

Коваль О. А.¹, Мінка С. В.², Коваль А. О.¹¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61000; e-mail: koval_al@ukr.net; koval_andrey79@ukr.net;
orcid.org/0000-0001-5690-2749, orcid.org/0000-0001-6819-6423)²Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
(проспект Науки, 9А, Харків, , 61000; e-mail: newway1405@ur.net; orcid.org/0000-0002-5952-8139)

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ТА ПАСАЖИРІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ ПОПЕРЕДНЬОГО РАДІОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ДОЗИМЕТРОМ-РАДІОМЕТРОМ РКС-01 «СТОРА-ТУ»

Рациональне використання існуючих та розробка нових екологічно чистих транспортних технологій передбачає підвищення вимог до захисту персоналу транспортних підприємств, пасажирів та довілля від дії небезпечних екологічних факторів природного та антропогенного походження. Особливу небезпеку для функціонування транспортних систем представляють зони екологічної катастрофи, що пов'язані з потраплянням радіоактивних речовин у довілля. У зв'язку з цим, в процесі навчання студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології» заплановано вивчення дисципліни «Цивільний захист». Метою даного дослідження є вивчення методики попереднього радіометричного контролю овочевих культур дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ».

Ключові слова: транспорт, перевезення, радіація, радіонукліди, дозиметр-радіометр, похибка, еквівалентна доза, методика, безпека, вимірювання.

Вступ. Сучасній розвиток досліджень з технологічних процесів перевезення вантажів та пасажирів потребує урахування екологічної обстановки у районах розміщення транспортних систем. Головною задачею при управлінні процесами перевезень – це забезпечення захисту персоналу транспортних підприємств, пасажирів та довілля. Аварія на японській АЕС Фукусіма-1 у березні 2011 р. знову підтвердила можливість масштабних катастроф, що пов'язані з потраплянням значних кількостей радіонуклідів у довілля [1–5]. Тому, особливості новітніх транспортних технологій потребують від фахівців постійного удосконалення знань одиниць вимірювання іонізуючої радіації, механізму її дії, систем контролю випромінювань. Значна кількість АЕС в Україні неминуче призводить до збільшення ядерних об'єктів, що забезпечують їх роботу [1–5].

У випадках надзвичайних ситуацій (НС), що пов'язані з потраплянням значних кількостей радіонуклідів у довілля, виникає необхідність різко збільшити кількість транспортних перевезень залізничним та іншими видами транспорту. Однією з важливих умов вирішення задач з оптимізації процесів перевезень в умовах

надзвичайних ситуацій є забезпечення радіаційної безпеки персоналу транспортних систем та пасажирів [1–7]. Це обумовлює актуальність подальшого підвищення якості та ефективності методик радіаційного контролю, а також необхідних для них технічних засобів.

Для вирішення цього завдання в Україні існує багато способів. Одним з них є створення та функціонування в нашій країні служби цивільного захисту.

Для підготовки майбутніх спеціалістів з управління процесами перевезень до дій у надзвичайних ситуацій у вищих навчальних закладах України студенти вивчають дисципліну «Цивільний захист». Одною головних задач цієї дисципліни дати можливість студентам оволодіти сучасними практично діючими технологіями захисту людини та довілля.

Отримані знання з дисципліни «Цивільний захист» повинні сформувати у студентів здатності творчо мислити й приймати практичні рішення при дії в надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу з урахуванням особливостей майбутньої професійної діяльності випускників [6, 7, 8, 11, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з головних наукових

напрямів дисципліни «Цивільний захист» є оцінка та виявлення радіаційної обстановки, складовою частиною якої є радіометричний контроль овочевих культур [9–16]. Задача радіометричного контролю ускладнюється внаслідок значного різноманіття продуктів харчування, які постійно необхідні людині. Кожен з продуктів харчування повинен мати відповідну методику радіаційного контролю. В Україні методики радіаційного контролю продуктів харчування базуються на дослідженні вмісту радіонуклідів Cs^{137} та Sr^{90} , які проводяться у спеціально обладнаних та ліцензованих лабораторіях [7,10]. Для проведення вимірювань питомих активностей радіонуклідів Cs^{137} та Sr^{90} у харчових продуктах та питній воді допускаються метрологічно атестовані методики виконання вимірювань, що відповідають вимогам забезпечення єдності вимірювань, чинних в Україні ДСТУ, та забезпечують достовірність вимірювань питомих активностей [7,10]. При вимірюванні Cs^{137} рекомендується використовувати сцинтиляційні і напівпровідникові гамма-спектрометри з блоками детектування у свинцевому захисті [7,10]. Для вимірювання активності Sr^{90} рекомендуються бета-спектрометри, які характеризуються значенням мінімальної вимірюваної активності 0,5–1,5 Бк/пробу [7,10].

