

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК [504.5 : 691.212 – 047.36] : 378.091.6

Л. Ф. ДОЛИНА^{1*}, В. П. КІЛЬОВИЙ^{2*}, Д. В. АСТАХОВ^{3*}, М. В. КАЛИМБЕТ^{4*}

^{1*}Каф. «Гідравліка та водопостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, ел. пошта gidravlika2013@mail.ru, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Штаб цивільного захисту, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, тел. +38(0562) 47 19 72, ел. пошта shtabcz@rr.diit.edu.ua, ORCID 0000-0002-2223-3951

^{3*}Фак. «Промислове та цивільне будівництво», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, ел. пошта demian2803@mail.ru, ORCID 0000-0002-7654-2207

^{4*}Фак. «Промислове та цивільне будівництво», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, ел. пошта megusta.ua@yandex.ua, ORCID 0000-0002-2209-6395

МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНОСТІ СТУДЕНТСЬКОГО МІСТЕЧКА ДНУЗТ

Мета. Робота спрямована на визначення радіоактивного забруднення на території студентського містечка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ). **Методика.** Дозиметрами вимірювалось радіоактивне забруднення у різних місцях (точках) студентського містечка ДНУЗТ, особлива увага приділялася місцям скупчення людей. Центрами вимірів стали студентські гуртожитки, пам'ятники, зупинки, головні входи в новий та старий корпуси, аудиторії, підвали, басейн, котельня та інші. **Результати.** На основі дозиметричного контролю вперше в історії університету виявлені джерела радіоактивного забруднення студентського містечка та території ДНУЗТ. Найбільший радіаційний фон спостерігається у трьох точках, а саме: постаменті пам'ятника М. І. Калініну, пам'ятнику студентам-воїнам, головному входу у новий корпус (колони). Це можна пояснити наявністю гранітових матеріалів, із яких зроблені постаменти та сходи. **Наукова новизна.** Найбільший вклад у величину сумарної річної ефективної дози опромінення людей вносять джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) будівельних матеріалів (до 65–70 %). Рівень радіоактивності будівельних матеріалів визначається вмістом у них природних радіонуклідів, які входять в урано-радієвий та торієвий ряди розпаду (18 і 12 радіонуклідів), а також калія-40. Радіоактивність будівельних матеріалів оцінюється вмістом в них домінуючих радіонуклідів радія-226, торія-232 і калія-40. Їх домінуюча роль пояснюється тим, що ці довгоживучі високоенергетичні α , β , μ -випромінювачі є продуктами розпаду радія-226 в урановому ряду і радія-224 у торієвому ряду з виділенням радіоактивних газів (радон-222 та радон-220). Радіоактивні гази збираються у підвалах навчальних корпусів, їх розпад супроводжується 100 % альфа-випромінюванням, який є найбільш небезпечним. **Практична значимість.** За результатами дослідження зроблені наступні висновки: біля об'єктів із підвищеним радіоактивним випромінюванням слід поставити покажчики радіоактивності та попередження щодо безпеки для дітей і молоді. З метою зменшення радіоактивного впливу радону на студентів та співробітників в університеті слід зробити більш ефективну вентиляцію підвалів навчальних корпусів, басейну та гуртожитків.

Ключові слова: радіоактивне опромінювання; моніторинг; студентське містечко ВНЗ; будівельні матеріали; радон

Вступ

Радіоекологічний моніторинг є складовою загального екологічного моніторингу. Радіоекологічний моніторинг – комплексна інформаційна технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС і потерпілих вод від радіаційних аварій [3, 4]. Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань надзвичайно важливими під час вивчення безпеки здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто радіоактивне випромінювання. Природний радіаційний фон є результатом свідомої діяльності людини.

Радіаційна безпека – це забезпечення захисту від іонізуючого опромінення окремих осіб, їх потомства і людства в цілому, і в той же час створення відповідних умов для необхідної практичної діяльності людини, в процесі якої вона може потрапляти під дію іонізуючих випромінювань. Дозиметричний контроль забруднених і незабруднених територій здійснюють для своєчасного отримання даних про дози опромінення людей та ступінь зараження місцевості, техніки тощо, для вжиття заходів щодо зменшення небезпеки радіаційного ураження.

Мета

Метою роботи є визначення радіоактивного забруднення на території студентського містечка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. «У період будівельного буму через відсутність нормативних вимог щодо обов'язкового радіологічного контролю в місто Дніпропетровськ була завезена значна кількість будівельних конструкцій, облицювального каменю і щебеню (в основному з Токівського кар'єру) з підвищеною радіоактивністю. У результаті радіаційний фон у місті підвищився до 24 мкР/год, і він уже вважається нормальним (природний 7–15 мкР/год)» [5]. Ці слова можуть бути віднесені не тільки до Дніпропетровська, але й до багатьох міст і селищ України. Раніше та деколи й зараз під час ухвалення рішень з проекту-

вання й будівництва економічні інтереси преважують над екологічними. Водночас «житло людини зобов'язане мати екологічну цінність і, подібно до людини з дипломатичним паспортом, імунітет екологічної безпеки» [5].

