знаходиться в об'єкті «Укриття» Чорнобильської зони відчуження.

Незважаючи на великі зусилля по підвищенню безпеки експлуатації ядерних реакторів та інших ядерних об'єктів, всі вони є джерелами ядерної небезпеки і потенційними джерелами радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Основними забруднюючими факторами при радіаційному забрудненні (наприклад, в результаті аварії на АЕС) є радіоактивне випромінювання (в перші години після виникнення аварійної ситуації) та внутрішнє опромінення від радіонуклідів, що попадають в організм людини з продуктами харчування та водою

Тому в цих умовах сучасний фахівець-еколог повинен:

знати:

- завдання радіоекології;
- сучасні радіоекологічні проблеми;
- основні радіоекологічні поняття, закони та одиниці;
- міграційні процеси радіонуклідів в системі «грунт-рослина-тварина-людина»;
- взаємодію іонізуючого випромінювання з біологічними об'єктами;
- організацію агропромислового виробництва на забруднених радіонуклідами територіях.



ВМІТИ:

- виявляти джерела забруднення довкілля;
- вести радіоекологічний моніторинг;
- оцінювати радіоекологічну ситуацію;
- розробляти заходи зменшення надходження радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію;
- прогнозувати рівні забруднення сільськогосподарської продукції та сумарні ефективні еквівалентні дози опромінення людини.

Навчальна практика з радіоекології має за мету закріпити теоретичні знання одержані під час лекційно-лабораторних занять з дисципліни «Радіоекологія», отримати певні вміння та навички з радіоекології та навчитися виявляти джерела забруднення довкілля, вести радіологічний моніторинг, оцінювати радіологічну ситуацію.

Тривалість практики – 18 днів.

Місце і організація практики

Практику з радіоекології проводять на території м. Рівне, в лабораторіях НУВГП, санепідемстанції.

Студенти працюють щоденно по 6 год.

Спорядження і обладнання

Для проведення польових і камеральних робіт з вивчення радіологічного стану необхідно мати:

1. Схему досліджуваної місцевості;
2. Радіометр «Прип'ять», дозиметр-радіометр «Горинь»;
3. Поліетиленові пакети для відбору проб рослинної продукції та ґрунту;
4. Щоденник з твердою обкладинкою для запису пояснень викладача і власних спостережень;
5. Бланки готових етикеток;
6. Дозиметра ДРГЗ-01, радіометр РІГ-01 «Гама».

1. ПРОГРАМА ПРАКТИКИ

1.1. Опис предмета навчальної практики



Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS -2,0 Модулів-2 Загальна кількість годин-72. Тижневих -36 год.	Галузь знань 10 – природничі науки 18 – Виробництво та технології Спеціальність 101 - Екологія 183 –Технології захисту навколишнього середовища	Цикл професійної підготовки Рік підготовки -3-й Семестр - 6-й Практичних - 90 год. Самостійна робота - 45 год. Вид контролю – залік.

1.2. Мета радіоекологічної навчальної практики

Вміти: виявляти джерела забруднення довкілля, вести радіологічний моніторинг, оцінювати радіологічну ситуацію.

1.3. Структура залікового кредиту

№ п/р	Назва тем змістових модулів	Кількість годин
Модуль.1. Норми радіаційної безпеки. Прилади радіаційного контролю.		
1	Норми радіаційної безпеки. Прилади радіаційного контролю, методи радіаційного контролю.	7
2	Призначення, класифікація приладів радіаційного контролю. Принцип роботи дозиметричних і радіометричних приладів.	7
3	Визначення питомої активності гамма-випромінюючих нуклідів у пробах за допомогою радіометра РІГ-01 «Гама».	7



4	Ознайомлення з методами радіаційного контролю. Визначення радіоактивності харчових продуктів, води та інших об'єктів навколишнього середовища, що використовують у відділах радіаційного контролю санітарно-епідеміологічних станцій.	8
5	Ознайомлення з роботою системи спостережень і контролю за станом потенційно небезпечних радіаційних об'єктів на прикладі системи радіаційного моніторингу ГАММА	8
6	Камеральні роботи (опрацювання та аналіз отриманих даних, написання змісту модуля 1)	8
Всього модуль 1		45
Модуль 2. Дослідження гама-фону природних, природно-антропогенних та антропогенних систем		
7	Дослідження гама-фону урбоєкосистеми	7
8	Дослідження гама-фону природно-антропогенної екологічної системи	7
9	Дослідження гама-фону берегової річкової зони (річка Устя)	7
10	Дослідження гама-фону агро-єкосистем, рекреаційних територій	8
11	Камеральні роботи (опрацювання та аналіз отриманих даних, побудова графіків написання звіту з модуля 2)	8
12	Камеральні роботи (до оформлення звіту, формування висновків). Підсумковий контроль у вигляді захисту звіту.	8
Всього модуль 2		45



1.4. Методи навчання

В процесі проведення навчальної практики використовуються такі методи активного навчання та технічні засоби:

- Друковані роздаткові матеріали
- Довідникові матеріали.

1.5. Методи контролю

Підсумковий контроль (захист звіту з навчальної практики).

1.6. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Модуль 1	Модуль 2	Підсумковий контроль	Сума
30	30	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для заліку
90 – 100	зараховано
82-89	
74-81	
64-73	
60-63	
35-59	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ

2.1. Основні вимоги до роботи в радіаційних лабораторіях

Для визначення рівня радіаційного забруднення сільськогосподарської продукції, будівельних матеріалів та сировини використовують різні методи та засоби. Всі аналізи на



предмет радіоактивного забруднення здійснюють у радіологічних лабораторіях. Ці лабораторії обладнані відповідно до класу робіт з радіоактивними речовинами.

Всі роботи з використанням відкритих радіаційних джерел поділяють на три класи. Клас робіт встановлюють за таблицею (табл. 1.1) і він залежить від групи радіоактивної небезпеки радіонукліда і фактичної його активності на робочому місці.

Радіонукліди як потенційні джерела внутрішнього опромінення поділяються за ступенем радіаційної небезпеки (спадуючий ряд) на чотири групи А, Б, В, Г.

У випадку наявності на робочому місці радіонуклідів різних груп радіаційної небезпеки активність зводиться до групи А радіаційної небезпеки, при цьому використовуємо формулу:

$$C = C(A) + 0,1C(B) + 0,01C(V) + 0,001C(\Gamma),$$

де С - сумарна активність, зведена до групи А радіаційної небезпеки, мкКі; С(А), С(Б), С(В), С(Г) - активність нуклідів з групою радіаційної небезпеки Відповідно А, Б, В, Г, мкКі.

Згідно положень ОСП-72/87 (Основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань), всі види робіт з радіоактивними речовинами залежно від груп радіотоксичності нуклідів та їх активності на робочому місці, поділяються на 3 класи, табл. 1.1

Розміщення та обладнання приміщень в установах визначають класом робіт з радіоактивними речовинами. Детально наведем характеристику приміщень на певного класу робіт.

Таблиця 2.1

Характеристика класу робіт з радіоактивними речовинами

Група радіотоксичності	Мінімально значима активність, мкКі	Активність на робочому місці, мкКі		
		Клас робіт		
		I	II	III
A	0.1	$>10^4$	$10 - 10^4$	0.01 - 10



Б	1.0	$>10^5$	$100 - 10^5$	1 - 100
В	10.0	$>10^6$	$10^3 - 10^6$	$100 - 10^3$
Г	100.0	$>10^7$	$10^4 - 10^7$	$10^3 - 10^4$

Приміщення для 1 класу робіт.

Приміщення для 1 класу робіт розміщується в окремій будівлі, або в ізольованій її частині з відповідно обладнаним окремим входом через санпропускник. **Санпропускник** - приміщення, призначене для зміни одягу, взуття, санітарної обробки персоналу, контролю радіоактивного забруднення шкіри, засобів індивідуального захисту, спеціального й особистого одягу персоналу.

Лабораторія 1-го класу поділяється на 3 зони:

- I зона - це камери, бокси та інші герметично обладнані відділи, де зберігається технологічне обладнання та комунікації, які є джерелами іонізуючого випромінювання;
- II зона - ремонтно-транспортне приміщення, яке періодично обслуговується для проведення робіт, пов'язаних з відкриттям технологічного обладнання, вузлів завантаження та розвантаження, а також тимчасового зберігання і видалення відходів радіоактивних речовин;
- III зона - це приміщення, для постійного перебування обслуговуючого персоналу, пульти управління, операторські та інше.

