

ЭКОЛОГИЯ

УДК 504:551.52

**ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ
ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ДОЗИ ДОЗИМЕТРОМ МКС-05 «ТЕРРА»
ПІД ЧАС РАДІОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ**

**О.Л. Вишневецький, доц., к.т.н., С.В. Мінка доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
І.І. Попов, доц., к.т.н.,
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків**

Анотація. Розроблено ефективну методику вимірювання потужності еквівалентної дози дозиметром-радіометром МКС-05 «ТЕРРА» під час радіометричного контролю поверхні ґрунту територій. Завданням цієї методики є першочергове визначення найбільш безпечного місця на досліджуваній ділянці.

Ключові слова: радіаційна безпека, радіометричний контроль, іонізуючі випромінювання, радіаційна аварія, радіація, механізм дії радіації на людину, дозиметр-радіометр.

**ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ
ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ДОЗИМЕТРОМ МКС- 05 «ТЕРРА»
ПРИ РАДИОМЕТРИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА**

**А.Л. Вишневецкий, доц., к.т.н., С.В. Минка, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
И.И. Попов, доц., к.т.н.,
Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков**

Аннотация. Разработана эффективная методика измерения мощности эквивалентной дозы дозиметром-радиометром МКС-05 «ТЕРРА» при радиометрическом контроле поверхности ґрунта территорий. Задачей этой методики является первоочередное определение наиболее безопасного места на исследуемом участке.

Ключевые слова: радиационная безопасность, радиометрический контроль, ионизирующие излучения, радиационная авария, радиация, механизм действия радиации на человека, дозиметр-радиометр.

**WAYS OF PERFECTION OF THE METHODOLOGY OF MEASURING THE
POWER OF EQUIVALENT DOSE BY DOSIMETER MКС- 05 «TERRA» AT
AEROPHARE CONTROL OF SOIL SURFACE**

**O. Vyshnevetskyi, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), S. Minka, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University, I. Popov, Assoc. Prof.,
Ph. D. (Eng.), National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv**

Abstract. Effective methodology of measuring the power of the equivalent dose is worked out by dosimeter-radiometer MКС-05 «TERRA» at radiometric control of soil surface of territories is developed. The task of this methodology is primary determination of the most safe place on the investigated area.

Key words: radiation safety, radiometric control, ionizing radiations, radiation accident, radiation, mechanism for determining the action of radiation on a human-being, dosimeter-radiometer.

Вступ

Безпека людини нерозривно пов'язана з якістю навколишнього середовища, тому кінцевою метою моніторингу довкілля є проведення комплексу заходів організаційного й інженерно-технічного характеру, спрямованого на забезпечення захисту населення. Аварія на японській АЕС «Фукусіма-1» у березні 2011 р. знову підтвердила можливість масштабних катастроф, пов'язаних із потраплянням значних кількостей радіонуклідів у довкілля. Розвиток сучасних технологій у нашій країні ускладнює завдання охорони праці та екологічної безпеки людини. Особливості новітніх технологій потребують постійного удосконалення знань стосовно одиниць вимірювання іонізуючої радіації, механізму її дії, систем контролю випромінювань та захисту людини.

Значна кількість АЕС в Україні неминуче призводить до збільшення ядерних об'єктів, що забезпечують їх роботу. Для роботи однієї АЕС необхідно близько десяти додаткових об'єктів [1–3].

У зв'язку з цим все більша кількість людей зазнає і буде зазнавати впливу радіоактивного випромінювання у процесі роботи на атомних об'єктах або внаслідок проживання в районах, де відбувається розповсюдження радіоактивних відходів [1–3]. Це зумовлює актуальність подальшого підвищення якості та ефективності технічних засобів радіаційного контролю.

Аналіз публікацій

Серед екологічних факторів, що впливають на людину в робочій зоні, іонізуючі випромінювання найбільш небезпечні. Сучасні дослідники виявили, що пряма дія значних поглинених доз радіації, які руйнують генетичний апарат живих організмів, – це тільки одна частина проблеми. Не менш небезпечним є руйнування мембран клітини активними іонами кисню, що найбільше виявляються за умови рівнів радіації, які мало перевищують природний фон [1, 2].

