

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Т. В. Дудар
« _____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Тема: «Дослідження радіаційного фону
та аналіз небезпеки на території
Національного авіаційного університету»

Виконавець: здобувач групи ЕК-201М Плотко Андрій Павлович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д.т.н., проф. Тихенко Оксана Миколаївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Кажан К. І.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явнюк А. А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дудар Т. В.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Плотко Андрія Павловича

1. Тема роботи «Дослідження радіаційного фону та аналіз небезпеки на території Національного авіаційного університету»
затверджена наказом ректора від «10» липня 2023 р. № 1096/ст
2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 31.12.2023 р.
3. Вихідні дані роботи: результати натурних вимірювань радіаційного фону на території Національного авіаційного університету.
4. Зміст пояснювальної записки: особливості радіаційного забруднення довкілля. Характеристика методів дослідження та оцінки радіаційного фону довкілля. Результати дослідження радіаційного фону на території та у приміщеннях національного авіаційного університету.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Отримання завдання, пошук літературних джерел по темі, напрацювання методології роботи	02.10.2023	
2	Огляд літературних джерел та законодавчих нормативно-правових актів щодо радіаційної безпеки	03.10.2023 – 06.10.2023	
3	Визначення завдань та розроблення плану виконання кваліфікаційної роботи	09.10.2023	
4	Складання літературного огляду за темою наукового дослідження.	10.10.2023 – 16.10.2023	
5	Аналіз результатів натурних вимірювань радіаційної небезпеки на території Національного авіаційного університету	17.10.2023 – 15.11.2023	
7	Формулювання висновків і рекомендацій	16.11. 2023	
8	Підготовка до доповіді та презентації кваліфікаційної роботи	17.11.2023 – 22.11.2023	
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	23.11.2023 15.12.2023	
10	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог діючих стандартів	16.12.2023 – 20.12.2023	
11	Захист кваліфікаційної роботи	25.12.2023	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри цивільної та промислової безпеки Кажан К. І.		

8. Дата видачі завдання: « » 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи
(проекту):

(підпис випускника)

Тихенко О. М.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис випускника)

Плотко А. П.
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Дослідження радіаційного фону та аналіз небезпеки на території Національного авіаційного університету»: 72 с., 11 рис., 5 табл., 45 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: формування радіаційного фону населених пунктів.

Мета роботи: дослідження радіаційного фону на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету (НАУ), оцінка доз опромінення.

Методи дослідження: натурні вимірювання рівня радіаційного фону, аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень і літературних джерел із тематики досліджень; математична статистика для оброблення результатів досліджень.

РАДІАЦІЙНИЙ ФОН, ДОЗА ОПРОМІНЕННЯ, ПОТУЖНІСТЬ
ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ	12
1.1. Характеристика джерел іонізуючого випромінювання	12
1.1.1. Природні джерела	13
1.1.2. Техногенні джерела	18
1.2. Вплив радіації на природні екосистеми	23
1.3. Біологічна дія іонізуючого випромінювання на організм людини	26
1.4. Нормування радіаційного забруднення довкілля	28
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ДОВКІЛЛЯ	32
2.1. Прилади для вимірювання рівня радіаційного фону	32
2.2. Методи дослідження радіаційного фону довкілля	36
2.2.1. Методи виявлення іонізуючого випромінювання	36
2.2.2. Геофізичні методи дослідження радіаційного фону	40
2.3. Методика виконання досліджень	42
Висновки до розділу 2	44
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ НА ТЕРИТОРІЇ ТА У ПРИМІЩЕННЯХ НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	45
3.1. Географічне положення та загальна характеристика території Національного авіаційного університету	45
3.2. Характеристика об'єктів дослідження	48
3.3. Аналіз радіаційної небезпеки на території та у приміщеннях	

Національного авіаційного університету	51
Висновки до розділу 3	57
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	58
4.1. Основні загрози для працівників, пов'язані з іонізуючим випромінюванням	58
4.2. Основні санітарно-гігієнічні вимоги	60
4.3. Порівняння результатів вимірювань радіаційного фону на території НАУ з нормативними санітарно-гігієнічними вимогами для працівників (категорія В)	63
4.4. Розробка рекомендацій з охорони праці для обмеження несприятливого впливу іонізуючих випромінювань від природних та джерел	64
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	
ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ІВ – іонізуюче випромінювання;

ООН – організації об'єднаних націй;

АЕС – атомні електростанція;

НРБУ – норми радіаційної безпеки;

ОСПУ – основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України;

ПЕД – потужність еквівалентної дози опромінення.