При санітарних шлюзах (саншлюз - приміщення між зонами установи, призначене для попередньої дезактивації і зміни додаткових засобів індивідуального захисту) між II та III зонами передбачається встановлення обладнання для попередньої очистки підошв взуття, миття пневмокостюмів безпосередньо на людині, дозиметричний пункт з умивальником, та гардероб з контейнером для спецодягу.

Приміщення для 2 класу робіт.

Приміщення для 2 класу робіт розміщується ізольовано від інших з санпропускником або душем та дозиметричним постом. Приточно-витяжна вентиляція, повинна забезпечувати п'ятикратний обмін повітря за 1 годину.

Приміщення для 3 класу робіт.



Приміщення для 3-го класу робіт обладнують у відповідності з вимогами до хімічних лабораторій, з обладнанням їх приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує трьохкратний обмін повітря за 1 годину. Передбачається використання столів та шаф, з слабосорбуючим покриттям.

Внутрішнє планування та обладнання лабораторій повинно сприяти зниженню потужності дози випромінювання до гранично допустимих значень, з площею на одного працівника не менше 10 м².

Всі лабораторії не повинні розміщуватись в житлових приміщеннях та дитячих установах.

Право (санітарний паспорт) на отримання, зберігання та використання радіоізоотопів в приміщеннях на основі акту комісії видають органи санітарно-епідеміологічної служби.

Спеціалізовані лабораторії.

До спеціалізованих лабораторій відносять радіологічну, радіобіологічну, радіохімічну, радіометричну, радіоспектриметричну.

Радіологічна або радіобіологічна лабораторії включають в себе такі приміщення:

- *сховище-фасова* - площа не менше 15-20 м²;
- *препараторська радіохімічна* - площа 45 м²;
- *кімната радіометричних вимірювань* - площа 40-45 м²;
- *радіоспектриметрична* - площа 25 м²;
- санпропускник та побутові приміщення.

Радіохімічна препараторська кімната використовується для виконання робіт з відкритими радіоактивними ізотопами в рідкому, твердому або газоподібному стані. В даній лабораторії проводяться дослідження хімічних властивостей радіоактивних елементів, кількість яких може вимірюватись від вагових одиниць до лічених атомів, та одержання радіоактивних ізотопів.

Радіометрична лабораторія призначена для проведення науково-дослідних робіт з радіометрії. Це роботи по визначенню питомої та об'ємної радіоактивності.

Радіоспектриметрична лабораторія призначена для визначення ізотопного складу радінуклідів - дослідження



спектрів поглинання і випромінювання речовин в радіодіапазоні довжини хвилі.

Поводження з радіоактивними речовинами.

У всіх приміщеннях, де проводиться робота з відкритими радіоактивними джерелами обов'язковим є щоденне вологе прибирання, щомісячне прибирання з миттям підлоги, стін, дверей та вікон, забороняється сухе прибирання. У випадку розливу радіоактивного розчину або розсипання порошку необхідно: виключити вентиляцію (для уникнення посиленого випаровування та пилоутворення); надіти індивідуальні засоби захисту; прийняти міри щодо збору та видалення радіоактивних речовин. Для дезактивації забрудненої поверхні використовують: миючі засоби ОП-7, ОП-10, щавелеву, лимонну та соляну кислоти, фосфати та інші спеціальні речовини в певних співвідношеннях.

Допустимі рівні забруднення лабораторій наведено у відповідних таблицях ОСП-72/87.

Зберігання радіоактивних речовин та поведіння з радіоактивними відходами. Еталонні джерела та радіоактивні препарати зберігають в сейфах. γ -активні препарати зберігають в спеціальних сейфах (СЗ, ССП, 2-ССЗ), які мають свинцевий захист, товщиною 20 - 50 мм. β -активні препарати зберігають в сейфах, виготовлених з вуглецевої сталі товщиною 3 -4 мм.

При виконанні науково-дослідних робіт появляються радіоактивні відходи, які не придатні для дальнійшої роботи.

Згідно ОСП-72/87 радіоактивні відходи поділяють на: *тверді* - це деталі, матеріали, біологічні об'єкти, відпрацьовані радіонуклідні джерела; *рідкі* це розчини неорганічних речовин, пульпа фільтроматеріалів, органічні рідини та інше.

Тверді відходи вважаються радіоактивними, при питомій активності їх понад 2.7×10^{-7} Кі/кг для α -випромінювання (для трансуранових елементів - 1×10^{-8}). Для β -активних відходів відповідно 2×10^{-6} Кі/кг. Для γ -активних відходів - 10^{-7} г-екв (грам-еквівалент) Ра/кг.

γ - еквівалент джерела - це умовна маса джерела ^{226}Ra , що створює на даній віддалі таку ж потужність експозиційної дози, як і це джерело.



Рідкі відходи за питомою активністю поділяють на: *слабоактивні* - активність яких нижче 10^{-5} Кі/л; *середньоактивні* - з активністю від 10^{-5} до 1 Кі/л; *високоактивні* - з активністю понад 1 Кі/л.

При умові перевищення концентрації рідких радіоактивних відходів не більше ніж в 10 разів по ДК (допустима концентрація) для води допускається скид їх в комунально-побутову каналізацію, при умові забезпечення 10-ти кратного їх розведення нерадіоактивними стоками. В іншому випадку, рідкі та тверді відходи збирають в спеціальні ємкості, для послідуочого захоронення, або відправки на спеціалізовані підприємства для переробки.

Короткоживучі радіоактивні відходи (з періодом напіврозпаду до 15 діб) витримують до безпечного зниження їх активності, після чого тверді радіоактивні відходи видаляють як звичайні сміття, а рідкі - в комунально-господарську каналізацію.

Вибухо- та вогнебезпечні радіоактивні відходи перед видаленням переводять у вибухо- та вогнебезпечний стан. Тому збір радіоактивних відходів повинен проводитись роздільно, в залежності від їх фізичного стану, вибухо- та вогнебезпечки і періоду напіврозпаду.

Щорічно комісія, назначена керівником установи перевіряє правильність ведення обліку радіоактивних речовин, як переданих на захоронення, так і тих, що знаходяться в лабораторії.

2.2. Основні санітарні правила при роботі з радіоактивними речовинами

Згідно основних санітарних правил (ОСП72/87) при роботі з радіоактивними речовинами виділяють різні види опромінення та встановлюють типи джерел випромінювання.

При цьому розрізняють: *зовнішнє опромінення* - вплив іонізуючого випромінювання на організм із зовні; *внутрішнє* або *інкорпороване* - вплив іонізуючого випромінювання на організм або окремі його органи радіонуклідами, що містяться в середині організму.



Типи джерел випромінювання поділяють на *закрите* (виключається можливість надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище, а отже і можливість внутрішнього опромінення - це диски, сплави, злитки, стержні тощо) і *відкрите* (є можливість надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище, а отже може мати місце як зовнішнє, так і внутрішнє опромінення - це рідини, порошки, гази тощо);

В ОСП-72/87 всі радіонукліди, як потенційні джерела внутрішнього опромінення умовно розділені на 4 групи по радіотоксичності (табл 2.2).

1. Група А - *особливо радіотоксичні*, активність їх на робочому місці не повинна перевищувати 0.1 мкКі. Сюди входить 39 ізотопів, в тому числі Pb -210, Po-210, Ra-226, Pu-239 та Pu-240, Am-24 та інші трансуранові елементи.

2. Група Б - *високорадіотоксичні*, активність їх на робочому місці не повинна перевищувати 1 мкКі. Це 23 ізотопи, зокрема Sr-90, B-131, Ru-106, Ra-223, Th-227 та інші.

3. Група В - *середньорадіотоксичні*, допустима активність яких на робочому місці не повинна бути вище 10 мкКі. Сюди входять 162 ізотопи, в тому числі: Na-24, P-32, S-35, K-42, Mn-56, Co-60, Sr-89, Cs-134, Cs-137, Ba-140, Ce-144;

4. Група Г - *малорадіотоксичні*, допустима концентрація яких на робочому місці не повинна перевищувати 100 мкКі. Сюди входить 45 ізотопів, в тому числі: H-3, C-14, P-33, Cu-64, Pt-197 і інші.