Автори [1–5] вважають, що за умови низького рівня радіації її руйнівна дія на мембрани клітин переважає над прямою фізичною дією на гени. Прикладом цього є те, що під час розпаду одного атома цезію-137 утворюється

β -частинка, енергія якої становить 0,523 МеВ. Енергія випромінювання, необхідна для іонізації молекули клітини, дорівнює приблизно 10 еВ. Із цього випливає, що один радіоактивний атом може іонізувати тисячі молекул в об'ємі, рівному декільком кубічним міліметрам. З огляду на проникну спроможність електронів, цей процес захопить приблизно 10 000 клітин діаметром 10^{-3} – 10^{-4} см.

Екологи [1–4] зробили дуже важливий висновок: один радіоактивний атом у тисячі разів більш небезпечний за атом будь-якого стабільного токсичного елемента, тому що один токсичний атом зруйнує одну молекулу в живій клітині, а радіоактивний – від однієї до тисяч молекул.

Унаслідок ушкодження клітинних мембран іонізованими молекулами знижується спроможність організму до розпізнавання і знищення вірусів і бактерій, тобто послаблюється імунний захист. Отже, підвищення радіаційного фону або потрапляння в організм невеликих кількостей радіоактивних речовин спричиняє значний руйнівний вплив на імунну систему людини [1–4].

У зонах надзвичайних ситуацій на території України радіаційний контроль здійснюється підрозділами радіаційної, хімічної, біологічної розвідки з використанням штатних технічних засобів радіаційної розвідки та контролю (ТЗРПК) різних типів (радіометрів, дозиметрів, спектрометрів), які позитивно зарекомендували себе у радіаційному моніторингу [7]. Але у низці випадків, як показав практичний досвід, спостерігалися помилкові результати вимірів унаслідок використання приладів у тих умовах, коли ТЗРПК не здатні провести вимірювання певних видів іонізуючих випромінювань (ІВ) та їх параметрів. Це призводило до конфліктних ситуацій, які були пов'язані з неузгодженістю результатів вимірів, проведених приладами різних типів. Крім того, незважаючи на використання стандартизованих ТЗРПК, якісна вимірювальна інформація може бути отримана найчастіше тільки із застосуванням методик вимірів, які враховують специфіку розв'язуваних завдань. Усе це, у свою чергу, потребує вдосконалення наявного парку вимірювальної техніки шляхом розробки та створення перспективних технічних засобів радіаційного контролю. Водночас під час роботи з конкре-

тним приладом виникає необхідність створення ефективної методики, яка забезпечить отримання достовірних даних [6–9].

У настанові з експлуатації сучасних дозиметрів вказані їх технічні характеристики, будова, методика підготовки їх до роботи, порядок роботи з дозиметром і рекомендації з його технічного обслуговування. Однак чіткої методики визначення потужності еквівалентної дози з урахуванням місцевих умов дослідження у настанові з експлуатації немає й її необхідно розробити. Не менш важливим завданням є першочергове визначення найбільш безпечного місця на ділянці території, де здійснюється радіаційний контроль.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розробка вимог до перспективних технічних засобів радіаційного контролю та ефективної методики вимірювання потужності еквівалентної дози дозиметром-радіометром МКС-05 «ГЕРРА» під час радіометричного контролю територій. Особливістю вказаної методики є першочергове визначення найбільш безпечного місця на досліджуваній ділянці місцевості.

На основі аналізу методичних та нормативних документів, а також практичного досвіду радіаційних вимірів перспективні технічні засоби радіаційного контролю повинні відповідати таким вимогам [5–7]:

- енергетичний діапазон вимірів – не менше ніж 0,05–3 МеВ;
- нижня межа діапазону вимірів – не вище ніж $0,1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ (10 мкР/год);
- верхня межа діапазону вимірів у режимі «пошук» – не нижче ніж $1 \text{ Зв}\cdot\text{ч}$ (100 Р/год);
- тривалість періоду усереднення показників у режимі «пошук» – не більше ніж 2 с;
- основна похибка показників вимірювального приладу – не більше ніж 15 %;
- похибка, що зумовлена залежністю показників вимірювального приладу від енергії гамма-випромінювання в діапазоні 0,05–3 МеВ, – не більше ніж 40 %;
- метеорологічні умови вимірів – все погодні виконання приладу;
- у конструкції вимірювального приладу повинна бути передбачена можливість його дезактивації.

Надійність засобів виміру має характеризуватися безвідмовністю та довговічністю.

Середня наробка до відмови – не менше ніж 4 тис. год. Середній ресурс до першого капітального ремонту – не менше ніж 10 тис. год. Середній термін служби – не менше ніж 6 років. Середній час відновлення – не більше ніж 12 год.