При проведенні занять з дисципліни «Цивільний захист» студентів варто навчити користуватись не тільки одиницям вимірювання іонізуючих випромінювань, но також надати їм практичних навичок роботи с сучасними дозиметрами-радіометрами.

Для ефективного виконання навчальних задач по оцінці та виявленню радіаційної обстановки доцільно розробити відповідну методику попереднього радіометричного контролю при відборі проб харчових продуктів конкретним дозиметром-радіометром.

Лабораторні дослідження харчових продуктів для оцінки їх радіаційної безпеки виконуються з метою державного моніторингу, планового контролю та нагляду, а також при здійсненні державної санітарно-епідеміологічної експертизи

імпортованої та вітчизняної харчової продукції, атестованими в установленому порядку лабораторіями державної санітарно-епідеміологічної служби України [6–10].

Відповідно до вимог Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» [6–16] вміст радіонуклідів у продуктах харчування, продовольчій сировині та питній воді не повинен перевищувати затверджених в установленому порядку допустимих рівнів [10].

При управлінні процесами перевезень у зонах надзвичайних ситуацій на території України радіаційний контроль здійснюється підрозділами радіаційної, хімічної, біологічної розвідки з використанням штатних технічних засобів радіаційної розвідки та контролю різних типів (радіометри, дозиметри, спектрометри), які позитивно зарекомендували себе у радіаційному моніторингу [1–5]. Водночас при роботі з конкретним приладом виникає необхідність створення ефективної методики, яка забезпечить отримання достовірних даних [6–10].

У керівництві з експлуатації сучасних дозиметрів вказані їх технічні характеристики, устрій, методика підготовки їх до роботи, порядок роботи з дозиметром і рекомендації по його технічному обслуговуванню, однак чіткої методики визначення потужності еквівалентної дози з урахуванням особливостей відбору проб харчових продуктів у керівництві з експлуатації немає, тому її необхідно його розробити [6–8].

В Україні для радіаційного контролю випромінювань розроблена значна кількість дозиметрів. Одним з сучасних дозиметрів, розроблених в Україні та здатним вимірювати потужності еквівалентної дози, є дозиметр-радіометр РКС–01 «СТОРА–ТУ».

Визначення мети та завдання дослідження. Метою даного дослідження є розробка методики попереднього радіометричного контролю при відборі проб харчових продуктів дозиметром-радіометром РКС–01 «СТОРА–ТУ» для підвищення безпеки процесів транспортних перевезень у зонах надзвичайних ситуацій, які

пов'язані з потраплянням радіонуклідів у довкілля, шляхом розробки відповідних практичних занять з дисципліни «Цивільний захист». Для розробки методики вимірювання потужності еквівалентної дози при відборі проб треба визначити порядок відбору проб, кількість вимірів у кожній точці та порядок розрахунку систематичної та випадкової похибок. В якості об'єкта дослідження в даній роботі розглянута картопля.

Результати дослідження. В роботах [11, 12] автори почали роботу з розробки складових частин практичних занять з дисципліни «Цивільний захист», які пропонують методику виконання вимірів потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ» при проведенні радіаційного контролю територій.

В процесі виконання експериментальних досліджень використовували сертифікований дозиметр-радіометр РКС-01 «СТОРА-ТУ» метрологічні характеристики якого повністю відповідають вимогам [9, 10].

Радіаційний контроль харчових продуктів в Україні здійснюється відповідно до вимог нормативних документів [7-10].

Серед них Наказ №446 від 11. 08. 2008 Міністерство охорони здоров'я України затверджує методичні вказівки з «Відбору проб первинної обробки та визначенні вмісту Cs^{137} та Sr^{90} в продуктах харчування» [10].

Вказані методичні вказівки [10] поширюються на проведення радіаційно-гігієнічних досліджень з метою оцінки показників безпеки продуктів харчування та харчової сировини методичні вказівки визначають вимоги до відбору та первинної обробки проб з метою оцінки відповідності продуктів харчування і харчової сировини нормам радіаційної безпеки [10].