Таблиця 2.2

Класифікація радіонуклідів за їх відносною токсичністю.

Група токсичності	Радіонукліди
А Надзвичайно високо токсичні	$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, $^{210}\text{Pb}+^{210}\text{Bi}$, ^{210}Po , ^{211}At , ^{226}Ra +дочірні, ^{228}Ra , ^{227}Ac , трансуранові
Б Дуже токсичні	^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{89}Sr , ^{91}Y , $^{107}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{126}I , ^{129}I , ^{131}I , ^{134}Cs , $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$, ^{144}Ce , ^{144}Pr , ^{151}Sm , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{170}Tm , ^{207}Bi , ^{223}Ra , ^{228}Ac , ^{227}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}Th , ^{230}Pa ,



^{231}Pa , ^{230}U до ^{238}U	
В Середньо токсичні	^{14}C , ^{16}N , ^{22}Na , ^{31}Si , ^{32}P , ^{35}S , ^{36}Cl , ^{42}K , ^{47}Ca , ^{46}Sc , ^{47}Sc , ^{48}Sc , ^{48}V , ^{52}Mn , ^{64}Mn , ^{56}Mn , ^{55}Fe , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{65}Ni , ^{64}Cu , ^{65}Zn , $^{69\text{m}}\text{Zn}$, ^{72}Ga , ^{73}As , ^{74}As , ^{76}As , ^{77}As , ^{75}Se , ^{82}Br , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{86}Rb , ^{88}Rb , ^{85}Sr , ^{89}Sr , ^{91}Sr , ^{92}Sr , ^{91}Y , ^{92}Y , ^{93}Y , $^{93}\text{Zr}+^{93}\text{Nb}$, $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$, ^{99}Mo , ^{96}Tc , $^{97\text{m}}\text{Tc}$, ^{97}Tc , ^{99}Tc , ^{103}Ru , ^{105}Ru , ^{105}Rh , $^{103}\text{Pd}+^{103}\text{Rh}$, ^{109}Pd , ^{105}Ag , ^{111}Ag , $^{109}\text{Cd}+^{109}\text{Ag}$, ^{115}Cd , $^{115\text{m}}\text{Cd}$, $^{114\text{m}}\text{In}$, ^{113}Sn , ^{122}Sb , ^{124}Sb , ^{125}Sb , $^{125\text{m}}\text{Te}$, ^{129}Te , ^{132}Te , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{135}Cs , ^{136}Cs , $^{137}\text{Cs}+^{137}\text{Ba}$, ^{131}Ba , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{142}Pr , ^{143}Pr , ^{146}Nd , ^{149}Nd , ^{147}Pm , ^{153}Sm , $^{152\text{m}}\text{Eu}$, ^{155}Eu , ^{153}Gd , ^{159}Gd , ^{160}Tb , ^{166}Dy , ^{166}Ho , ^{169}Er , ^{171}Er , ^{171}Tm , ^{175}Yb , ^{177}Lu , ^{181}Hf , ^{182}Ta , ^{181}W , ^{185}W , ^{187}W , ^{183}Re , ^{186}Re , ^{188}Re , ^{191}Os , ^{190}Ir , ^{192}Ir , ^{194}Ir , ^{191}Pt , ^{193}Pt , ^{197}Pt , ^{196}Au , ^{198}Au , ^{199}Au , $^{197\text{m}}\text{Hg}$, ^{197}Hg , ^{203}Hg , ^{200}Te , ^{202}Te , ^{204}Te , ^{303}Pb , ^{212}Pb , ^{206}Bi , ^{231}Th , ^{233}Pa , ^{240}U
Г Помірно токсичні	^3H , ^7Be , ^{13}N , ^{17}N , ^{18}F , ^{38}Ca , ^{37}Ar , ^{41}Ar , ^{51}Cr , $^{58\text{m}}\text{Co}$, ^{69}Zn , ^{71}Ge , ^{77}Kr , ^{85}Kr , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{87}Rb , $^{85\text{m}}\text{Sr}$, $^{91\text{m}}\text{Y}$, ^{97}Nb , $^{96\text{m}}\text{Tc}$, ^{97}Ru , $^{103\text{m}}\text{Rh}$, $^{113\text{m}}\text{In}$, $^{115\text{m}}\text{In}$, ^{115}In , ^{129}Sb , ^{133}Te , $^{131\text{m}}\text{Xe}$, ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{131}Cs , $^{134\text{m}}\text{Cs}$, ^{139}Ba , ^{141}La , ^{142}La , ^{145}Ce , ^{145}Pr , ^{146}Pr , ^{144}Nd , ^{147}Sm , ^{165}Dy , ^{187}Re , $^{193\text{m}}\text{Pt}$, ^{201}Tl , природний U та Th

При роботі з радіаційними речовинами передбачений захист від випромінювання. В комплексі заходів по захисту враховують також вид іонізуючого випромінювання: α - та β -частинки, γ -кванти.

α -частинки пробігають в повітрі від 2.4 до 11.0 см (в залежності від енергії), а в біологічній тканині соті долі міліметра Тому одяг та гумові рукавиці повністю захищають від зовнішнього α -випромінювання.

β -частинки пробігають в повітрі від 10 см до 25 м, а в біологічних тканинах до 7.5 мм, і діють в основному на покривні тканини та роговицю ока. Повного захисту від β -частинок немає. Але для захисту від β -випромінювання застосовують екрани з матеріалів з малою атомною масою (скло, плексиглас, алюміній), або двошарові екрани: перший для поглинання β -частинок та додатково другий, з важких



металів (свинець, та інші) для поглинання гальмівного рентгенівського випромінювання, що утворюється.

γ-випромінювання викликає слабку іонізуючу дію при значній проникаючій здатності: пробіг γ -квантів в повітрі -100 - 150 м, в біологічній тканині - декілька метрів.

Захист від зовнішнього γ -випромінювання досягається:

- зменшенням тривалості роботи з джерелом випромінювання шляхом швидкої маніпуляції з препаратами в результаті високої кваліфікації персоналу та скорочення робочого дня;
- застосуванням захисних екранів з матеріалів з великою атомною масою (свинець, чугун);
- збільшенням віддалі до джерела випромінювання (дистанційні інструменти, подовжувачі, маніпулятори). При збільшенні віддалі в 2 рази доза зменшується в 4 рази;
- використання для роботи джерел з мінімально можливим виходом випромінювання.

Товщина захисних екранів розраховується за шарами половинного послаблення ($T_{1/2}$). *Шар половинного послаблення* - це товщина будь-якого матеріалу (речовини), яка знижує дозу проникаючої радіації в 2 рази (набл. 2.3).

Таблиця 2.3

Величина шару половинного послаблення γ -
випромінювання для різних матеріалів

Матеріал	Густина, г/см ³	Товщина шару, см
Вода	1	13,0
Деревина	0.7	21.0
Поліетилен	0.9	14.0
Склопластик	1.4	10.0
Бетон	2.3	5.6
Алюміній	2.7	6.5
Сталь, залізо	7.8	1.8
Свинець	11.3	1.3

Основні санітарні правила індивідуального захисту та особистої гігієни.



При роботі з радіоактивними речовинами ОСП-72/87 та НРБУ-97 встановлюють основні санітарні правила індивідуального захисту та особистої гігієни.

До засобів індивідуального захисту (умовно) відносять засоби суцього індивідуального користування, та крім того, співробітники лабораторій забезпечуються халатами, шапочками, рукавицями, пластиковими наруківниками, фартухами, напівхалатами, напівкомбінезонами, пневмокостюмами, додатковим спецвзуттям (гумові чоботи, пластикові сліди, бахили, чохли).

При роботі з радіоактивними газами, аерозолями та порошками застосовують фільтруючі засоби захисту органів дихання (респіратор "Лепесток", "Снежок", протигаз), для захисту очей застосовують окуляри із оргскла. Матеріали, з яких виготовлені засоби захисту повинні мати малу сорбційну здатність, легко відмиватись від радіоактивних речовин та відповідати гігієнічним вимогам.

Після закінчення роботи індивідуальні засоби захисту перевіряються на забрудненість, і при необхідності (перевищенні граничних значень) проводиться їх дезактивація.