Засоби виміру повинні бути стійкими до температури, відносної вологості повітря та атмосферного тиску в діапазонах: температура – від -50 до $+50$ °С; вологість – до 98 %; тиск – від 73 до 106,7 кПа [6–9].

Засоби повинні зберігати працездатність після десятикратного перевищення верхньої межі діапазону контролю. Під час впливу вказаних перенавантажень показання засобу мають відповідати або бути більше ніж верхня межа діапазону контролю. Засоби мають розроблятися з використанням типових уніфікованих базових несучих конструкцій (БНК) та принципів агрегування.

Конструкція засобу має забезпечувати взаємозамінність змінних однойменних елементів, вузлів, блоків, а також доступ до всіх змінних та регульованих елементів.

Конструкція засобів має відповідати кваліфікації їхніх можливих користувачів. Для зменшення радіоактивного забруднення засобів під час експлуатації їх зовнішні та внутрішні поверхні мають володіти малою адсорбційною здатністю, а також повинні бути передбачені заходи зі зниження потрапляння радіоактивних речовин у середину засобів.

Конструкція засобів, обрані матеріали та покриття повинні допускати багатократну ефективну дезактивацію засобів штатними дезактивуючими засобами. При цьому має бути передбачена можливість легкого вилучення детектора (детекторів), швидкої його дезактивації з наступною зборкою блока (вузла) детектування.

Засоби вимірювання повинні відповідати вимогам, встановленим відповідно до стандартів безпеки праці.

Усі роботи з експлуатації й технічного обслуговування засобів вимірювання мають проводитись відповідно до «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України» (ОСП-54/2005) та НРБУ-97.

Засоби повинні допускати роботу у тривалому очікуваному режимі або вмикатися під час виникнення аварійної радіаційної обстановки за сигналами від відповідних засобів радіаційної розвідки або іншими сигналами про перевищення встановлених рівнів параметрів, що контролюються.

Засоби мають зберігати працездатність в умовах факторів пожежі та (або) вибуху під час та після впливу:

- теплового потоку від відкритого полум'я з рівнем не менше ніж $0,5 \text{ кВт/м}^2$;
- фронту ударної хвилі вибуху з надлишковим тиском не менше ніж $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Технічне обслуговування, ремонт та перевірка працездатності засобів під час експлуатації повинні виконуватися в місці установки або застосування, а засобів стаціонарних та бортових – і без демонтажу.

Періодичність технічного обслуговування засобів під час експлуатації (без урахування робіт із метрологічного забезпечення) – не більше ніж один раз на квартал, а працевитрати – не більше ніж 1 чол.-год на кожний засіб.

Засоби повинні допускати збереження до трьох років у споживача без проведення технічного обслуговування та оперативно приводитись до стану готовності. Розробка дозиметрів, що відповідають сучасним вимогам, є важливою складовою екологічної безпеки.

В Україні для контролю випромінювань та захисту людини розроблено значну кількість дозиметрів, які дозволяють здійснювати радіаційний контроль потужності еквівалентної дози. Водночас під час роботи з конкретним приладом виникає потреба у створенні ефективної методики, яка забезпечить отримання достовірних даних [6–9]. Одним із сучасних дозиметрів, які виготовляються в Україні, є дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА». Він, згідно з настановою з експлуатації, використовується для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах, під час екологічних досліджень, для контролю радіаційної чистоти будівель і споруд, прилеглих до них територій, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту.

У настанові з експлуатації дозиметра МКС-05 «ТЕРРА» вказані технічні характе-

ристики, будова дозиметра, методика підготовки дозиметра до роботи, порядок роботи з дозиметром і рекомендації з його технічного обслуговування. Однак чіткої методики визначення потужності еквівалентної дози з урахуванням місцевих умов дослідження у настанові з експлуатації немає. Дана робота пропонує методику виконання вимірів потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання дозиметром-радіометром МКС-05 «ТЕРРА» у процесі проведення радіаційного контролю територій.

Методика вимірювання потужності еквівалентної дози дозиметром МКС-05 «ТЕРРА» під час радіометричного контролю поверхні ґрунту

1. Діапазон виміру потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання.

Діапазон виміру – від $0,10 \text{ мкЗв/год}$ до 9999 мкЗв/год .