Екологія житла – комплекс архітектурно-будівельних, географічних, фізико-хімічних та інженерно-технічних напрямків, які в рамках екології людини вивчають взаємодію і взаємовплив невиробничої і виробничої діяльності людини й природних процесів, що відбуваються в умовах живої екосистеми на території міст, навчальних закладів (як приклад, ДНУЗТ), і зони їх впливу [1, 13, 15].

Вибух реактора №4 на Чорнобильській АЕС 26 квітня 1986 року вкрай негативно вплинув на навколишнє середовище і об'єктивною реальністю наших днів є те, що мільйони людей в Україні змушені жити на забрудненій радіонуклідами території. Також у наші будинки з-під землі безперервно надходить радіоактивний газ радон.

Залежно від дії на живий організм опромінення поділяють на зовнішнє і внутрішнє [16]. Зовнішнє опромінення припускає, що джерело дії перебуває поза організмом. Це опромінення формується трьома складовими:

- космічним випромінюванням;
- випромінюванням радіонуклідів, розсіяних у біосфері;
- випромінюванням матеріалів і споруд, створених людиною.

У випадку, якщо радіоактивні речовини з їжею, водою або вдихуванім повітрям потрапляють всередину організму, з'являється джерело внутрішнього опромінення.

У людини, ссавців, птахів та інших аеробіонтів, які мають легеневи́й апарат, внутрішнє опромінення формується двома складовими: радіонуклідами, які відклалися в тканинах, і радіонуклідами, що затримались в слизовій оболонці органів дихання (радон та ін.).

Для людини середня тканинна доза зумовлена продуктами розпаду радону й торію, при концентрації в повітрі еманцій близько 11,1 Бк/м³ дорівнює 2,5 × 10⁻⁵ Дж/кг за рік. Доза опромінення базальних літок бронхіального епітелію внаслідок переважного осідання на ньому дочірніх продуктів розпаду еманцій приблизно в 5 разів більше, ніж доза опромі-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

нення альвеолярного епітелію. Поглинена доза в тілі людини від природних джерел випромінювання на більшій частині суші становить в середньому близько 10^{-3} Дж/кг за рік, 70–80 % цієї величини створює випромінювання, решта припадає на внутрішнє опромінення [12].

Природні променеві навантаження на людину зумовлені випромінюванням, пов'язаним з радіаційним фоном споруд, визначаються трьома складовими:

- вторинним космічним випромінюванням;
- випромінюванням будівельних матеріалів;
- радіоактивністю аерозолів.

Доза вторинного космічного випромінювання прямо залежить від географічного положення населеного пункту й типу будови житла.

В основному дозу зовнішнього опромінювання становлять випромінювачі нукліди: свинець-214, вісмут-214, торій-228, актиній-228, а також калій-40, що знаходиться в основному у верхньому шарі ґрунту.

Внутрішнє опромінення людини здійснюється радіонуклідами, які потрапляють всередину організму з повітрям, водою, їжею. Найбільше впливають радон, калій, радій, полоній та ін.

Річна доза залежить від геологічних, ґрунтових, атмосферних та інших умов. В районах з нормальним фоном (ДНУЗТ) річна ефективна еквівалентна доза внутрішнього опромінювання майже вдвічі більше ніж доза зовнішнього опромінювання: вони становлять близько 1,35 мЗв (135 мрем) і 0,65 мЗв (65 мрем) відповідно, з них 0,3 мЗв (30 мрем) припадає на космічне випромінювання.

Слід зазначити, що під час природного іонізуючого випромінювання річна доза опромінювання дитячого організму в 1,5 рази вища, ніж для дорослих. Це пояснюється особливістю фізіології дитячого організму. Так, діти одержують у середньому 3 мЗв (300 мрем) продуктів розпаду радону з повітрям, що вдихається. У той же час період напіввиведення цезію-137 у дорослих становить 70–140 (у середньому 110) діб, а у дітей, залежно від віку – від 50 до 20 діб (діти, залежно від віку, мають різні терміни метаболічних (обмінних) процесів). Чим молодший організм, тим швидше за інших рівних умов очищується від інкорпорованих радіонуклідів.

У природних умовах радіонукліди потрапляють у воду, ґрунт, живі й рослинні організми. Тому питання щодо характеру розподілу радіонуклідів у середовищі становить певний інтерес [13].

Середні частки повної активності радіонуклідів у воді становлять 27 %, у піщаному ґрунті – 43 %, у біомасі – 28 %.

Незважаючи на малу адсорбцію піску, основна частка середньої активності припадає саме на цей матеріал, що повинно враховуватися під час виготовлення будівельних матеріалів і виробів.

Одним із факторів, які впливають на розподіл радіонуклідів у різних середовищах, є сольовий склад води.

Установлено, що із збільшенням вмісту кальцію у воді водоймища відбувається перехід активності стронцію Sr-90 з ґрунту (донних відкладень) у біомасу води [12]. Це має важливе значення як при отриманні питної води, так і при використанні таких вод у будівництві.

Методика

Дослідження з виявлення еквівалентної дози (ЕД) і потужності амбінного еквівалента дози (ПЕД) гамма – випромінювання, а також оцінки поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами були виконані за допомогою приладів-дозиметрів радіометрів типу МКС-0,5 «Терра-П» (рис. 1).

Дозиметрами вимірювалось радіоактивне забруднення у різних місцях (точках) студентського містечка ДНУЗТ, особлива увага приділялась місцям скупчення людей (рис. 2). Центрами вимірів стали студентські гуртожитки, пам'ятники, зупинки, головні входи в новий та старий корпус, аудиторії, підвали, басейн, котельня та ін.