При потраплянні радіоактивних речовин на шкіряний покрив - негайно миють руки 72%-м милом, або миючим порошком. При забрудненні волосся - його миють з використанням 3%-ної лимонної кислоти. Очі слід промивати струєю теплої води при широко відкритих віках.

В приміщеннях де працюють з радіоактивними речовинами не допускається:

- перебування співробітників без засобів індивідуального захисту;
- зберігання харчових продуктів та інших предметів, які не мають прямого відношення до виконуваних робіт;
- вживання їжі, паління цигарок, користування косметикою.

До безпосередньої роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання допускаються особи, старші 18 років, які пройшли обов'язковий медичний огляд і мають допуск до роботи.



Обов'язковим є щоденний радіаційний контроль за рівнем забруднення робочих поверхонь, обладнання, шкіряних покриттів та спецодежды персоналу.

Два рази на місяць контролюють вміст радіоактивних речовин в повітрі робочих приміщень, та один раз в квартал - в стічних водах.

Щомісячно проводиться індивідуальний контроль за дозами опромінення обслуговуючого персоналу.

2.3. Норми радіаційної безпеки при роботі з радіоактивними речовинами

НРБУ-97 є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів.

Мета НРБУ-97 - охорона здоров'я людини, безпечна експлуатація джерел іонізуючого випромінювання та охорона навколишнього середовища.

Основними принципами радіаційної безпеки є:

1. *Принцип виправданості* - будь-яка практична діяльність, що супроводжується опроміненням людей не повинна здійснюватись, коли вона не приносить більше користі опроміненним особам чи суспільству ніж шкоди;
2. *Принцип неперевищення* - рівні опромінення не повинні перевищувати встановлених лімітів доз;
3. *Принцип оптимізації* - рівні доз опромінення та кількість опромінюваних осіб повинні бути мінімальними.

Основні регламентовані величини НРБУ-97.

Вимоги НРБУ-97 поширюються на ситуації опромінення людей в таких умовах:

1. Нормальної експлуатації індустриальних джерел іонізуючого випромінювання. До цієї групи вимог входять:

- *ліміти доз (ЛД)* - норматив обмеження опромінення осіб категорій А, Б та В. В НРБУ-97 встановлені ліміт ефективної дози та ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення;
- *похідні рівні*, серед яких розрізняють *допустимі рівні (ДР)* - норматив надходження радіонуклідів в організм людини за календарний рік, усередненої річної потужності еквівалентної



доз, концентрації радіонуклідів в повітрі, питній воді, раціоні та інше; *контрольні рівні (КР)* - регламенти, чисельні значення яких встановлюються керівництвом установи виходячи з фактично досягнутого на даному об'єкті рівня за узгодженням з органами Держсанепідемнагляду.

2. Обмеження опромінення людини від медичних джерел. До цієї групи вимог входять:

- *рекомендовані рівні* - величина дози, потужності дози чи радіоактивності, що встановлюється Міністерством охорони здоров'я.

3. Опромінення населення в умовах радіаційної аварії. Сюди входять:

- *рівні втручання* - рівні відвернутої дози (доза, що відвертається внаслідок застосування певного контрзаходу), при перевищенні якої потрібно застосовувати контрзаходи;

- *рівні дії* - величина, похідна від *рівнів втручання*, що виражається в показниках, які можуть бути виміряні: потужність дози, активність, щільність забруднення і інші;

4. Опромінення від техногенно підсиленних джерел природного походження (природні джерела, які в результаті діяльності людини піддані концентруванню, або збільшилась їх доступність). До цієї групи відносять *рівні втручання та рівні дії*.

НРБУ-97 встановлюють такі категорії осіб, які зазнають опромінення:

1. **Категорія А** (персонал), що безпосередньо працює з іонізуючим випромінюванням;

2. **Категорія Б** (персонал)- особи, крім осіб категорії А, що за професійною діяльністю можуть піддаватись додатковому впливу іонізуючого випромінювання;

3. **Категорія В** - все населення.

Радіаційно-гігієнічні регламенти першої групи.

1. Опромінення персоналу категорії А. Для персоналу (*категорія А*) ліміт індивідуальної річної ефективної дози (ЛД_Е) не повинен перевищувати 20 мЗв рік⁻¹. Особи, віком до 18 років до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання не допускаються. Для осіб, у яких ЛД_Е може перевищувати 10 мЗв



рік⁻¹ є обов'язковим індивідуальний дозиметричний контроль.

При плануванні підвищеного опромінення персоналу використовується значення $ЛД_{max}$ за один окремий рік - 50 мЗв. Опромінення персоналу, що планується, в дозах від 1 до 2 $ЛД_{max}$ (50 - 100 мЗв рік⁻¹) дозволяється органами Держсанепіднагляду. Опромінення персоналу, що планується, в дозах від 2 до 5 $ЛД_{max}$ може бути дозволено лише у окремих випадках Міністерством охорони здоров'я один раз протягом всієї діяльності працівника. Планування підвищеного опромінення жінок у віці 45 років та чоловіків молодших 30 років забороняється.

Числові значення *допустимих та контрольних рівнів* наведені в Додатку 2 НРБУ-97.

2. Опромінення персоналу категорії Б. Для персоналу (*категорія Б*) ліміт індивідуальної річної ефективної дози ($ЛД_E$) не повинен перевищувати 2 мЗв рік⁻¹. Значення величин *допустимих та контрольних рівнів* для цієї категорії встановлені на рівні 1/10 величин, наведених в Додатку 2 для персоналу категорії А.

Для вагітних жінок (категорії А, Б) встановлені величини *допустимих рівнів* (ДР) в 20 разів нижчі ніж для відповідних ДР категорії А.

3. Опромінення населення (категорія В). Контроль опромінення населення здійснюється на основі розрахунків річних ефективних та еквівалентних доз опромінення критичних груп осіб - це частина населення, яка за своїми статевими, соціально-професійними умовами, місцем проживання та іншими ознаками отримує чи може отримувати найбільші рівні опромінення від даного джерела. Структура, обсяг, методи і засоби цього контролю регламентуються відповідними розділами ОСПУ.

4. **Радіаційно-гігієнічні регламенти другої групи** (медичне опромінення населення). Протирадіаційний захист цього виду практичної діяльності базується на тих же принципах - ***виправданості, оптимізації та неперевищення***.

Ліміти доз для обмеження медичного опромінення не встановлюються, а необхідність проведення певної



рентгенологічної чи радіологічної процедури обґрунтовується лікарем. З метою зниження рівнів опромінення населення Міністерством охорони дорів'я України запроваджуються *рекомендовані рівні* медичного опромінення - величина дози, потужність дози чи радіоактивності, що встановлюється Міністерством охорони здоров'я.

При проведенні профілактичного обстеження населення річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв.

5. Радіаційно-гігієнічні регламенти третьої групи (радіаційні аварії). Радіаційна аварія - це незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, при якому має місце втрата регулюючого контролю, та реальне (або потенційне) опромінення людей.

Усі радіаційні аварії поділяють на дві групи:

1. Аварії, які супроводжуються радіоактивним забрудненням приміщень, території об'єкту та навколишнього середовища.

2. Аварії, які призводять до забруднення середовища виробничої діяльності та проживання людей.

За масштабом радіаційні аварії поділяють на:

1. *Промислові* - наслідки яких не поширюються за межі території даного об'єкту.

2. *Комунальні* - наслідки яких поширюються на оточуючі території, де проживає населення.

Серед комунальних аварій розрізняють: *локальні* - в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до 10 тис. чоловік; *регіональні* - займають території декількох населених пунктів, адміністративних районів або навіть областей, де чисельність населення, утягненого в аварію не перевищує 10 тис. чоловік; *глобальні* - внаслідок яких утягується значна (чи уся) територія країни та її населення.

Крім того у розвитку комунальних аварій розрізняють такі фази: рання (гостра) фаза; середня, або фаза стабілізації; пізня фаза чи відновлення.

Персонал в умовах радіаційної аварії. Обмеження опромінення основного персоналу встановлюється на рівні значень регламентів першої групи для категорії А за умови не



перевищення величини сумарного опромінення 100 мЗв (подвоєне значення максимального ліміту ефективної дози за один рік). У виключних випадках, коли роботи виконуються з метою збереження життя людей не більше 500 мЗв.