2. Вимоги до похибки вимірів. Межа основної відносної похибки вимірів, що припускається, залежить від технічних можливостей дозиметра-радіометра і в робочому режимі не повинна перевищувати 15 %. Додаткова похибка виникає за умови зміни температури, вологості навколишнього повітря відносно показників за нормальних умов.

3. Засоби вимірів, допоміжні пристрої.

3.1. Під час виконання вимірів ПЕД застосовують дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА» (далі – дозиметр).

3.2. Дозиметр має бути повірений.

3.3. Під час виконання вимірів ПЕД рекомендується застосовувати саморобну подовжувальну штангу, універсальний штатив та інші допоміжні пристрої для фіксації дозиметра-радіометра в робочому положенні.

4. Метод вимірювання.

Вимір рівнів ПЕД здійснюється шляхом реєстрації гамма-квантів газорозрядним лічильником із подальшою обробкою даних швидкості підрахунку імпульсів приладом.

5. Вимоги безпеки, охорони довкілля.

5.1. Перед початком роботи з дозиметром-радіометром необхідно вивчити настанову з експлуатації цього приладу.

5.2. Під час підготовки приладів до роботи і проведення вимірів необхідно дотримуватися вимог нормативів з радіаційної безпеки, вказаних у Нормах радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000).

6. Вимоги до кваліфікації операторів. До виконання вимірів і обробки результатів допус-

кають осіб після вивчення ними методики вимірювання потужності еквівалентної дози і настанови з експлуатації дозиметра-радіометра МКС-05 «ТЕРРА».

7. Умови вимірів. У процесі виконання вимірів слід дотримуватись умов, викладених у настанові з експлуатації дозиметра-радіометра. Інтервал робочих температур $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, атмосферний тиск – $84\text{--}106,7\text{ кПа}$.

8. Підготовка до виконання вимірів.

8.1. Здійснити зовнішній огляд приладу відповідно до настанови з експлуатації: перевірити відсутність видимих механічних ушкоджень, чіткість маркувальних написів, наявність джерела живлення і правильність дотримання полярності «+» і «-» його підключення відповідно до настанови з експлуатації.

8.2. Увімкнути прилад, короткочасно натиснувши кнопку «Режим» відповідно до настанови з експлуатації приладу.

9. Виконання вимірів.

9.1. Встановити режим проведення виміру відповідно до настанови з експлуатації дозиметра-радіометра.

9.2. Дозиметр розташовують горизонтально, при цьому центр детектора (позначений спеціальною міткою) має бути спрямований вниз.

9.3. Під час використання приладів у режимі вимірюють швидкість розрахунку імпульсів без усереднювання. У разі перевищення поточної швидкості рахунку над встановленим порогом спрацьовування відбувається ввімкнення сигналізації. Поріг спрацьовування встановлюють залежно від вимірювального завдання. У випадку наближення до радіоактивного джерела зростає частота звукових сигналів.

9.4. У процесі визначення ПЕД із фіксованим часом виміру виконують виміри в кожній контрольній точці не менше ніж 7 разів; результатом виміру є середнє значення ПЕД.

9.5. Під час обстеження території вимір ПЕД проводять на висоті 1 м від поверхні [6].

9.6. Користуючись запропонованою у даній роботі методикою, приблизно знаходимо район із найменшим рівнем радіаційного зараження (рис. 1).

9.7. Далі територія, що досліджується, поділяється на квадрати зі стороною від 20 м до 50 м. Зміни потужності дози визначаються на висоті 1 м у місцях, що відповідають кутам сітки.

9.8. Якщо під час обстеження у вузлах сітки й на території громадської зони населеного

пункту всі виміри потужності доз не перевищували 30 мкбер/годину, то детальне обстеження не проводиться. Для отримання більш високих значень у точці навколо неї в радіусі приблизно 20 м проводиться додатково не менше ніж 10 вимірів і за їх результатами визначається середнє значення для цієї точки. У разі виявлення на території населеного пункту значень, що на 30 % і більше перевищують 30 мкбер/годину, проводиться детальне обстеження в населеному пункті.

9.9. Результати вимірів потужності доз записуються у відповідні журнали і наносяться на карту або схему населеного пункту. Аномальні значення потужності дози в локальних плямах заносяться у спеціальні таблиці.

10. Обробка результатів вимірів.