Вплив будівельних матеріалів на радіоактивність середовища. Випромінювання, що створюється будівельними матеріалами, зумовлене наявністю в їхньому складі головним чином радіонуклідів: радію (^{226}Ra) – $3,7 \times 10^{-4}$ Бк/г, торію (^{232}Th) – $2,59 \times 10^{-4}$ Бк/г і калію (^{40}K) – $48,1 \times 10^{-4}$ Бк/г. [9, 15]. Крім того, у будматеріалах можуть бути в різних концентраціях уран, фосфор та ін. Для порівняльних оцінок радіоактивності різних будівельних матеріалів застосовують ефективну питому активність.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ



Рис. 1. Дозиметр-радіометр МКС-0,5 «Терра-П»

Fig. 1. Dosimeter-radiometr MKS-0.5 «Terra-P»

Згідно з Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [10, 11] усі будівельні матеріали за ефективною питомою активністю поділяють на три класи (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація будівельних матеріалів за ефективною питомою активністю

Table 1

Classification of construction materials accordingly the effective specific activity

Клас будівельних матеріалів	Ефективна питома активність		Сфери можливого використання в будівництві
	Бк/кг	Ки/кг	
I	≤ 370	$\leq 1 \times 10^{-8}$	Без обмежень у всіх видах будівництва
II	370.... 740	1×10^{-8} 2×10^{-8}	Тільки для промислового й дорожнього будівництва в межах населених пунктів
III	740.... 1 350	2×10^{-8} $3,65 \times 10^{-8}$	Тільки для дорожнього будівництва поза населеними пунктами; у населених пунктах – для будівництва підземних споруд

Якщо будівельні матеріали мають ефективну питому активність >1350 Бк/кг, то питання щодо використання їх у будівництві вирішується в кожному випадку окремо з дозволу Міністерства охорони здоров'я України.

Вибіркові дослідження показали, що середня ефективна питома активність будівельних матеріалів України становить 105,1 Бк/кг, що дещо більше, ніж для будівельних матеріалів колишнього СРСР (93,5 Бк/кг) [12]. Територія України, в тому числі і територія ДНУЗТ, розташована на кристалічному щиті з наявністю великих родовищ гірських порід (граніту, габро, мармуру, вапняку тощо), що містять природні радіонукліди, із яких виготовляють різні будівельні матеріали.

Значущість внеску природних радіонуклідів (ПРН) у використовуваних будівельних матеріалів і підстильних ґрунтах під будівлями у величину дози опромінення визначається тим, що дія даних джерел випромінювань має систематичний характер (людина проводить у приміщеннях будівель до 80 % часу), і тому особливість дії – опромінення в приміщенні відбувається в геометрії 4п (на відкритому повітрі – 2п).

Концентрація ПРН у використовуваних будівельних матеріалах визначає величину зовнішньої і внутрішньої складових дози опромінювання. Тому НРБУ-97 встановлюють допустимі рівні ефективної питомої активності ПРН у будівельній сировині, матеріалах, виробках, які контролюються на етапах: добування будівельної сировини (матеріалів) і виробництва будівельних матеріалів (виробів).

За допомогою розглянутих питань виникає можливість управління рівнем радіаційної безпеки об'єктів будівництва на основі встановлення рівнів регулювання контрольованих параметрів будівельного виробництва.

Газ радон у нашому житті. За даними американських дослідників, з тисячі людей, які нині живуть, 3–4 людини загинуть від раку легенів, викликаного радоном, при тому що середня концентрація радону в будинках дорівнює 25 Бк/м³. Але рівень концентрації радону в повітряному середовищі приміщень навіть двох розташованих поруч будинків може сильно відрізнятись. При концентрації радону 200 Бк/м³ приречені захворіти раком вже 3–4 людини із сотні мешканців [11, 12, 18].

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Радон-222 – невидимий радіоактивний інертний газ, який у 7,5 разу важче, ніж повітря, не має запаху, смаку й кольору. Є дочірнім продуктом радіоактивного розпаду торію-232, а той у свою чергу – продуктом розпаду урану-238. Газ радон надходить у повітря з-під землі всюди, але найбільш високі його концентрації спостерігаються в зонах розломів, поблизу виходу радіоактивних порід (гранітів та ін.), уранових шахт і кар’єрів. Ми часто не розуміємо, чому раптом тіснить дихання в підвальних приміщеннях або погано провітрюваних приміщеннях першого поверху, тяжчають повіки, стає розсіяною увага. І медицина довгий час не могла дати відповідь, чому в певних районах або навіть в окремих будинках набагато вищий відсоток зляканих пухлин. У непровітрюваних герметичних спорудах концентрація радону може досягти значних величин і становити потенційну небезпеку для здоров’я людей. У середньому 50 % фону в приміщеннях зумовлено радоном і продуктами його розпаду.

Швидкість виділення радону з поверхні землі називається ексхалляцією ($\text{мБк}/\text{м}^2 \times \text{с}$) [13, 14, 19]. Ексхалляція залежить від багатьох чинників: типу ґрунтів, підстильних порід, часу доби, сезону, кліматичних умов та ін. (табл. 2).