Населення в умовах радіаційної аварії. Протирадіаційний захист населення в умовах радіаційної аварії ґрунтується на системі протирадіаційних заходів (контрзаходів), серед яких розрізняють: *прямі* - які дозволяють запобігти або знизити дозу опромінення; *непрямі* - які зменшують або компенсують величину збитку для здоров'я.

У залежності від масштабів та фаз аварії також умовно розрізняють *термінові, невідкладні* (укриття населення, евакуація, обмеження в режимі поведінки, фармакологічна профілактика тощо), та *довгострокові* (тимчасове відселення, переселення, дезактивація, обмежене вживання забруднених продуктів та води, тощо) контрзаходи.

НРБУ-97 встановлює такий залишковий прийнятний сумарний рівень зовнішнього та внутрішнього опромінення:

- 1мЗв за рік для *хронічного опромінення* тривалістю більше 10 років;
- 5 мЗв сумарно за перші 2 роки;
- 15 мЗв сумарно за перші 10 років.

Радіаційно-гігієнічні регламенти четвертої групи.

Регламенти цієї групи спрямовані на зменшення доз хронічного опромінення людини від техногенно-підсилених джерел природного походження.

Встановлені такі допустимі величини ефективної питомої активності ($A_{\text{еф}}$) природних радіонуклідів в будівельних матеріалах та сировині:

- Коли величина $A_{\text{еф}}$ становить 370 Бк кг^{-1} будівельні матеріали та сировина може використовуватись для всіх видів будівництва без обмежень;
- Коли $A_{\text{еф}}$ становить 370 - 740 Бк кг^{-1} - для промислового будівництва та будівництва шляхів;
- Коли $A_{\text{еф}}$ становить 740 - 1350 Бк кг^{-1} - для будівництва поза межами населених пунктів, а в населених пунктах лише для будівництва підземних споруд та при умові покриття шаром



грунту товщиною понад 0,5м, де виключене тривале перебування людей.

Для матеріалів, що мають естетичну цінність $A_{\text{эф}}$ не повинна перевищувати 3700 Бк кг^{-1} .

Потужність поглиненої в повітрі дози (ППД) γ -випромінювання в повітрі будинків та приміщень що будуються та реконструюються з постійним перебуванням людей повинна становити не більше $4,4 \text{ нГр с}^{-1}$ (30 мкР год^{-1}), тих що експлуатуються - $7,3 \text{ нГр с}^{-1}$ (50 мкР год^{-1}), включаючи компоненту від природного радіаційного фону.

Середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність (ЕРОА) ізотопів радону-222 та радону-220 в повітрі будинків та приміщень що будуються та реконструюються з постійним перебуванням людей повинна становити не більше 50 Бк м^{-3} та 3 Бк м^{-3} відповідно. В повітрі приміщень, що експлуатуються - 100 та 6 Бк м^{-3} відповідно.

3. МЕТОДИКИ ВІДБОРУ ТА ПІДГОТОВКИ ЗРАЗКІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РАДІОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ.

3.1.Відбір проб зразків навколишнього природного середовища.

Завданням *радіометрії* є контроль за радіоактивним забрудненням об'єктів навколишнього середовища, які мають пряме відношення до життєдіяльності людини: вода, повітря, ґрунт, продукція рослинництва та тваринництва. Всі операції, що стосуються відбору проб, їх зберігання, підготовки до вимірювання, проведення вимірювань та статистичної оцінки результатів вимірювань для одержання співставних результатів проводяться згідно єдиних методичних рекомендацій.

Сумарну β -активність визначають з метою здійснення контролю за забрудненням досліджуваних об'єктів. Перелік радіонуклідів, наявність яких перевіряють з допомогою радіохімічних та γ -спектрометричних методів досліджень



залежить від можливої присутності останніх в середовищі.

Проба, що відбирається повинна бути типовою для об'єкта, а маса її достатньою для одержання золи при проведенні радіохімічного аналізу.

Середня проба формується із 8 - 10 "точкових" проб зважується, поміщається у відповідну тару, складається в ящик, опечатується та етикетується. При взятті проби складається акт, де відмічаються назва об'єкту, місце та дата відбору зразка (проби), ким відібрано та інші відомості. Одночасно проводиться вимірювання γ -фону на рівні 0.7 - 1.0 м над рівнем ґрунту з допомогою приладу СРП-68-01 і записом отриманих даних. Математична обробка одержаних даних передбачає визначення середньої арифметичної величини (M), помилку середнього значення (m), та інші статистичні величини.

Відбір проб ґрунту. Відбір проводять методом "конверту" в 5 місяцях з стороною квадрату 100 м. Вибирається шар ґрунту 15x15 см і глибиною 5 см на віддалі не менше 200 м від дороги. Маса середньої проби - 1 кг.

Відбір проб рослин. Проводять на тих же ділянках що і ґрунту у 8 - 10 місяцях, шляхом зрізання надземної маси (без ґрунту) ножем або ножницями по діагоналі або ломаній кривій. Із скирд - на висоті 1 - 1.5 м від ґрунту та з глибини не менше 0.5 м. З буртів - з глибини 0.3 - 0.5 м. Маса середньої проби - 2 кг.

Відбір проб зерна. Проби зерна відбираються із кузовів автомобілів щупом вручну або пробовідбірником по всій глибині в 4 - 8 місяцях на віддалі 0.5 - 1.0 м від бортів. При завантаженні (вивантаженні) зерна із потоку зерна через рівні проміжки часу протягом всього часу перевантаження. З партії мішків - через одного, якщо партія до 10 мішків включно. З партії мішків від 10 до 100 - із 5 мішків, плюс 5% від кількості мішків в партії. З партії понад 10 мішків - із 10 мішків, плюс 2.5% від кількості мішків в партії. Із зашитих мішків - щупом в 3-х доступних точках. Об'єднану пробу формують із точкових проб, маса яких не менше 2 кг.

Відбір проб корене-бульбоплодів. Проводять з одного сорто типу кормів (заготовлені з одного поля та зберігаються в однакових умовах) по діагоналі бокової поверхні бурта, або



середньої лінії кузова через рівні віддалі на глибині 20-30 см. Середню пробу масою 1.0 - 1.5 кг формують із об'єднаної, відбираючи по 20% від крупних, середніх та дрібних корене- та бульбоплодів.

Відбір проб трав та зеленої маси. Трави з пасовищ або сіножатей відбирають (зрізують на висоті 3-5 см) перед випасанням або косінням у 8 -10 місцях. Розмір облікової ділянки 1 - 2 м² по діагоналі. Із зеленої маси перед згодовуванням вручну в 10 місцях відбирають по 400 - 500 г. Середню пробу масою 1.5 - 2.0 кг формують по 150 - 200 г з 10 місць.

Відбір проб грубих кормів. Сіно та солому відбирають рівномірно по периметру скирд або стогів на висоті 1.0 - 1.5 м від поверхні ґрунту з глибини 0.5 м. Середню пробу, масою 1 кг формують із 10 точок по всій товщині та площі об'єднаної проби.

Відбір проб молока та молокопродуктів. На фермах, молокозаводах молоко відбирають із ємкостей після перемішування пробовідбірником з різної глибини. Середня проба молока 0.2 - 10.0 літрів в залежності від величини партії, інших молокопродуктів - сиру, масла 0.3 - 0.5 кг.

Відбір проб м'яса та м'ясопродуктів. Проби м'яса та м'ясопродуктів відбирають на забійних пунктах, м'ясокомбінатах та ринках від туш та напівтуш (без жиру) по 30 - 50 г в області 4-го та 5-го шийного хребця, лопатки, бедра та товстих частин спинних м'язів загальною масою 0.2 - 0.3 кг. Проби внутрішніх органів - печінка, нирки, селезінка, легені відбирають масою 0.1 - 0.2 кг, щитовидна залоза аналізується повністю. М'ясо птиці відбирають в кількості 1/4 тушки, курчата - аналізуються повністю.

Відбір проб води. Проводиться з перемішаної однорідної маси. Маса проби 100 - 200 г.

3.2. Підготовка проб до радіометрії

Прийомку та попередню обробку проб проводять в спеціально обладнаних приміщеннях, перевірку радіоактивності поверхні упаковки індикаторним приладом СРП-68-01.