10.1. Результатом виміру є ПЕД, виражена в мкЗв/год, що знаходиться в інтервалі з довірчою вірогідністю $P=0,95$ $\text{ПЕД}_{\text{вим}} - \Delta < \text{ПЕД} < \text{ПЕД}_{\text{вим}} + \Delta$. Результат виміру має бути поданий у вигляді

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

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

10.2 Якщо виміряне значення $\text{ПЕД}_{\text{вим}}$ менше ніж мінімально виміряна для використовуваного приладу величина ($\text{ПЕД}_{\text{мін}}$), результат вимірів подають у вигляді

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

де $\text{ПЕД}_{\text{мін}}$ – нижня межа діапазону вимірів відповідно до настанови з експлуатації приладу.

11. Оформлення результатів. Результати вимірів реєструють у робочому журналі. Використовуючи подану методику, автори пропонують також метод приблизного знаходження районів із найбільшим і найменшим рівнями радіаційного зараження, який використовує невелике число вимірів рівня потужності еквівалентної дози (ПЕД).

Цей метод доцільно застосовувати на початковому етапі радіаційної розвідки, коли важливо швидко (тобто використовуючи невелике число вимірів і переміщень на місцевості) приблизно визначити найбільш безпечні (чи, навпаки, найбільш небезпечні) у радіаційному відношенні ділянки місцевості. Ми не розглядаємо випадок гірської або забудованої високими будинками місцевості – для вказаної методики вважатимемо її плоскою.

Мовою математики завдання полягає у знаходженні областей найменших і найбільших значень функції (рівня зараження), визначеної на площині, за допомогою порівняно невеликого числа вимірів значень цієї функції.

Знаходження таких областей дозволить зменшити дози опромінення людей, що беруть участь у проведенні невідкладних робіт у зараженому районі (евакуація людей, проведення інших аварійно-рятувальних заходів і точнішої радіаційної розвідки і т. п.).

Для визначеності розглянемо завдання про знаходження областей найменших значень функції. Випадок із найбільшими значеннями розглядається аналогічно.

Пропонований метод пошуку мінімуму є відомим методом «кантування симплекса» [8–10]; у даному випадку (на площині) симплекс є правильним трикутником.

Опис методу

Нехай O – епіцентр зараження (ми не вважаємо, що координати точки O відомі, проте якщо вони відомі хоч би приблизно, то процес можна прискорити). У районі, що вивчається, обираємо три точки на рівній відстані одна від одної, в яких можна виміряти функцію (рівень радіації). Ці три точки утворюють рівносторонній трикутник T_1 .

Трикутник T_1 не повинен лежати близько до точки O і знаходитися в зоні з високим значенням функції. Ці вимоги легко виконати: під час пересування в досліджуваний район за ходом руху вимірюється значення функції, і одну з вершин трикутника T_1 розташовуємо в першій точці маршруту, в якій це значення істотно (у 5–10 разів) перевищує фоновий рівень.

Якщо напрямок на епіцентр O відомий (хоч би приблизно), то трикутник T_1 бажано «орієнтувати» в цьому напрямку. Це означає, що напрямок на точку O повинен збігатися з напрямком однієї з висот (медіан) трикутника. Довжину сторони трикутника (тобто відстань між точками) можна обирати від 10 до 200 м. Значення функції вимірюють у вершинах 1, 2, 3 трикутника T_1 (рис. 1).

Нехай 2 – та з вершин, в якій отримано найбільше значення (у тому малоймовірному

випадку, коли в усіх вершинах значення є однаковим, довжину сторони трикутника треба збільшити в 2–3 рази).

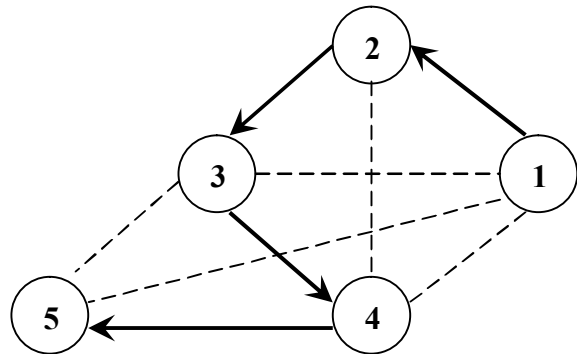


Рис. 1. Графічна схема методу пошуку мінімуму потужності еквівалентної дози (ПЕД)

Потім вимірюють функцію в точці 4, симетричній точці 2 відносно сторони 1–3. Якщо значення в точці 4 менше ніж значення в точці 2, то рухаються за променем, проведеним від точки 2 до точки 4, роблячи виміри через відстань, що дорівнює відстані від точки 2 до точки 4. Напрямок цього руху називають напрямком градієнта функції. Цей рух продовжується доти, доки значення вимірів спадають. Досягши точки, в якій значення функції стане більшим за її значення в попередній точці, будуємо новий трикутник T_2 , однією з вершин якого служить ця точка; вимірюємо функцію в його вершинах і знову рухаємося в напрямку градієнта для цього трикутника, і т. ін.