Таблиця 2

**Ексхалляція радону
в різних населених пунктах**

Table 2

**Exfoliation radon
in different localities**

Міста і райони	Тип ґрунту	Ексхалляція, $\text{мБк}/\text{м}^2 \times \text{с}$
м. Дніпропетровськ		
лівий беріг	Чорнозем	9,0
правий берег	Чорнозем Гірський	11,5
Жовті води	Чорнозем	13,0
Кіровоград	Суглинок	28,0

Ексхалляція радону більша вночі, оскільки немає руху повітря або ж він мінімальний. Взимку й восени ексхалляція радону в приміщеннях менша, оскільки ґрунт зволожений або

мерзлий, а влітку та весною – вихід радону більше, оскільки відбувається більше випаровування ґрунту. Проте взимку в житлових та навчальних приміщеннях, особливо підвальних, вміст радону більший, оскільки ґрунт під будинками не замерзає, а повітрообмін (вентиляція) знижена. Утеплення приміщень призводить до підвищення питомої активності радону.

Студентське містечко ДНУЗТ. У ДНУЗТ навчається близько 6,5 тисяч студентів, працює близько 1 500 співробітників та ще 600 співробітників та їхніх сімей проживає на території містечка, яке займає 29 га землі. Всюди зелень, клумби, квіти, навіть росте японська «сакура».

На території університету є чудове футбольне поле, де студенти займаються під час занять та курсанти кафедри військової підготовки здають свої нормативи. Варто відзначити, що тільки ДНУЗТ і НГУ мають свої кафедри військової підготовки серед вузів Дніпропетровська. Керівництво університету намагається максимально прищепити студентам любов до спорту. Цю функцію також виконує басейн, що знаходиться на відкритому повітрі, а взимку підігривається.

Мама-студентки зі своїми дітьми відпочивають у містечку, особливо їм подобається відпочивати біля колишнього пам’ятника Калініну, постаменти якого зроблені з діориту (різновид граніту).

Нашою метою було виміряти якомога більшу кількість точок студентського містечка на наявність радіоактивного випромінювання. Найбільшу увагу приділяли об’єктам скупчення людей, а саме: пам’ятникам Калініну, Студентам-воїнам, студентським гуртожиткам, входам в новий та старий корпуси, місцям відпочинку військових, паркан вздовж проспекту ім. Гагаріна, зупинці біля паркану, лікарні, стадіону міні-футболу, великому стадіону, будинкам старої побудови, циклону на території студентського містечка та новому житловому будинку. Також брали до уваги один із таких факторів, як будівельні матеріали, з яких побудовані ці об’єкти. Як зазначалося раніше, будівельні матеріали мають радіаційний фон.

Заміри на території виконували в суху та сонячну погоду. Всі дані були чітко зафіксовані. Ми також звернули увагу на новий житловий будинок, збудований в 2015 році. В цей час

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

для будівництва використовують добротні й дорогі будматеріали, які не йдуть ні в яке порівняння з будівельними матеріалами радянського періоду.

Порядок виконання вимірів та обладнання для виміру радіаційного випромінювання. Дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА-П» призначений для вимірювання еквівалентної дози (ЕД) і потужності амбієнтного еквівалента дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також оцінки поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами. Додатково в дозиметрі реалізовані функції годинника і будильника. Дозиметр використовується в побутових цілях: для контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, предметів побуту, одягу, транспортних засобів, поверхні ґрунту на присадибних ділянках; для оцінки радіаційного забруднення лісових ягід і грибів, а також як наочний посібник для навчальних закладів.

В дозиметрі програмується значення порогових рівнів ПЕД гамма випромінювання в діа-

пазоні від 0,01 до 9,99 мкЗв/год з дискретністю 0,01 мкЗв/год. Значення порогового рівня, який встановлюється автоматично при включенні дозиметра – 0,30 мкЗв/год, що відповідає максимально допустимому рівню гамма-фону для приміщень згідно з «Нормами радіаційної безпеки України». Дозиметр подає звукові сигнали різної періодичності і різної тональності у разі перевищення запрограмованого рівня ПЕД, спрацьовування будильника і розрядки батареї живлення нижче допустимого рівня. Дозиметр забезпечує чотирирівневу індикацію ознаки розрядки джерела живлення. Значення ПЕД і порогових рівнів ПЕД, а також значення реального часу і встановленого часу будильника почергово виводяться на цифровий рідкокристалічний індикатор (далі – цифровий індикатор) залежно від обраного режиму з висвічуванням ознак відповідності інформації.