Матеріал попередньо очищається від ґрунту і подрібнюється. Швидко оцінку відносної забрудненості проби проводять експрес-методом без попередньої підготовки матеріалу.

Для більш глибокого аналізу матеріалу з малою активністю проби попередньо збагачують такими послідовними методами:

- висушування попередньо зваженої проби спочатку в приміщенні (або під сонцем) а потім в сушильному шкафу до постійної маси при t 80 - 100°C. Молоко підкислюють соляною або оцтовою кислотою, випарюють на плитках або під інфрачервоними променями з додаванням нових порцій молока до утворення сухого залишку, який доводять до постійної ваги в сушильному шкафу при t 100°C. М'ясо після відділення від жиру, сухожилля та кісток прив'ялюють при кімнатній температурі, після чого висушують в сушильному шкафу до постійної ваги. Водні проби упарюють до сухого залишку з послідовним озоленням та радіометрією;

- обуглювання сухого залишку досягають шляхом прокалювання на електричних плитках. Рослинні залишки спалюють в металевій банці до зникнення диму;

- озолування обуглених залишків проводять в муфельних печах при поступовому підвищенні t до 400 - 450 (для кісток 500 - 600) °C при промішуванні протягом 2-4 годин (для рослинних проб) та 5 - 15 годин для інших матеріалів. Ознака готовності - світло-сірий колір залишку.

Охолоджений в ексикаторі до кімнатної температури залишок зважують для визначення **коефіцієнта озолування (Коз.)**:

$$\text{Коз.} = m_2/m_1,$$

де m_2 - маса сирової золи, г; m_1 - маса золи, г.

Для рідких (молоко, вода) проб при переході до мілілітрів вводять додатковий множник - 10^{-3} , а m_1 - об'єм проби води або молока. Одержану золу в тій же чашці шляхом розтирання доводять до порошкоподібного стану, відважують на стандартній алюмінієвій пластині 200 - 300 мг, розрівнюють, ущільнюють і проводять радіометрію.

3.3. Призначення та класифікація приладів радіаційного



контролю. Визначення радіоактивного забруднення середовища, зразків

Згідно “Основних санітарних правил з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань ОСП-72/87” в загальне поняття “радіаційний контроль” входить чотири види контролю при проведенні будь-яких радіаційно небезпечних робіт: дозиметричний, радіометричний, індивідуальний доз контроль та спектрометричні вимірювання. Відповідно з цим усю апаратуру радіаційного контролю поділяють на чотири групи:

I – дозиметричні прилади, які призначені для вимірювання потужності дози (рівня радіації). Крім цього, до I групи відносять також індикатори-сигналізатори – найпростіші прилади для виявлення іонізуючих випромінювань або сигналізації про перевищення заданого порогу радіації.

II – радіометричні прилади, з допомогою яких визначають радіоактивне забруднення поверхні різних предметів, а також їх питому активність (радіоактивність). Радіометром можна виміряти радіоактивне забруднення обладнання, транспортних засобів, одягу, радіоактивність продуктів, сировини та різних об’єктів навколишнього середовища.

III – портативні, мініатюрні переносні прилади, які призначені для індивідуального дозиметричного контролю. Ці прилади дозволяють виміряти одержану людиною дозу в конкретній ситуації або за визначений період роботи та часу.

IV – спектрометричні пристрої, які дозволяють встановити спектр радіонуклідів, ізотопів в будь-якому радіоактивно забрудненому об’єкті.

3.3.1. Визначення радіоактивного забруднення за допомогою радіометра РКС-20.30 «Прип’ять»

Це самий портативний, мініатюрний прилад. Він фіксує гама-бета-випромінювання та вимірює радіоактивне забруднення.

Прилад працює в трьох режимах:

1 – для вимірювання γ - фону;



2 – для визначення радіоактивного забруднення поверхні ґрунту, або трав'яного покриву, зокрема для виявлення “радіоактивних плям”;

3 – для виявлення радіоактивного забруднення продуктів харчування.

ПОРЯДОК РОБОТИ З РАДІОМЕТРОМ:

1. Визначення γ - випромінювання. Вимірювання проводимо при наявності кришки, що знімається.

1.1. Перемикач “Живлення ” встановлюємо в положення “Вкл”, потім перемикач “ β - γ ” встановлюємо в положення “ γ ”.

Перемикач “Н”- “Х” встановлюємо в одне з положень, залежно від того, в яких одиницях необхідно виміряти потужність дози: Н (мкЗв/год), або Х (мР/год). Потужність експозиційної дози Х в положенні перемикача “Межа 1” вимірюється в діапазоні 0,01-1,999 мР/год; “Межа 2” - 2,0-19,99 мР/год. Потужність еквівалентної дози в положенні перемикача “Межа 1” вимірюється в діапазоні 0,1-19,99 мкЗв/год; “Межа 2” - 20,0-199,9 мкЗв/год.

Перемикач “Час” встановити на положення “20с”. Протягом вказаного часу провести не менше 3-х вимірювань. Результати вимірювань зводимо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Результати вимірювання γ - випромінювання

γ	значення	γ	значення
γ_1		γ_3	
γ_2		$\gamma_{ср}$	

2. Визначення щільності потоку β - випромінювання. Для оцінки щільності потоку β - випромінювання, вимірювання проводять без кришки. При цьому, поряд з потоку β -випромінюванням, детектор також реєструє γ - випромінювання. Тому при визначенні рівня β - випромінювання, необхідно від сумарного показу відняти покази, які були одержані при наявності кришки.

2.1. Перемикач живлення встановити в положення ВКЛ, потім перемикач “ β - γ ” встановлюємо в положення “ γ ”.



2.2. Перемикач “ ϕ - Am” встановлюємо в положення “ ϕ ”. В положенні перемикача “Межа 1” вимірюється в діапазоні 10 2-1999 $\text{см}^2/\text{хв}^{-1}$, при цьому коми немає, в положенні “Межа 2” – (2,0-19,99) $10^3 \text{см}^2/\text{хв}^{-1}$, кома розміщена після другої цифри.

2.3. Перемикач ЧАС встановлюємо в положення “20с”. Вимірюють двічі: при наявності кришки і без кришки. Проводимо не менше трьох вимірювань і визначаємо середнє значення.

Якщо спостерігаються значні відхилення результатів, необхідно перевести перемикач ЧАС в режим “x10”, при цьому час вимірювання збільшиться в 10 раз.

Таблиця 3.2

Визначення щільності потоку β випромінювання

	Покази без кришки	Покази з кришкою	Різниця
1			
2			
3			
ср			

3. Визначення питомої активності. Для визначення питомої активності проби, проводять вимірювання без кришки. При цьому поряд з β випромінюванням детектор також реєструє γ - випромінювання. Тому при визначенні рівня питомої активності, з сумарного рівня необхідно відняти покази, які були отримані при наявності кришки.

При вимірюванні питомої активності, рівень фону не повинен перевищувати 0,025 мР/год. Радіометр встановлюємо на раніше приготовленій кюветі, при цьому, проба повинна знаходитись на 5 мм, нижче краю кювети, щоб не забруднився радіометр.

3.1. Перемикач ДЖЕРЕЛО встановити в положення ВКЛ. Перемикач “ β - ϕ ”, встановити в положення “ β ”.



3.2. Перемикач “ ϕ - Am” встановити в положення “Am”. В режимі “Межа 1” питома активність вимірюється в межах 1×10^{-7} - 1.999×10^{-6} Кі/кг. В положенні перемикача “Межа 2” питома активність вимірюється в діапазоні 2×10^{-6} – $19,96 \times 10^{-6}$ Кі/кг з індикаційною комою після другої цифри.

3.3. Перемикач ЧАС встановити положення “10 хв.” Вимірювання проводять двічі: с кришкою та без кришки. В якості кінцевого результату приймається різниця між другим та першим відліками.

$$A^M = A^{M2} - A^{M1},$$

де A^{M1} , A^{M2} – питома активність, яка була одержана при першому та другому вимірі відповідно. Проводиться менше трьох таких вимірів, потім визначається середнє значення.

3.3.2. Визначення радіоактивного забруднення за допомогою дозиметра-радіометра РКГБ-01 «Горинь».