Для попереднього радіометричного контролю при відборі проб харчових продуктів дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ» в даній роботі пропонується методика, яка включає наступні етапи [10]:

- відбір проб;
- вимір ПЕД кожної проби;

- розрахунок результатів вимірювання та похибок дослідження;
- подальша передача зразків у ліцензований дослідницький центр, який проводить вимірювання активності Cs^{137} та Sr^{90} в них та приймає рішення про гігієнічну оцінку радіаційної безпеки продуктів харчування.

Першим етапом радіаційного контролю харчових продуктів є відбір проб, який при оптимальних витратах часу та коштів має найбільш об'єктивно забезпечити радіаційну характеристику досліджуваної партії продуктів харчування [7-10].

При відборі проб необхідно провести дозиметричний контроль потужності дози гамма-випромінювання. У випадку перевищення фонового рівня результати радіаційного контролю відображаються в акті відбору проб [7-10].

Порядок відбору проб харчових продуктів за радіаційним фактором включає: визначення числа середніх проб, відбір точкових проб, формування з них об'єднаної проби і відбір з неї середньої проби, яка й підлягає лабораторному дослідженню [7-10].

Від партії коренеплодів (буряк, картопля, морква, цибуля та ін.), запакованих у мішки, ящики та іншу тару, до вибірки включають 5% пакувань, але не менше трьох [7-10]. Від кожного пакування відбираються точкові проби з різних шарів цілими екземплярами по 10 шт., ретельно чистячи від землі.

З не запакованих у тару коренеплодів відбирають по 5 проб з різних шарів кожного бурту (насіпу). Величина кожної проби 10 коренів, приблизно рівної маси – 2,5 кг. Точкові проби перемішують, формують об'єднану пробу і відбирають середню пробу масою не менше 3,0 кг [7-10].

При попередньому радіометричному контролі харчових продуктів доцільно користуватись дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ», що має діапазон виміру потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ» від 0,10 мкЗв/ч до 9999 мкЗв/ч. Дозиметр має бути повірений.

При виконанні вимірів ПЕД рекомендується допоміжні пристрої для фіксації дозиметра-радіометра в робочому положенні на відстані 1 см над поверхнею зразків, що досліджуються.

Вимірювання рівнів ПЕД здійснювалось шляхом реєстрації гамма-квантів та бета-часток газорозрядним лічильником з подальшою обробкою даних швидкості рахунку імпульсів приладом.

При виконанні вимірювань дотримувались умови, які викладені в керівництві по експлуатації дозиметра-радіометра. Інтервал робочих температур від -20°C до $+55^{\circ}\text{C}$, атмосферний тиск від 84 кПа до 106,7 кПа.

Підготовка до виконання вимірів ПЕД:

- зробити зовнішній огляд приладу відповідно до керівництва по експлуатації: перевірити відсутність видимих механічних ушкоджень, чіткість маркувальних написів, наявність джерела живлення і правильність дотримання полярності «+» і «-» його підключення відповідно до керівництва по експлуатації;
- включити прилад, короткочасно натиснувши кнопку «Режим» відповідно до керівництва по експлуатації приладу.

Виконання вимірів ПЕД:

- встановити режим проведення вимірювань відповідно до керівництва по експлуатації дозиметра-радіометра;
- дозиметр розташовують горизонтально, при цьому центр детектора (позначений спеціальною міткою) має бути спрямований вниз на відстані 1 см над поверхнею зразків, що досліджуються.
- при використанні дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» він вимірює швидкість рахунку імпульсів без усереднювання. У разі перевищення поточної швидкості рахунку над встановленим над встановленим порогом спрацьовування відбувається включення сигналізації. Поріг спрацьовування встановлюють залежно від вимірювального завдання. При

наближенні до радіоактивного джерела росте частота звукових сигналів.

- при дослідженнях ПЕД виконують серію з 7 вимірів рівня радіації кожної проби продуктів харчування. Результатами вимірювань є середнє значення ПЕД.

Результати вимірів потужності доз заносились у відповідні журнали.