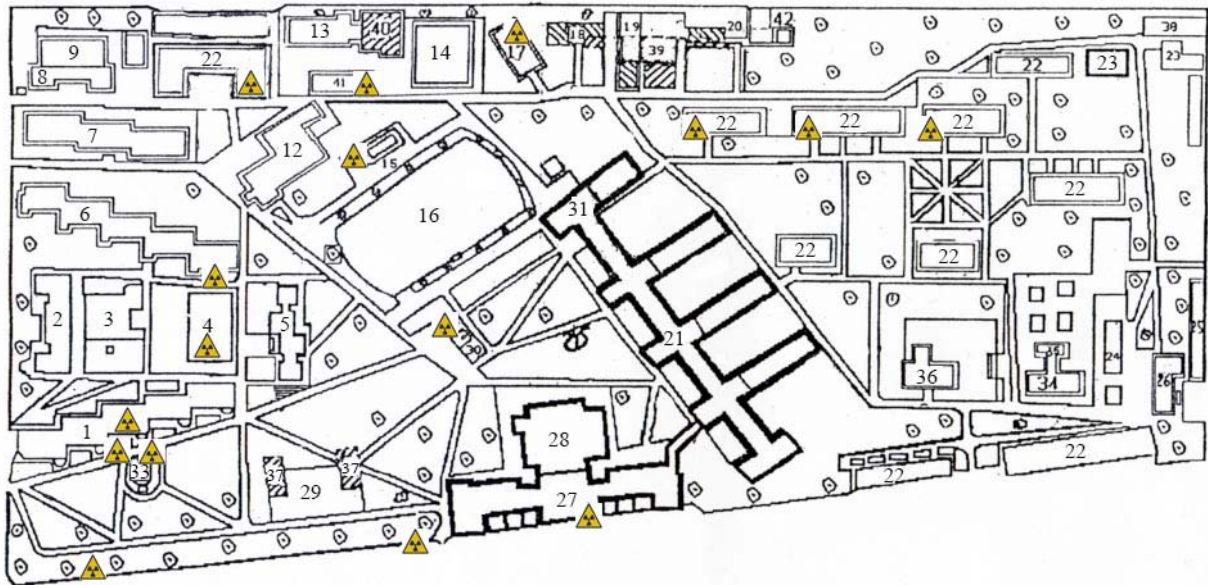


Рис. 2. План території ДНУЗТ

Fig. 2. Territory plan of DNURT

Примітка: 21, 27, 31 – навчальні корпуси; 4, 15, 16, 25, 29 – спортивні споруди (майданчик, басейн, стадіон, спортивний комплекс); 13, 17, 18, 26, 40 – майстерні та лабораторії; 1, 2, 5, 6, 7 – гуртожитки студентів; 3, 8, 9, 11, 12, 14, 20, 23, 24, 28, 34, 36, 39, 41 – допоміжні побудови (насосна, гараж, їдальня, котельня, будівельно-ремонтна група, матеріальний склад, Палац культури, дитячий комбінат, підстанція, поліклініка, майстерня); 22 – житловий фонд університету; 30, 33 – пам'ятники; 19, 38, 42 – споруди мешканців містечка.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Дозиметр забезпечує вимірювання за таких умов:

- температура від -10 до $+50$ °С;
- відносна вологість до $(95 \pm 3)\%$ при температурі $+35$ °С;
- атмосферний тиск від 84 до $106,7$ кПа.

Перед початком роботи з дозиметром необхідно ознайомитися з розташуванням та призначенням органів управління.

Результати

Дані, отримані з місць виконання вимірів, були занесені в табл. 3 для подальшої зручності аналізу та вивчення.

Таблиця 3

Радіаційний фон студентського містечка ДНУЗТ

Table 3

The radiation background of DNURT campus

Місце виконання виміру	Радіаційний фон	
	мкЗв	мкР
Вхід в новий корпус	0,30	30
Вхід в старий корпус	0,18	18
Пам'ятник Калініну	0,41	41
Пам'ятник Студентам-воїнам	0,33	33
Місце для паління військових	0,25	25
Паркан, проспект Гагаріна	0,09	9
Зупинка, проспект Гагаріна	0,12	12
Студентська лікарня	0,09	9
Малий стадіон	0,08	8
Великий стадіон	0,23	23
Новий будинок	0,08	8
Старий будинок	0,19	19
Циклон	0,08	8

Як видно з табл. 3, найбільший радіаційний фон спостерігається на трьох точках, а саме: постамент колишнього пам'ятника Калініну, пам'ятник Студентам-воїнам, головний вхід в новий корпус (колони). Це можна пояснити

наявністю гранітових матеріалів, з яких зроблені постаменти та сходи.

Розташування місць заміру можна спостерігати на плані студентського містечка ДНУЗТ. Для більш детального моніторингу було взято якомога більшу кількість точок для вимірів.

Наукова новизна та практична значимість

На основі дозиметричного контролю вперше в історії університету виявлені джерела радіоактивного забруднення студентського містечка та території ДНУЗТ. Найбільше радіоактивне забруднення виявлено біля пам'ятника Студентам-воїнам та постаменту знесеного пам'ятника, вхід в новий корпус, місце для паління. Таке забруднення зумовлено тим, що для будівництва вказаних об'єктів використовувались гранітні породи та їх різновид (діорит та ін.)

Найбільший вклад у величину сумарної річної ефективної дози опромінювання людей вносять іонізуючого випромінювання (ДІВ) будівельного виробництва (до $65-74\%$). Рівень радіоактивності ДІВ будівельних матеріалів визначається вмістом в них природних радіонуклідів (ПРП), які входять в урано-радієвий і торієвий ряди розпаду (18 і 12 радіонуклідів), а також калія-40.

Радіоактивність будівельних матеріалів оцінюється вмістом в них домінуючих радіонуклідів радія-226, торія-232 і калія-40. Їх домінуюча роль пояснюється тим, що ці довготривалі високоенергетичні α , β , μ -випромінювання є продуктами розпаду радія-226 в урановому ряду і радія-224 у торієвому ряду з виділенням радіоактивних газів (радон-222 та радон-220).