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з основних елементів екологічної безпеки міста є радіаційна безпека, яка визначається дотриманням припустимих рівнів радіаційного випромінювання для персоналу, населення та довкілля, що встановлені нормами, правилами і стандартами з радіаційної безпеки.

Оцінювання радіаційної небезпеки міських територій є важливою складовою аналізу і управління екологічним ризиком. Сучасні міста характеризуються високою щільністю населення, яка постійно зростає, та значними масштабами антропогенної діяльності. Ця діяльність включає використання радіаційних технологій, зокрема в медицині та техніці.

На сьогодні дослідження шкідливого впливу радіаційного випромінювання стають особливо важливими і складними в умовах дії синергетичного ефекту – одночасного впливу спектру негативних факторів антропогенного походження. Складовими радіаційного фону території є природний радіаційний фон і техногенно змінений фон.

Радіаційна небезпека, на думку більшості вчених, – це забруднення поверхні землі, атмосфери, води, продуктів харчування, харчової сировини, кормів та різних предметів радіоактивними речовинами у кількості, що перевищує рівень, встановлений стандартами, нормами і правилами радіаційної безпеки.

Підходи щодо дослідження та оцінки радіаційної небезпеки можна знайти в роботах Д. М. Гродзинського, Ю. А. Кутлахмедова, В. І. Корогодіна, І. М. Гудкова, В. К. Кольтовера, В. П. Зотова, М. О. Клименка, А. Д. Белова та інших вітчизняних та зарубіжних вчених.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – дослідження радіаційного фону на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету (НАУ), оцінка доз опромінення.

Завдання роботи:

1. визначити основні джерела та механізм шкідливої дії іонізуючого випромінювання;
2. провести аналіз літературних джерел та чинних нормативно-правових актів з радіаційної безпеки;
3. вивчити та проаналізувати методи дослідження та оцінки радіаційного фону;
4. провести експериментальні дослідження радіаційного фону на території Національного авіаційного університету;
5. визначити рівень небезпеки та оцінити дозове навантаження на населення.

Об'єкт дослідження – формування радіаційного фону населених пунктів.

Предмет дослідження – визначення рівня небезпеки, пов'язаної з радіаційним фоном.

Методи дослідження – натурні вимірювання рівня радіаційного фону, аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень і літературних джерел із тематики досліджень; математична статистика для оброблення результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше проведений аналіз та оцінка рівня радіаційного фону на території Національного авіаційного університету.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень можуть бути використані при проведенні радіаційного моніторингу міста Києва. Результати дослідження важливі для оцінки ризику радіаційного впливу на населення та довкілля, а також для розробки ефективних заходів з радіаційної безпеки, що сприятиме забезпеченню екологічної безпеки міста.

Особистий внесок випускника: проведені натурні вимірювання рівня радіаційного фону на території Національного авіаційного університету. За результатами яких зроблені висновки про безпечний рівень радіації на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету.

Апробація отриманих результатів. Результати кваліфікаційної роботи доповідалися на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Інноваційні хімічні технології та інженерія» (м. Київ, Україна, 2023 р.).

Публікації: Плотко А. П. Дослідження радіаційного фону на території

Національного авіаційного університету. *«Інноваційні хімічні технології та інженерія»*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, Національний авіаційний університет, Київ, 15-16 листопада 2023 р. С. 55-56.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Радіаційне забруднення довкілля виникає внаслідок вивільнення радіоактивних речовин у природне середовище.

Радіаційний фон (радіоактивний фон) – це показник, який вказує на наявність іонізуючого випромінювання у довкіллі. Це рівень інтенсивності випромінювання від природних та штучних джерел.

Іонізуюче випромінювання (ІВ) - це різноманітні форми мікрочастинок і фізичних полів, які взаємодіють з довкіллям і можуть іонізувати та збуджувати атоми і молекули [1, 2].

Радіоактивність та іонізуюче випромінювання, яке їй супроводжує існували на Землі задовго до зародження життя і були присутні в космосі ще до виникнення самої Землі. Наявність радіаційного фону є необхідною характеристикою довкілля.