Прилад виконує функції дозиметра і радіометра і призначений для вимірювання наступних величин:

- 1 – потужності еквівалентної дози гама-випромінювання;
- 2 – щільності потоку бета-випромінювання з поверхні;
- 3 – звуковою сигналізацією про перевищування порогових значень потужності еквівалентної дози гама-випромінювань.

Перед тим як включити прилад необхідно зняти задню кришку-фільтр і встановити ричаги кодового перемикача s4.1 – s4.6 в положення “1”, s4.7 - s4.8 в положення “0”.

1. Визначення потужності еквівалентної дози гама-випромінювання.

1.1 Зніміть кришку фільтр і переведіть ричаги кодового перемикача в положення s4.5, s4.6,- “1” s4.7, s4.8 - “0”. Встановіть кришку фільтр. Переведіть перемикачі s3- в положення “x0.01”, s2 в положення “РАБ”. Включить прилад перемикачем s1, переводячи його в положення “ВКЛ”.

Покази які встановились на табло пі час дії звукового переривного сигналу множимо на 0,01 і одержуємо результат вимірювання потужності еквівалентної дози γ - випромінювання в мікрозвертах за годину (мкЗв/год).



1.2. Для одержання результатів вимірювання в межах допустимої похибки при потужності еквівалентної дози менше (мкЗв/год) повторюємо вимірювання в положенні “x0,001” перемикача s3. Покази приладу множимо на 0,001 і одержуємо результат в (мкЗв/год).

2. Визначення забрудненості поверхні β -випромінюючими радіонуклідами.

2.1. Зніміть кришку-фільтр і переведіть ричаги кодового перемикача в положення s4.5- s4.7 – 1 s4.6, s4.8 – “0”. Встановіть кришку-фільтр. Переведіть перемикачі s3 - в положення “x0,01”, s2 в положення “РАБ”. Помістіть прилад на досліджувану поверхню, помістивши між приладом і поверхнею пластмасову упаковку приладу, або перемістіть прилад від поверхні на відстань не менше 1 м . Включаємо перемикач s1. Записуємо фонові покази приладу під час дії переривного звукового сигналу. Виключіть прилад.

2.2. Зніміть кришку-фільтр розмістіть прилад не більше 1см над досліджуваною поверхнею. Включіть прилад і запишіть покази приладу. Виключіть прилад. Встановіть кришку-фільтр.

3.3.3. Визначення потужності експозиційної дози рентгенівського і гама-випромінювання за допомогою дозиметра ДРГЗ-01

Дозиметр застосовують для вимірювання характеристик полів рентгенівського і гама випромінювання в лабораторних і виробничих умовах. Дозиметр дозволяє проводити ці вимірювання в діапазоні від 0 до 100 мкР/год. Діапазон вимірювання поділений на наступні піддіапазони: 0 – 1; 0 – 3; 0- 10; 0 – 30; 0 – 100 мкР/с.

Конструктивно дозиметр виконаний у вигляді двох вузлів – блоку детектування та пульта. Блок детектування представляє собою сталевий циліндр, в середині якого для захисту фотоелектронного примножувача від магнітних полів розміщений екран. На передньому торці блоку детектування знаходиться берилевий фільтр, блок сцинтилятора і світловий засув. Берилевий фільтр дає можливість вимірювати потужність м'якого (від 15 кеВ) рентгенівського випромінювання. На блоці



детектування нанесене гравіювання, яке вказує положення світлового засуву ВІДКРИТО – ЗАКРИТО.

Конструктивно пульт складається з кришки, дна і корпусу. Схема дозиметра складається з наступних частин: блоку детектування, підсилювача напруги, блоку живлення. Блок детектування служить для пропорційного перетворення енергії рентгенівського та гама-випромінювання в енергію електричного струму.

1. Підготовка дозиметра до роботи

1. Встановіть перемикачі S_1 в положення НАКАЛ та S_2 - ВИКЛ.

2. Підключіть дозиметр до струму за допомогою електрошнура.

3. Встановіть перемикач S_2 в положення НЕПР.СВИШЕ 30. Стрілка вимірювального приладу повинна встановитися на поділці 2 за нижньою шкалою. В іншому випадку зніміть дно пульта і з допомогою потенціометра РЕГ.НАІР. на блоці живлення встановіть стрілку на вказану поділку.

4. Встановіть перемикач S_1 в положення АНОД. Стрілка вимірювального приладу повинна показувати за нижньою шкалою (7.5 – 9)В (межа шкали вимірювання 15В).

5. Встановіть перемикач S_1 в положення УСТ.НУЛЯ. Ручкою УСТ.НУЛЯ встановіть стрілку вимірювального приладу на нульову відмітку шкали.

6. Після трихвилинного прогріву встановіть перемикач S_1 на піддіапазон, необхідний для проведення вимірювання від контрольного джерела (для даного дозиметра цей піддіапазон рівний 30мкР/с).

7. Закрийте світловий засув і ручкою УСТ.НУЛЯ встановіть стрілку вимірювального приладу на нульову відмітку шкали.

8. Зніміть кришку контейнера контрольного джерела.

9. Відкрийте світловий засув і встановіть блок детектування торцем на контрольне джерело. Стрілка вимірювального приладу в нормальних умовах повинна встановитися на значенні 15.5 мкР/с (для даного приладу).

10. Якщо покази дозиметра від контрольного джерела, які були виміряні за нормальних умов, відрізняються



від значень зафіксованих в паспорті необхідно провести його переградування. Для підвищення точності вимірювання без переградування приладу, а також зниження додаткової температурної похибки в робочому діапазоні температур, допускається вводити поправку на покази дозиметра. Для цього визначається повірочний коефіцієнт

$$K = R_{кп} / R_{кв},$$

де $R_{кп}$ – покази дозиметра від контрольного джерела, які зафіксовані в паспорті, мкР/с; $R_{кв}$ – покази дозиметра від контрольного джерела, які виміряні, мкР/с.

Порядок роботи дозиметра

1. Розмістіть блок детектування в контрольну зону.
2. Встановіть перемикач S_1 на необхідний піддіапазон вимірювання.
3. Закрийте світловий засув на блоці детектування, при необхідності ручкою УСТ.НУЛЯ проведіть коректування нуля за шкалою вимірювального приладу. (Коректування нуля дозиметра необхідно проводити перед кожним вимірюванням).
4. Відкрийте світловий засув та проведіть відлік показів після певного проміжку часу, який залежить від піддіапазонів вимірювання. Час встановлення показів дозиметра на повинен перевищувати наступних значень: на піддіапазонах від 1 до 3 с⁻¹ – 30с; 3 до 10 с⁻¹ - 15с; 10 - 30 с⁻¹ – 10с; вище 30 с⁻¹ – 5 с.

Для виключення впливу флуктації стрілки на найбільш чутливих піддіапазонах рекомендується проводити 5 відліків з інтервалом 10с. Покази в цьому випадку визначаються, як середньо арифметичне.

При використанні повірочного коефіцієнту, потужність експозиційної дози в місці розміщення детектора P_0 визначається за формулою:

$$P_0 = R_p K, \text{ мкР/с},$$

де R_p - покази приладу, мкР/с, K – повірочний коефіцієнт.

Визначення потужності експозиційної дози рентгенівського і гама випромінювань приладом ДРГЗ-01



Підготовка приладу до роботи

Піддіапазон вимірювання мкР/с	Значення контрольного джерела паспортне, Ркп мкР/с	Значення конт. джерела виміряне Ркв, мкР/с	Повірочний кефіцієнт К		
Визначення експозиційної дози, мкР/с					
Покази приладу, Рп; Піддіапазон вимірювання ()					
1	2	3	4	5	Ср
Потужність експозиційної дози Р ₀ , мкР/с					

3.3.4.Визначення питомої активності гама-випромінюючих нуклідів у пробах за допомогою радіометра РІГ-01 «Гама»

Радіометр гама випромінювання РІГ – 01 “Гама” призначений для вимірювання питомої активності гама-випромінюючих нуклідів в обмеженому діапазоні енергії (Cs – 137 та К – 40) в пробах молока, води, сипучих та інших харчових продуктів, ґрунту на рівні допустимих концентрацій і нище, без підготовки проб методом хімічного виділення і концентрування.