Радіоактивні гази збираються у підвалах навчальних корпусів, їх розпад супроводжується 100% альфа-випромінюванням, який є найбільш небезпечний.

З метою зменшення радіоактивного впливу радону на студентів та співробітників університету необхідно зробити більш ефективну вентиляцію підвалів навчальних корпусів, басейну, гуртожитків.

Біля об'єктів з підвищеним радіоактивним випромінюванням необхідно поставити показник радіоактивності і заборонити гуляти студентам із дітьми.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Висновки

Вперше в історії університету (ДНУЗТ) за допомогою дозиметричного контролю виявлені джерела іонізуючого випромінювання території студентського містечка.

Найбільший вклад у величину сумарної річної ефективної дози опромінювання людей вносять джерела іонізуючого випромінювання будівельні матеріали (до 65–74 %), а також радіоактивний газ-радон, який виходить з-під землі і збирається в підвалах приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Беликов, А. С. Радиационно-гигиенические защитные свойства строительных материалов / А. С. Беликов, В. Ф. Запрудин // Вісн. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури : зб. наук. пр. / ПДАБА. – Дніпропетровськ, 2010. – № 8. – С. 7–12.
- Билоус, С. Я. Определение радиационной температуры помещения с нагревательными элементами в наружной стене / С. Я. Билоус, Н. И. Тимофеев // Буд-во України. – 2011. – № 1. – С. 23–25.
- Долина, Л. Ф. Мониторинг окружающей среды и инженерные методы охраны биосферы. Часть 1. Основы мониторинга : монография / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : Конспект, 2002. – 208 с.
- Долина, Л. Ф. Мониторинг окружающей среды и инженерные методы охраны биосферы. Часть 2. Проектирование мониторинга : монография / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : Конспект, 2002. – 105 с.
- Екологія мегаполіса. Екологічні аспекти промислового розвитку Дніпропетровська / І. І. Куліченко, О. С. Ливенко, А. Г. Шапар [та ін.]. – Дніпропетровск : ІМА-прес, 2002. – 368 с.
- Защита от радона-222 в теплых зданиях и на рабочих местах. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 36 с.
- Кербунова (Горбунов), А. М. Диалог с традицией / А. М. Кербунова. – Николаев : Суперполиграфия, 2000. – Вып 1. – 40 с.
- Крамарев, С. В. Оценка радиоактивности горных пород и грунтов на территории Днепропетровской области / С. М. Крамарев, Б. С. Штангрет // Стр-во, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2004. – Вып. 28. – 542 с.
- Козлов, В. Н. Справочник по радиоактивной безопасности / В. Н. Козлов. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
- НРБУ-97. Нормы радиационной безопасности Украины. – Киев : МОЗ, 1997. – 121 с.
- НРБУ-97/Д-2000. Нормы радиационной безопасности Украины. Дополнение: Радиационная защита от источников потенциального облучения – Киев : МОЗ, 2000.
- Основные санитарные правила противорадиационной защиты Украины (ОСПУ). 6. Радиационная гигиена : ГСП 6.074.120-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neldop.-narod.ru/rabfile/ospu/titul.htm>. – Назва з екрана. – Переверено : 22.05.2016.
- Пшінько, О. М. Екологія житла. Радіоактивність житла : навч. посібник / О. М. Пшінько, Л. Ф. Долина, О. М. Пристинська. – Дніпропетровск : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – 176 с.
- Словник термінів [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://nra.iplex.com.ua/doc.php?uid=1078.22180.0>. – Назва з екрана. – Переверено : 22.05.2016.
- Смирнов, С. Н. Радиационная экология. Серия: Физические основы экологии / С. Н. Смирнов. – Москва : Изд-во МЭПУ, 2000. – 134 с.
- Технічна енциклопедія TechTrend [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=9507>. – Назва з екрана. – Переверено : 22.05.2016.
- External exposure doses due to gamma emitting natural radionuclides in some Egyptian building materials / В. М. Moharram, М. N. Suliman, N. F. Zahran [et al.] // Applied Radiation and Isotope. – 2012. – Vol. 70. – Iss. 1. – P. 241–248. doi: 10.1016/j.apradiso.2011.07.013.
- Radiometric analysis of construction materials using HPGe gamma-ray spectrometry / M. U. Khandaker, P. J. Jojo, H. A. Kassim, Y. M. Amin // Radiation Protection Dosimetry. – 2012. – Vol. 152. – Iss. 1-3. – P. 33–37. doi: 10.1093/rpd/ncs145.
- Radioactive Waste Management Glossary. – Vienna : Intern. Atomic Energy Agency, 2003. – 54 p.