1.1. Характеристика джерел іонізуючого випромінювання

Джерела іонізуючого випромінювання – це фізичні об'єкти, окрім ядерних установок і радіоактивних відходів, які містять радіоактивні речовини, або технічні пристрої, що генерують або, за певних умов, можуть генерувати іонізуюче випромінювання [3–5].

Усі джерела іонізуючого випромінювання можна розділити на дві категорії:

1. Природні джерела іонізуючого випромінювання, такі як космічні промені та природні радіоактивні речовини, які містяться у гірських породах, ґрунті та воді.

2. Штучні джерела іонізуючого випромінювання, які виникають внаслідок діяльності людини. Це включає випробування та виробництво ядерної зброї, роботу атомних електростанцій та аварії на них, а також інші види діяльності, пов'язані з використанням ядерних реакторів та прискорювачів часток, наприклад, підводні

човни, кораблі та дефектоскопи з джерелами гамма-випромінювання.

Радіаційний фон Землі складається з усіх джерел іонізуючого випромінювання. Можна сказати, що радіаційний фон формується природними джерелами іонізуючого випромінювання, а також внаслідок радіаційного забруднення довкілля, яке виникає в результаті діяльності людини.

Якщо джерело іонізуючого випромінювання знаходиться у довкіллі, то його можна вважати зовнішнім джерелом. У випадку, коли джерело розташоване всередині організму та його клітин – таке джерело іонізуючого випромінювання є внутрішнім.

На стадії проектування будь-якої практичної діяльності джерело іонізуючого випромінювання розглядається як джерело поточного, так і потенційного опромінення.

1.1.1. Природні джерела

Середня доза зовнішнього опромінення, яку отримують мешканці всієї Землі від джерел іонізуючих випромінювань природного походження, складається приблизно з 2,4 мЗв/рік [4].

Природний радіаційний фон на Землі формується за рахунок космічного випромінювання та радіоактивного випромінювання від природних джерел.

Космічне випромінювання вносить майже половину зовнішнього опромінення людини від природних джерел радіації. Воно, головним чином, походить з глибин Всесвіту, але певна його частка виникає на Сонці під час сонячних спалахів. Коли космічне випромінювання досягає поверхні Землі і взаємодіє з атмосферою, утворюються різноманітні космогенні радіонукліди. Космогенні радіонукліди виникають в результаті ядерних реакцій між ядрами хімічних елементів земного походження та частинками космічного випромінювання.

У глибинних шарах земної кори космічні промені швидко поглинаються хімічними елементами, тому найбільша кількість цих природних радіонуклідів міститься в атмосфері, особливо в тропосфері, а також у верхніх шарах землі, таких

як ґрунтовий покрив та четвертинні відклади. Найвищі концентрації радіонуклідів космічного походження спостерігаються для тритію (^3H) та радіовуглецю (^{14}C) [4].

Космічні промені досягають кожену точку земної поверхні, проте їх розподіл нерівномірний. Північний і Південний полюси отримують більше радіації, ніж екваторіальні області, через вплив магнітного поля землі, яке відхиляє заряджені частинки. Зростання абсолютної висоти також призводить до збільшення рівня космічного випромінювання, оскільки зменшується щільність повітря, що виступає захисним екраном. В середньому, люди, що проживають на рівні моря, отримують у декілька разів менше опромінення, ніж ті, хто проживає на висоті понад 2000 метрів над рівнем моря [2]. Екіпаж та пасажери літаків також піддаються опроміненню від космічних джерел радіації у досить високих дозах.

Майже половина зовнішнього опромінення людини від природних джерел радіації походить від космічних променів. Шар атмосферного повітря виступає як природний захисний екран від радіації та ультрафіолетових променів [6]. В 70-х роках ХХ століття над Антарктидою почала зменшуватися концентрація озону в стратосфері, пізніше це явище було виявлено і в інших частинах світу, включаючи Європу. Це супроводжується збільшенням ультрафіолетового та іншого іонізуючого випромінювання, що має негативний вплив на екосистеми Землі.