Радіометр дозволяє проводити вимірювання питомої активності проб природного середовища з ефективним атомним номером $z < 16$ та щільністю $< 1.5 \text{ г/см}^3$ з будь-якою вологістю, а також може бути використаний для експресного визначення вмісту радіонуклідів цезію-137 та калію-40 в організмі людини.

Діапазон вимірювання радіометра для всіх видів проб:

при вимірюванні цезію-137: 3.0 – 1000.0 Бк/л; Бк/кг;

при вимірюванні калію-40: 40.0 – 1000.0 Бк/л; Бк/кг.

Межі допустимої відносної основної похибки вимірювання радіометра не перевищують значень вказаних в таблиці 3.3.



Таблиця 3.3

Допустимі похибки радіометра

Нуклід	Межа допустимої відносної основної похибки, %	Діапазон вимірювання питомої активності, Бк/кг, Бк/л
Цезій – 137	50	>3 – 10
	35	>10 – 15
	30	>15 – 60
	20	>60 – 180
	10	>180 – 1000
Калій – 40	50	>40 – 150
	35	>150 – 200
	30	>200 – 700
	20	>700 – 1000

Принцип роботи радіометра

Сцинтиляторний детектор, який складається з кристала – сцинтилятора і фотоелектронного примножувача, перетворює фізичну інформацію в електричний сигнал. Імпульси з фотоелектронного примножувача після підсилення і відбору за амплітудою амплітудним селектором перетворюються в послідовність логічних сигналів, середня частота яких пропорційна вимірювальній активності. Ці логічні сигнали поступають на лічильник імпульсів. Час заповнення лічильника поступає в мікропроцесор для обробки результатів. Після обробки результатів вимірювання висвітлюється відповідним світлодіодом. Результат вимірювання відградуваний в одиницях питомої активності.

Порядок вимірювання



1. Підключити вилку кабеля до мережі струму і нажати кнопку “Мережа”. На індикаторному табло появляться символи 0000 і загориться світлодіод, який сигналізує ввімкнення приладу в мережу.

2. Прогріти прилад протягом 30 хвилин.

3. Визначити середню швидкість відліку рівня фону. Для цього посуд Марінелі заповнюють дистильованою водою і розміщують в свинцевому хатку. Натискають кнопку “фон”. На цифровому табло висвітлюється зворотній відлік часу в секундах від 1200 до 0, загоряються світлодіоди режиму “фон”, “імп/с”. Після завершення часу вимірювання подається звуковий сигнал, на табло висвітлюється швидкість відліку рівня фону в ЦЕЗІСВОМУ каналі, загоряються світлодіоди, які відповідають одиниці вимірювання – імп/с і канал вимірювання – “ЦЕЗІЙ”. При натискуванні кнопки “КА” на табло висвітлюється швидкість відліку рівня фону в КАЛІЄВОМУ каналі і загоряються світлодіоди режиму роботи.

Виміряні в кожному каналі величини рівнів швидкості відліку фону заносяться в пам’ять мікропроцесора і не потребують коректування протягом двох годин.

4. Встановити в центрі торцевої частини блока детектування контрольне джерело, натисніть кнопку “ИЗМ”. Через 300 секунд вимірювання завершиться, що буде підтверджено звуковим сигналом. На табло висвітляться показники активності від контрольного джерела, яке не повинне відрізнятися від паспортних даних на більше, ніж на 10%.

5. Розмістіть досліджувану пробу з радіоактивним забрудненням цезієм – 137 і калієм – 40 в посуд Марінелі і встановити в свинцеву хатку. Натисніть кнопку “ИЗМ”, на цифровому табло відобразиться прямий відлік часу в секундах.

6. Після 300 с відбудеться зчитування інформації, яка одержана в каналах “ЦЕЗІЙ”, “КАЛІЙ”, та проводимо обробку результатів.

Процес вимірювання можна зупинити натискуванням клавіші “Т”, якщо не потребується висока точність при вимірюванні радіоактивної забрудненості досліджуваної проби.



1. При вимірюванні питомої активності проб в'язких та сипучих продуктів з питомою щільністю від 0.2 до 105 г/см³ необхідно провести наступні дії. На технічних вагах, які дозволяють вимірювати не менше двох кілограм з точністю до 0.01 кг, зважте пустий контейнер ЖШ. 056.061. Заповніть контейнер досліджуваною пробкою і розрахуйте вагу досліджуваної проби з точністю до 0.01 кг. Закрийте кришку контейнера, розмістіть його на блоці детектування і проведіть вимірювання.

Обробка результатів вимірювання

1. Вимірювальну активність (ω_B) радіоактивного цезію (калію) розраховують за формулою :

$$\omega_B = \frac{(N - nt)}{Pt} \quad (1)$$

де: N – кількість імпульсів зареєстрованих приладом в цезієвому (калієвому) каналах вимірювання; $162.1n$ – швидкість зчитування фонового випромінювання (імп/с) в цезієвому (калієвому) каналах, визначається перед початком проведення вимірювань і зберігається в пам'яті радіометра; t – час вимірювання; 300 с.

P – чутливість радіометра (імп/л, кг/роsp), розраховується за формулою:

$$P = \frac{Na - n\omega}{g} \quad (2)$$

де: g – питома активність міри (роsp/(с л), кг); Na – швидкість зчитування від контрольного джерела (імп/с); na – швидкість зчитування фонового випромінювання (імп/с) в цезієвому (калієвому) каналі.

2. Нижня межа діапазону вимірювання (ω_{\min}) – поріг чутливості – за вимірювання t розраховують за формулою:

$$\omega_{\min} = \frac{k\sqrt{nt}}{Pt} \quad (3)$$

де k – коефіцієнт нормального розподілення, який визначає критерій виявлення активності, він рівний 1.64.



3. Інші точки діапазону вимірювання (ω_i) розраховують за формулою 1.

4. Радіоактивність (ω_p), Бк/л, Бк/кг, в'язких і сипучих проб з щільністю від 0.2 до 1.5 смЗ, розраховують за формулою:

$$\omega_p = \frac{\omega_{об}}{M}, \text{ Бк/л, Бк/кг,} \quad (4)$$

де $\omega_{об}$ - значення виміряної радіометром об'ємної активності проби, Бк/л; M – маса вимірюваної проби, кг.

5. Основну похибку вимірювань (∇) в процентах вимірюють за формулою:

$$\nabla = \omega + \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{ст}^2}, \quad (5)$$

де ω - відносна похибка при вимірюванні радіоактивності, %, приймається 10% - для активностей до 180 Бк/кг, (Бк/л), 5% - для активностей більше 180 Бк/кг, (Бк/л);

$\delta_{ст}$ - статистична похибка, %, яка визначається за формулою:

$$\delta_{ст} = \frac{k\sqrt{nt}}{P\omega t} \quad (6)$$

Результати вимірювань представляють у табличній формі.

4. ЗВІТНІСТЬ

Після завершення польових, лабораторних робіт проводять обробку всіх матеріалів, виконують індивідуальні завдання і складають звіт.

Звіт оформляє бригада з 5-6 чоловік. Він складається із пояснювальної записки, щоденників.

Пояснювальна записка включає в себе вступ, опис дослідження радіологічного стану територій, який представлений результатами вимірювань гама фону (таблиці, графіки), питомої активності проб, список використаної літератури і додатків.



5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко М. О. Радіоекологія: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2008. 224с
2. Клименко М. О. Прищепя А. М. Практикум з радіоекології: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2010. 220 с.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). К.:1997. 121с.
4. Алексахин Р. М. Ядерная энергия и биосфера. М. : Энергоиздат, 1982. 115с.
5. Вальтер А. К., Залюбовский И. И. Ядерная физика. Х. : Вища школа, 1971. 422с.
6. Гродзинський Д. М. Радіобіологія. К., Либідь. 2000. 448с.
7. Гулякин И. В., Юдинцева Е. В. Сельскохозяйственная радиобиология. М. : Колос, 1973. 272с.
8. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1987. 92с.
9. Чорнобильська катастрофа / За ред. В. Г. Бар'яхтара. К. : Наукова думка, 1996. 576 с.
10. Авсеенко В. Ф. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения. Киев. : Урожай, 1990. 144 с.
11. Барабой В. А. Популярная радиобиология. Киев: Наук. думка, 1988. 192 с.
12. Виленчик М. М. Радиобиологические эффекты и окружающая среда. М. : Энергоатомиздат, 1991. 160с.