При проведенні досліджень попереднього радіометричного контролю при відборі проб харчових продуктів дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ», необхідно розробити алгоритм обробки отриманих результатів вимірювань, враховуючи при цьому характер вимірюваного фізичного процесу та систематичні і випадкові похибки вимірювань. Аналіз результатів, що отримані при проведенні вимірів ПЕД необхідно починати з визначення випадкової похибки нерівнорозсіяних рівноточних вимірів отриманих за допомогою дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ».

Результатом вимірювань є ПЕД, виражена в мкЗв/год, що знаходиться в інтервалі з довірчою вірогідністю $P = 0,95$. Результат виміру має бути представлений у виді

$$\text{ПЕД} = \text{ПЕД}_{\text{вим}} \pm \Delta, \quad (1)$$

де $\text{ПЕД}_{\text{вим}}$ – виміряне значення потужності еквівалентної дози або середнє по декількох вимірах, відповідно до вживаної ПЕД, мкЗв/год; Δ – половина ширини довірчого інтервалу, мкЗв/год.

Якщо виміряне значення $\text{ПЕД}_{\text{вим}}$ менше мінімально вимірюваної для використовуваного приладу величини (ПЕД_{min}), результат вимірів представляють у виді

$$\text{ПЕД} = \text{ПЕД}_{\text{min}}, \quad (2)$$

де ПЕД_{min} – нижня межа діапазону вимірювань у відповідності з керівництвом по експлуатації приладу.

Результати вимірювань реєструють в робочому журналі. У випадку необхідності, у подальшому кожну пробу позначають етикеткою, на якій вказують номер і назву проби, дату і місце відбору, її масу, потужність дози гамма-випромінювання від партії і гамма-фон в приміщенні, де зберігаються продукти; у випадку

висушування вказують масу сирії і висушеної проби. Етикетку (опис) загортають у целофан (поліетилен) і запаковують разом із пробою [10]. Запаковані зразки проб поміщають у спеціально пристосований ящик, перекладають папером чи ватою таким чином, щоб забезпечити цілісність матеріалу, що відправляється. Ящик запечатують. На відібрані проби складають супровідний документ (акт відбору проб) в 2-х екземплярах. Один екземпляр акту й опис проб пакують разом із пробами, що направляються на дослідження. Другий екземпляр акту залишають в навчальному закладі, де проводиться відбір проб. У лабораторії, де проводять дослідження, отримані проби реєструються в спеціальному журналі [7–10].

Таблиця 1 – Виміряне значення потужності еквівалентної дози (ПЕД) при попередньому радіометричному контролі

№ точкової проби	1	2	3	4	5
Результати вимірювань ПЕД (мкбер/год)	10	12	5	13	8
	8	8	10	7	9
	12	9	12	7	12
	12	6	6	12	9
	14	10	8	11	14
	10	8	14	7	5
	11	7	8	14	7
Середнє арифметичне значення (мкбер/год)	11,0	8,571	9,0	10,143	9,143
Середньо-квадратичне відхилення (мкбер/год)	0,72	0,75	1,21	1,16	1,14
Половина ширини довірчого інтервалу (мкбер/год)	1,77	1,84	2,976	2,85	2,80
Довірчий інтервал (мкбер/год)	11,0±1,77	8,57±1,84	9,0±2,976	10,14±2,85	9,14±2,80

За прийнятою надійністю результатів вимірювання ($P=0,95$) та при 7 результатах вимірювання, коефіцієнт Стюдента склав 2,45 [13–14].

При тестуванні запропонованої методики на прикладі вимірних даних для першої проби (табл. 1) був проведений детальний аналіз оцінки похибок вимірювання середнього значення ПЕД. Оскільки результуюча похибка вимірювань містить як відносну похибку вимірювань так і систематичну похибку приладу РКС–01 «СТОРА–ТУ».

При проведенні досліджень ПЕД необхідно акцентувати увагу на тому що для визначення величини сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра

У спеціально обладнаних та ліцензованих лабораторіях, де проводять дослідження вмісту радіонуклідів Cs^{137} та Sr^{90} , з точкових проб формують об'єднану пробу, з якої після ретельного перемішування відбирають середню пробу. Маса середньої проби картоплі повинна бути не менше 3,0 кг [7–10, 16–19].

В даній роботі автори досліджували методику попереднього радіометричного контролю на прикладі контролю проб картоплі. Контролюється 5 пакетів картоплі вагою 2 – 2.5 кг кожний за допомогою дозиметра-радіометра РКС–01 «СТОРА–ТУ». Результати вимірювань за методикою, що пропонується наведені у табл. 1.