Л. Ф. ДОЛИНА^{1*}, В. П. КИЛЕВОЙ^{2*}, Д. В. АСТАХОВ^{3*}, Н. В. КАЛИМБЕТ^{4*}

^{1*}Каф. «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, эл. почта gidravlika2013@mail.ru, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Штаб гражданской защиты, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38(0562) 47 19 72, эл. почта shtabcz@r.diiit.edu.ua, ORCID 0000-0002-2223-3951

^{3*}Фак. «Промышленное и гражданское строительство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, эл. почта demian2803@mail.ru, ORCID 0000-0002-7654-2207

^{4*}Фак. «Промышленное и гражданское строительство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 09, эл. почта megusta.ua@yandex.ua, ORCID 0000-0002-2209-6395

МОНИТОРИНГ РАДИОАКТИВНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ГОРОДКА ДНУЖТ

Цель. Работа направлена на определение радиоактивного загрязнения на территории студенческого городка Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДНУЖТ). **Методика.** Дозиметрами измерялось радиоактивное загрязнение в разных местах (точках) студенческого городка ДНУЖТ, особое внимание уделялось местам скопления людей. Центрами измерений стали студенческие общежития, памятники, остановки, главные входы в новый и старый корпусы, аудитории, подвалы, бассейн, котельная и др. **Результаты.** На основе дозиметрического контроля впервые в истории университета обнаружены источники радиоактивного загрязнения студенческого городка и территории ДНУЖТ. Наибольший радиационный фон наблюдается в трех точках, а именно: постаменте памятника, памятнике студентам-воинам, главном входе в новый корпус (колонны). Это можно объяснить наличием гранитовых материалов, из которых сделаны постаменты и лестницы. **Научная новизна.** Наибольший вклад в величину суммарной годовой эффективной дозы облучения людей вносят источники ионизирующего излучения (ИИИ) строительных материалов (до 65–70 %). Уровень радиоактивности строительных материалов определяется содержанием в них природных радионуклидов, которые входят в уран-радиевый и ториевый ряды распада (18 и 12 радионуклидов), а также калия-40. Радиоактивность строительных материалов оценивается содержанием в них доминирующих радионуклидов радия-226, тория-232 и калия-40. Их доминирующая роль объясняется тем, что эти долгоживущие высокоэнергетические α , β , μ -излучатели являются продуктами распада радия-226 в урановом ряду и радия-224 в ториевом ряду с выделением радиоактивных газов (радон-222 и радон-220). Радиоактивные газы собираются в подвалах учебных корпусов, их распад сопровождается 100 % альфа-излучением, которое является наиболее опасным. **Практическая значимость.** По результатам исследования сделаны следующие выводы: у объектов с повышенным радиоактивным излучением следует поставить указатели радиоактивности и предостережения относительно опасности для детей и молодежи. С целью уменьшения радиоактивного воздействия радона на студентов и сотрудников в университете следует сделать более эффективную вентиляцию подвалов учебных корпусов, бассейна и общежитий.

Ключевые слова: радиоактивное облучение; мониторинг; студенческий городок ВНЗ; строительные материалы; радон

L. F. DOLINA^{1*}, V. P. KILOVYI^{2*}, D. V. ASTAKHOV^{3*}, M. V. KALIMBET^{4*}

^{1*}Dep. «Hydraulics and Water Supply», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 09, e-mail gidravlika2013@mail.ru, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Civil Defence, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 47 19 72, e-mail shtabcz@r.diiit.edu.ua, ORCID 0000-0002-2223-3951

^{3*}Dep. «Industrial and Civil Construction», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 09, e-mail demian2803@mail.ru, ORCID 0000-0002-7654-2207

^{4*}Dep. «Industrial and Civil Construction», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 09, e-mail megusta.ua@yandex.ua, ORCID 0000-0002-2209-6395

MONITORING OF RADIOACTIVITY AT DNURT CAMPUS

Purpose. The research paper aims to determine radioactive contamination on the territory of campus of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (DNURT). **Methodology.** The dosimeters measured the radioactive contamination in different places (points) of DNURT campus, focusing on public places. The centres of measurements became dormitories, monuments, stops, main entrances of the new and the old buildings, classrooms, basements, a swimming pool, boiler room and others. **Findings.** The conducted radiation monitoring for the first time in the history of the University discovered the source of radioactive contamination on DNURT territory and campus. The highest radiation background is observed on three points, namely: the pedestal of the monument, the monument to students-soldiers, the main entrance of the new building (columns). This can be explained by granite materials, which the pedestals and the stairs are made of. **Originality.** The largest contribution to the total value of annual effective dose of human exposure is made by ionizing radiation sources (IRS) of building materials (65–70%). The radioactivity level of building materials is determined by the content of natural radionuclides that are included in uranium-radium and thorium decay series (18 and 12 radionuclides) as well as potassium-40. Radioactivity of building materials is evaluated by the content of dominant radionuclides radium-226, thorium-232 and potassium-40. Their dominant role is explained by the fact that these long-lived high-energy α, β, μ -emitters are the products of decay of radium-226 in uranium series of and radium-224 in thorium series, exposing radioactive gases (radon-222 and radon-220). Radioactive gases are accumulated in the basements of educational buildings; their decay is accompanied by 100% alpha radiation, which is the most dangerous. **Practical value.** It is necessary to set radioactivity signs near the objects with high radiation and to prohibit students with children walking there. In order to reduce radon radiation exposure to students and staff the university should be equipped with more effective ventilation of educational building basements, swimming pool and dormitories.