Ознакою досягнення області локального мінімуму значень функції є «обертання» трикутника, що повторюються, так, що рух у напрямку градієнта закінчується на першому ж кроці.

Результати перевірки ділянки, яку було досліджено за розробленою методикою з використанням методу пошуку мінімуму, подано на рис. 1 та в табл. 1.

У кожній точці вимірювання здійснювали 7 вимірів потужності еквівалентної дози дозиметром-радіометром МКС-05 «ГЕРРА». За прийнятою надійністю результатів вимірювання (0,95) та беручи до уваги результати 7 вимірювань, коефіцієнт Стьюдента становив 2,45 [7].

Таблиця 1 Вимірне значення потужності еквівалентної дози (ПЕД) за пропонованою методикою

№ точки вимірювання	1	2	3	4	5
Результати вимірювань ПЕД (мкбер/год)	9	9	9	7	9
	6	7	9	10	8
	6	6	5	9	9
	10	5	8	6	8
	8	16	7	8	12
	7	8	5	6	10
	8	10	8	4	6
Середнє арифметичне значення	7,71	8,71	7,29	7,14	8,86
Середньо квадратична похибка	1,49	3,37	1,58	1,88	1,73
Середньо квадратичне відхилення	0,56	1,27	0,60	0,71	0,66
Половина ширини довірчого інтервалу	1,37	3,11	1,46	1,74	1,6
Довірчий інтервал	7,71±1,37	8,71±3,11	7,29±1,46	7,14±1,74	8,86±1,60

Висновки

Важливість радіометричного контролю поверхні ґрунту базується на наукових даних, згідно з якими один радіоактивний атом у тисячі разів більш небезпечний за атом будь-якого стабільного токсичного елемента, тому що один токсичний атом зруйнує одну молекулу в живій клітині, а радіоактивний – від однієї до тисячі молекул.

У цій роботі розглянуто вимоги до сучасних дозиметрів та розроблено методику вимірювання потужності еквівалентної дози під час радіометричного контролю поверхні ґрунту дозиметром МКС-05 «ТЕРРА».

Недоліком комплектації дозиметра МКС-05 «ТЕРРА» є відсутність штатива для фіксації його над поверхнею, а також відсутність штанги, до якої його можна закріпити під час проведення досліджень інших об'єктів.

Досліджено метод приблизного знаходження районів із найбільшим і найменшим рівнями радіаційного зараження, який використовує невелике число вимірів рівня зараження.

Література

1. Цыганков А.П. Химия окружающей среды / А.П. Цыганков. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
2. Екологічна та радіаційна безпека: довідник / О.В. Полярус, Є.А. Подольська, С.В. Мінка та ін. – Х.: НУА, 2012. – 288 с.

3. Основи охорони праці та екологічна безпека: довідник / О.В. Полярус, Є.А. Подольська, С.В. Мінка та ін. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 432 с.
4. Радиация. Дозы, эффекты, риск. – М.: Мир, 1998. – 79 с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000). Державні гігієнічні нормативи. – К.: Вид-во поліграфії Укр. центру держсанепіднагляду України, 2002. – 151 с.
6. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах. Утв. Председателем Межведомственной комиссии по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР, 1989. – 25 с.
7. Єременко В.Г. Основи дозиметрії та радіаційної безпеки: навчальний посібник / В.Г. Єременко. – Х.: ХІТВ, 2006. – 156 с.
8. Горский В.Г. Симплексный метод планирования экстремальных экспериментов / В.Г. Горский, В.З. Бродский // Заводская лаборатория. – 1965. – № 7. – С. 831–836.
9. Семенов С.А. Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С.А. Семенов. – М., 2001.
10. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С.Н. Саутин. – Л.: Химия, 1975.

Рецензент: Н.В. Внукова, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 18 березня 2016 р.