радіометра РКС–01 «СТОРА–ТУ» слід врахувати всі складові сумарної не виключеної систематичної похибки для усіх груп вимірів θ_p [4, 7, 23, 25]:

$$\theta_p = \pm k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \theta_i^2}, \quad (3)$$

де θ_p – величина сумарної не виключеної систематичної похибки для усіх груп вимірів (мкбер/год); $k = 1,1$ при довірчій ймовірності 0,95; θ_i^2 – величина сумарної не виключеної систематичної похибки для окремої групи вимірів.

Для визначення величини першої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС–01 «СТОРА–ТУ» слід врахувати, що θ_1 обумовлена зміною енергетичного

діапазону фотонного іонізуючого випромінювання від 0,05 МеВ до 1,25 МеВ.

З паспорту дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» відомо, що значення цієї похибки $\delta_1 = \pm 20\%$. Першу складову сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» θ_1 розраховують за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$\theta_1 = \delta_1 \cdot \bar{x}_0 = 0,2 \cdot 11 = 2,2$ мкбер/год, (4)
де θ_1 – перша складова сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» (мкбер/год); δ_1 – значення систематичної похибки, що зумовлена зміною енергетичного діапазону фотонного іонізуючого випромінювання від 0,05 МеВ до 1,25 МеВ ($\pm 20\%$); \bar{x}_0 – оцінка середнього значення нерівно розсіяних рядів вимірів (мкбер/год).

При визначенні величини другої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» слід врахувати, що межі основної систематичної похибки згідно паспорта дозиметра складає 10,6%. Таким чином, другу складову сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра θ_2 розраховують за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$\theta_2 = \delta_2 \cdot \bar{x}_0 = 0,106 \cdot 11 = 1,76$ мкбер/год, (5)
де θ_2 – друга складова сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» (мкбер/год); δ_2 – значення похибки, що зумовлена межами основної систематичної похибки згідно паспорта дозиметра (10,6%); \bar{x}_0 – оцінка середнього значення нерівно розсіяних рядів вимірів (мкбер/год).

Для визначення величини третьої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» слід врахувати, що θ_3 обумовлена анізотропією дозиметра при падінні гамма-квантів під тілесним кутом від 30° до 150° відносно основної осі детектора та зі сторони основного напрямку вимірювань. З паспорту дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» відомо, що для ізоотопів ^{137}Cs та ^{60}Co за рахунок анізотропії дозиметра значення система-

тичної похибки $\delta_3 = \pm 25\%$. Третю складову сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» θ_3 розраховують за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$\theta_3 = \delta_3 \cdot \bar{x}_0 = 0,25 \cdot 11 = 2,75$ мкбер/год, (6)
де θ_3 – третя складова сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» (мкбер/год); δ_3 – значення похибки, що зумовлена межами основної систематичної похибки згідно паспорта дозиметра ($\pm 25\%$); \bar{x}_0 – оцінка середнього значення нерівно розсіяних рядів вимірів (мкбер/год).

Для визначення величини четвертої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» слід врахувати, що θ_4 обумовлена відхиленням напруги живлення від номінального значення в діапазоні від 3,2В до 2,4 В. Згідно паспорта дозиметра значення систематичної похибки δ_4 , яка обумовлена відхиленням напруги живлення від номінального значення, складає ($\pm 5\%$). Четверту складову сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» θ_4 розраховують за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$\theta_4 = \delta_4 \cdot \bar{x}_0 = 0,05 \cdot 11 = 0,55$ мкбер/год, (7)
де θ_4 – четверта складова сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» (мкбер/год); δ_4 – значення систематичної похибки, що зумовлена відхиленням напруги живлення від номінального значення згідно паспорта дозиметра ($\pm 5\%$); \bar{x}_0 – оцінка середнього значення нерівно розсіяних рядів вимірів (мкбер/год).

Для визначення величини п'ятої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» слід врахувати те, що θ_5 обумовлена відхиленням температури навколишнього середовища від 20°C . Згідно паспорта дозиметра, відхилення на кожні 10°C від 20°C дає сумарну не виключену систематичну похибку $\delta_{t_5} = 5\%$.