Keywords: radioactive irradiation; monitoring of the university campus; building materials; radon

REFERENCES

1. Belikov A.S., Zaprudin V.F. Radiatsionno-gigiyenicheskiye zashchitnyye svoystva stroitelnykh materialov [Radiation and hygienic protective properties of building materials]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk'a State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2010, no. 8, pp. 7-12.
2. Bilous S.Ya., Timofeyev N.I. *Opreddeniye radiatsionnoy temperatury pomeshcheniya s nagrevatelnyimi elementami v naruzhnoy stene* [Determination of radiation room temperature with a heating elements in the outer wall]. *Budivnytstvo Ukrainy – Construction of Ukraine*, 2011, no. 1, pp. 23-25.
3. Dolina L.F. *Monitoring okruzhayushchey sredy i inzhenernyye metody okhrany biosfery. Chast 1. Osnovy monitoring* [Environmental monitoring and engineering methods of biosphere protection. Part 1: The Basics Monitoring]. Dnepropetrovsk, Konspekt Publ., 2002. 208 p.
4. Dolina L.F. *Monitoring okruzhayushchey sredy i inzhenernyye metody okhrany biosfery. Chast 2. Proyektirovaniye monitoringa* [Environmental monitoring and engineering methods of biosphere protection. Part 2: Monitoring design]. Dnepropetrovsk, Konspekt Publ., 2002. 105 p.
5. Kulichenko I.I., Lyvenko O.S., Shapar A.H., Pavlov V.A., Peremetchik N.N. *Ekolohiia mehopolisa. Ekolohichni aspekty promyslovoho rozvytku Dnipropetrovska* [Ecology of metropolis. Environmental aspects of industrial development in Dnipropetrovsk]. Dnepropetrovsk, IMA-pres Publ., 2002. 368 p.
6. *Zashchita ot radona-222 v teplykh zdaniyakh i na rabochikh mestakh* [Protection against radon-222 in warm buildings and workplaces]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1995. 36 p.
7. Kербueova (Gorbunov) A.M. *Dialog s traditsiyey* [Dialogue with tradition]. Nikolayev, Superpoligrafiya Publ., 2000, issue 1. 40 p.
8. Kramarev S.V., Shtangret B.S. Otsenka radioaktivnosti gornykh porod i gruntov na territorii Dnepropetrovskoy oblasti [Assessment of radioactivity of rocks and soil on the territory of the Dnipropetrovsk region]. *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroeniye : sbornik nauchnykh trudov Pridneprovskoy gosudarstvennoy akademii stroitelstva i arkhitektury* [Proc. «Construction, Material Science, Engineering» of Prydniprovsk'a State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2004, issue 28. 542 p.
9. Kozlov V.N. *Spravochnik po radioaktivnoy bezopasnosti* [Guide on Radiation Safety]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1991. 352 p.
10. *NRBU-97. Normy radiatsionnoy bezopasnosti Ukrainy* [Radiation Safety Standards of Ukraine.]. Kiev, MOZ Publ., 1997. 121 p.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

11. *NRBU-97/D-2000. Normy radiatsionnoy bezopasnosti Ukrainy. Dopolneniye: Radiatsionnaya zashchita ot istochnikov potentsialnogo oblucheniya* [NRBU-97 / A-2000. Radiation Safety Standards of Ukraine. Supplement: Radiation protection from potential exposure sources]. Kiev, MOZ Publ., 2000.
12. *Osnovnyye sanitarnyye pravila protivoradiatsionnoy zashchity Ukrainy (OSPU). 6. Radiatsionnaya gigiena: GSP 6.074.120-01* (Basic sanitary rules of radiation protection in Ukraine (BSPU). 6. Radiation Hygiene: SSE 6.074.120-01). Available at: <http://neldon.narod.ru/rabfile/ospu/titul.htm> (22 May 2016).
13. Pshinko O.M., Dolyna L.F., Prystynska O.M. *Ekolohiia zhytla. Radioaktyvnist zhytla* [Ecology of housing. Radioactivity of housing]. Dnipropetrovsk, DNURT Publ., 2007. 176 p.
14. *Slovyk terminiv* [Glossary]. Available at: <http://npa.iplex.com.ua/doc.php?uid=1078.22180.0> (Accessed 22 May 2016).
15. Smirnov S.N. *Radiatsionnaya ekologiya. Seriya: Fizicheskiye osnovy ekologii* [Radiation ecology. Series: Physical basics of ecology]. Moscow, MYePU Publ., 2000. 134 p.
16. *Tekhnichna entsyklopediia TechTrend* [Technical encyclopedia TechTrend]. Available at: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=9507> (Accessed 22 May 2016).
17. Moharram B.M., Suliman M.N., Zahran N.F., Shennawy S.E., El Sayed A.R. External exposure doses due to gamma emitting natural radionuclides in some Egyptian building materials. *Applied Radiation and Isotope*, 2012, vol. 70, issue 1, pp. 241-248. doi: 10.1016/j.apradiso.2011.07.013.
18. Khandaker M.U., Jojo P.J., Kassim H.A., Amin Y.M. Radiometric analysis of construction materials using HPGe gamma-ray spectrometry. *Radiation Protection Dosimetry*, 2012, vol. 152, issue 1-3, pp. 33-37. doi: 10.1093/rpd/ncs145.
19. *Radioactive Waste Management Glossary*. Vienna, Intern. Atomic Energy Agency Publ., 2003. 54 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф В. М. Дерев'янком (Україна); д.т.н., проф. М. М. Біляєвим (Україна)

Надійшла до редколегії: 11.02.2016

Прийнята до друку: 31.05.2016