Дозиметр-радіометр РКС-01 «СТОРА-ТУ» згідно паспорта може працювати у межах від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначимо похибку відхилення температури навколишнього середовища від $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$|\theta_5| = (+55 - 20) + (20 - (-20)) = 75\text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (8)$$

Для розрахунку меж відносної похибки, що зумовлена відхиленням температури, знаходимо коефіцієнт впливу $\xi_{\delta\theta_5}$ за наступною формулою [4, 7, 23, 25]

$$\xi_{\delta\theta_5} = \frac{\delta_t}{|\Delta\theta_{10}|} = \frac{0,05}{10} = 0,005. \quad (9)$$

де $\xi_{\delta\theta_5}$ – коефіцієнт впливу; δ_t – значення сумарної систематичної похибки, що складає $\pm 5\%$; $|\Delta\theta_{10}|$ – модуль заданої зміни температури ($\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для розрахунку меж відносної похибки, що зумовлена відхиленням температури, знаходимо δ_{t_5} за наступною формулою [4,7,23,25]:

$$\delta_{t_5} = \xi_{\delta\theta_5} \cdot |\Delta\theta_5| = 0,005 \cdot 75 = 0,375. \quad (10)$$

Виконуємо розрахунок величини п'ятої складової сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» θ_5 за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$$\theta_5 = \delta_5 \cdot \bar{x}_0 = 0,375 \cdot 11 = 4,13 \text{ мкбер/год}, \quad (11)$$

де θ_5 – п'ята складова сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра (мкбер/год) зумовлена відхиленням температури навколишнього середовища від $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; δ_5 – відносна похибка, що зумовлена відхиленням температури навколишнього середовища від $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; \bar{x}_0 – оцінка середнього значення нерівно розсіяних рядів вимірів (мкбер/год).

Визначимо величину сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра-радіометра РКС-01 «СТОРА-ТУ» за формулою [4, 7, 23, 25]:

$$\theta_p = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^n \theta_i^2} = \pm 1,1 \cdot 5,73 = \pm 6,31. \quad (12)$$

Для розрахунку сумарної абсолютної похибки вимірів, знаходимо середнє СКВ сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра для усіх груп вимірів S_{θ} за наступною формулою [4, 7, 23, 25]:

$$S_{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \theta_i^2}{3}} = 3,31 \text{ мкбер/год}, \quad (13)$$

де S_{θ} – середнє СКВ сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра

для першої групи вимірів (мкбер/годину); θ_i^2 – сумарна не виключена систематична похибка для першої групи вимірів.

Для розрахунку сумарної абсолютної похибки вимірів, знаходимо Δ_p за наступною формулою:

$$\Delta_p = \frac{t_p \cdot S_{\bar{x}_0} + \theta(P)}{S_{\bar{x}_0} + S_{\theta}} \cdot S_{\Sigma}, \quad (14)$$

де Δ_p – сумарна абсолютна похибка вимірів (мкбер/год); t_p – коефіцієнт Ст'юдента ($t_p = 2,45$) при 7 вимірах та з довірчою ймовірністю 95%; $S_{\bar{x}_0}$ – середнє СКВ для першої групи вимірів ($\pm 0,72$ мкбер/год); $\theta(P)$ – величина сумарної не виключеної систематичної похибки для першої групи вимірів (1,77 мкбер/год); S_{θ} – середнє СКВ сумарної не виключеної систематичної похибки дозиметра для першої групи вимірів (3,31 мкбер/год); S_{Σ} – сумарна абсолютна похибка вимірів.

Для розрахунку сумарної абсолютної похибки вимірів, знаходимо повне сумарне СКВ S_{Σ} за наступною формулою:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{x}_0}^2 + S_{\theta}^2} = 3,39 \text{ мкбер/год}, \quad (15)$$

$$\Delta_p = \left[\frac{2,45 \cdot 0,56 + 1,39}{0,56 + 2} \right] \cdot 2,08 = \pm 2,24 \text{ мкбер/год}.$$

Таким чином, тестування методики попереднього радіометричного контролю одної проби картоплі показало, що сумарна абсолютна похибка вимірів потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ» склало $\pm 2,24$ мкбер/год (27% від середнього значення ПЕД першої проби 11 мкбер/год).

Висновки. В роботі розроблена методика попереднього радіометричного контролю при відборі проб картоплі шляхом виконання вимірів потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання дозиметром-радіометром РКС-01 «СТОРА-ТУ». Дана методика на відміну від відомих дозволяє оцінювати всі складові сумарної абсолютної похибки вимірювань потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання. Це дозволяє проводити всебічні дослідження існуючих методів та методик попереднього радіометричного контролю при відборі проб овочевих культур на практичних та лабораторних заняттях навчальної дисципліни

«Цивільний захист» у ході підготовки майбутніх спеціалістів з управління процесами перевезень до дій у надзвичайних ситуаціях.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крайнюк О. В., Мінка С. В., Ольгінський О. Г., Попов І. І., Третяков О. В. *Екологічна та радіаційна безпека*: довідник. Харків: Видавництво НУА, 2003. 275 с.
2. Богатов О. І., Мінка С. В., Подольська Є. А., Подольська Т. В., Полярус О. В. *Екологічна та радіаційна безпека*: довідник. Харків: Видавництво НУА, 2012. 288 с.
3. Богатов О. І., Мінка С. В., Подольська Є. А., Подольська Т. В., Полярус О. В. *Основи охорони праці та екологічна безпека*: довідник. Харків: Видавництво НУА, 2013. 432 с.
4. Богатов О. І., Мінка С. В., Полярус О. В., Третяков О. В. *Основи охорони праці та безпека життєдіяльності*: довідник. Харків: ХНАДУ, 2015. 404 с.
5. Богатов О. І., Мінка С. В., Полярус О. В. *Цивільний захист та безпека життєдіяльності*: довідник. Харків: ХНАДУ, 2017. 400 с.
6. *Радіація. Дози, ефекти, ризик*. М.: Мир, 1998. 79 с.
7. НРБУ-97/Д-2000. *Видання. Норми радіаційної безпеки України. Державні гігієнічні нормативи* [Чинний від 2000-07-12]. Вид. поліграфії Укр. центру держсанепіднагляду України, 2002. 151 с.
8. Єременко В. Г. *Основи дозиметрії та радіаційної безпеки*: навчальний посібник. Харків: ХІТВ, 2006. 156 с.
9. *Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах*. Утв. Председателем Межведомственной комиссии по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР, 1989. 25 с.
10. Наказ №446 Міністерство охорони здоров'я України *Про затвердження методичних вказівок з «Відбору проб первинної обробки та визначення вмісту Cs137 та Sr90 в продуктах харчування»*, 2008. 45 с.
11. Коваль О. А., Мінка С. В. Шляхи вдосконалення методики вимірювання потужності еквівалентної дози при радіометричному контролі. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, 2017. Вип.1. С. 250-257.
12. Вишневецький О. Л., Попов І. І. Мінка С. В. Шляхи вдосконалення методики вимірювання потужності еквівалентної дози дозиметром РКС-01 «СТОРА-ТУ» при радіометричному контролі поверхні ґрунту. *Вестник ХНАДУ: сборник научных трудов*. Харьков, 2016. № 72. С. 50-57.
13. Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б. *Основи метрології та вимірювальної техніки*:

Підручник: Львів: НУ «Львівська політехніка», 2005. Т.1 Основи метрології. 532 с.

14. Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б. *Основи метрології та вимірювальної техніки*: Підручник. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2005. Т.2 Вимірювальна техніка. 656 с.
15. Цыганков А. П. *Химия окружающей среды*. Москва: Химия, 1982. 672 с.
16. Abreu, T., Bragança, M., Berson, D. M., Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., ... Garbarino, S. (2015). Definition and measurement of circadian radiometric quantities. *Journal of Affective Disorders*. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(03\)00130-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(03)00130-9).
17. Friedl, M. A., & Davis, F. W. (1994). Sources of variation in radiometric surface temperature over a tallgrass prairie. *Remote Sensing of Environment*. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90109-0).
18. Hollandt, J., Hartmann, J., Struß, O., & Gärtner, R. (2010). Radiometric Temperature Measurements: II. Applications. *Experimental Methods in the Physical Sciences*. [https://doi.org/10.1016/S1079-4042\(09\)04301-X](https://doi.org/10.1016/S1079-4042(09)04301-X).
19. Organelli, E., Claustre, H., Bricaud, A., Schmechtig, C., Poteau, A., Xing, X., Vellucci, V.. A novel near-real-time quality-control procedure for radiometric profiles measured by bio-argo floats: Protocols and Performances. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. (2016) <https://doi.org/10.1175/jtech-d-15-0193.1>

Коваль О.А., Мінка С.В., Коваль А.О. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ДОЗИМЕТР-РАДИОМЕТР РКС-01 «СТОРА-ТУ». Рациональное использование существующих и разработка новых экологически чистых транспортных технологий предполагает повышение требований к защите персонала транспортных предприятий, пассажиров и окружающей среды от воздействия опасных экологических факторов природного и антропогенного происхождения. Особую опасность для функционирования транспортных систем представляют зоны экологической катастрофы, связанные с попаданием радиоактивных веществ в окружающую среду. В связи с этим, в процессе обучения студентов по направлению «Транспортные технологии» запланировано изучение дисциплины «Гражданская защита». Целью данного исследования является изучение методики предварительного радиометрического контроля овощных

культур дозиметром-радиометром РКС-01 «СТОРА-TU».

Ключевые слова: транспорт, перевозки, радіація, радіонукліди, дозиметр-радиометр, погрешність, еквівалентна доза, методика, безпека, измерения.

Koval O., Minka S., Koval A. ENHANCING ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE ORGANIZATION OF TECHNOLOGICAL TRANSPORTATION OF CARGO AND PASSENGERS BY DEVELOPMENT OF METHODS OF PREVIOUS RADIO-METRIC CONTROL OF FOOD PRODUCTS BY DOSIMETER-RADIOMETER RKS-01 "STORA-TU". Rational use of existing and development of new environmentally friendly transport technologies involves increasing requirements for the protection of personnel of transport enterprises, passengers and the environment from the impact of hazardous environmental factors of natural and anthropogenic origin. A particular danger to the functioning of transport systems is the areas of environmental disaster associated with the introduction of radioactive substances into the environment. In connection with this, in the process of training students in the direction of training "Transport Technologies" is planned to study the discipline "Civil Protection". The purpose of this study is to study the methodology of preliminary radiometric

control of vegetable crops by a dosimeter-radiometer RKS-01 "STORA-TU". In accordance with the requirements of the Law of Ukraine "On Protection of Human Rights against Ionizing Radiation", the content of radionuclides in food, food raw materials and drinking water shall not exceed the approved levels in the established order. In the management of transportation processes in areas of emergency situations on the territory of Ukraine, radiation monitoring is carried out by units of radiation intelligence using the standard technical means of radiation detection and control, which have proven positive in radiation monitoring. At the same time, when working with a specific device, there is a need to create an effective algorithm that will provide reliable data. The manual for the operation of modern dosimeters specifies their technical characteristics, the device, and the procedure for working with the dosimeter; however, there is no clear methodology for determining the equivalent dose rate taking into account the specificity of the sampling of food products in the operating manual, so it needs to be developed. One of the modern dosimeters developed in Ukraine and capable of measuring the equivalent dose rate is the STORA-TU dosimeter-radiometer RKS-01.

Keywords: transport, transportation, radiation, radionuclides, dosimeter-radiometer, error, equivalent dose, methodology, safety, measurement.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-3-149-154

УДК 69.05

Гольтерова Т.А., Обухова Н.В., Масс О.М.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40. Харків, 61002; e-mail: golterova@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4018-5455,
orcid.org/0000-0002-8275-3166, orcid.org/0000-0002-3783-1962)*

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Інтеграція економіки України в економіку розвинутих європейських країн вимагає єдиних підходів до питань технічного регулювання будівельної діяльності. В статті автори звертають увагу на окремі питання технічного регламенту в будівництві України.

Ключові слова: технічний регламент; дозвільна система; суб'єкти містобудівної діяльності; технічне регулювання; клас наслідків (відповідальності); договірні відносини; типові форми контрактів FIDIC; сертифікат; професійна кваліфікація; система ліцензування; вимоги до об'єктів будівництва; експертиза проекту будівництва; прийняття в експлуатацію.

Вступ. Європейські підходи у розвитку будівництва є одним із пріоритетів держави на шляху реформ.

Технічне регулювання полягає у правовому регулюванні відносин у сфері

будівництва, виконанні обов'язкових вимог шляхом оцінки відповідності.

На основі Регламенту (ЄС) №305/2011 [1], який діє з 2013 року, в Україні розроблено технічний регламент