Джерела радіоактивного випромінювання, що містяться у земних породах, вносять свій внесок у зовнішнє опромінення мешканців Землі. Згідно з даними організації об'єднаних націй (ООН), середня доза зовнішнього опромінення, яку мешканці одержують від джерел у земних породах, становить 270 мкЗв/рік. Поверхня та надра Землі складаються з різних гірських порід та хімічних елементів. У природі існує багато радіоактивних елементів, які мають природну радіоактивність, такі як $^1\text{H}^3$, $^6\text{C}^{14}$, $^{19}\text{K}^{40}$, $^{20}\text{Ca}^{40}$, $^{37}\text{Rb}^{87}$, $^{57}\text{La}^{150}$, U^{235} та інші. Серед цих радіонуклідів основний внесок у формування радіаційної дози вносять K^{40} , Rb^{82} , U^{235} , U^{238} , Th^{232} , а також Rn^{222} та Ra^{226} , які постачаються природним вугіллям та торфом. Питома радіоактивність природних радіонуклідів у земних породах залежить від активності гірських порід, процесів сорбції радіонуклідів ґрунтами, вилуджування ґрунтовими водами ґрунтів. Середня потужність поглиненої дози, що випромінюють земні джерела,

складає $4,6 \cdot 10^{-8}$ Гр/годину [7–10].

Основне радіаційне випромінювання земної поверхні – це гама-випромінювання, яке виникає від радіоактивного калію-40 і продуктів розпаду урану і торію, що знаходяться у верхніх шарах землі. Ґрунти, які утворюються на кислих породах, містять більше урану, калію і торію, ніж ґрунти, що утворюються на основних породах. У ґрунтах осадових порід, таких як гіпс, піщаник і вапняк, ці елементи зустрічаються найбільш у тих місцях, де є більше глинозему. В гірській місцевості випромінювання гама-променів більше, ніж у місцевості, де переважає вапняк, тому тут міститься менше калію-40.

На сьогодні існує близько 60 природних джерел радіації на Землі, які призводять до підвищеного радіоактивного фону в різних регіонах. З них 32 джерела належать до уранієво-радієвої і торієвої груп, а 11 джерел - до групи довгоживучих радіонуклідів, таких як калій-40, рубідій-87 та інші. Від цих природних радіонуклідів людина може отримувати як зовнішнє, так і внутрішнє опромінення [11, 12].

Зовнішнє гамма-опромінення людини поза приміщеннями обумовлене наявністю радіонуклідів у різних природних середовищах, таких як ґрунт, повітря, вода і біологічні об'єкти. Однак, коли людина перебуває всередині будинку, доза зовнішнього опромінення змінюється під впливом двох протилежних чинників: екранування зовнішнього випромінювання будівлею та випромінювання природних радіонуклідів, які містяться у будівельних матеріалах. Залежно від концентрації радіонуклідів, таких як ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th , у різних будівельних матеріалах, потужність дози радіації в будинках значно варіюється.

Наприклад, якщо вважати, що в деревині рівень радіації є базовим, то мешканці будинків, збудованих з інших матеріалів, отримують наступні щорічні дози опромінення:

- з вапняку – у 1,3 рази більше;
- з бетону, цегли – у 3 рази більше;
- з пемзового каменю – у 10 разів більше;
- з граніту – у 10-12 разів більше.

Потужність дози радіації всередині будинків перевищує потужність дози на

відкритому повітрі на 16–46 %. Це пояснюється тим, що граніт містить у 2–3 рази більше урану і у 3–10 разів більше торію, ніж вапняк.

Внутрішнє опромінення людини виникає внаслідок радіонуклідів, які потрапляють в організм через їжу, повітря і воду. Найбільший внесок в ефективну еквівалентну дозу роблять ^{40}K , ^{14}C , ^{210}Po , а також радон-222 і радон-220 [5].

Найпотужнішим джерелом опромінення людини серед усіх природних джерел радіації є радон – невидимий, без запаху і смаку важкий газ. Він вносить 3/4 річної еквівалентної дози опромінення, отриманої людиною від природних джерел радіації, і приблизно половини загальної дози опромінення від усіх природних джерел радіації. Радон існує в двох основних формах: радон-222 (^{222}Ra), який є продуктом розпаду ^{238}U , і радон-220 (^{220}Ra), який є продуктом розпаду ^{232}Th .

Радон вивільняється із земної поверхні, але його рівень концентрації в атмосферному повітрі значно різниться в різних частинах планети. Основну частину опромінення від радону людина отримує у закритих, погано провітрюваних приміщеннях. За результатами радіогеохімічних досліджень, територія України була розділена на три уранові провінції: Український щит, Карпати і Донбас (рис. 1.1).

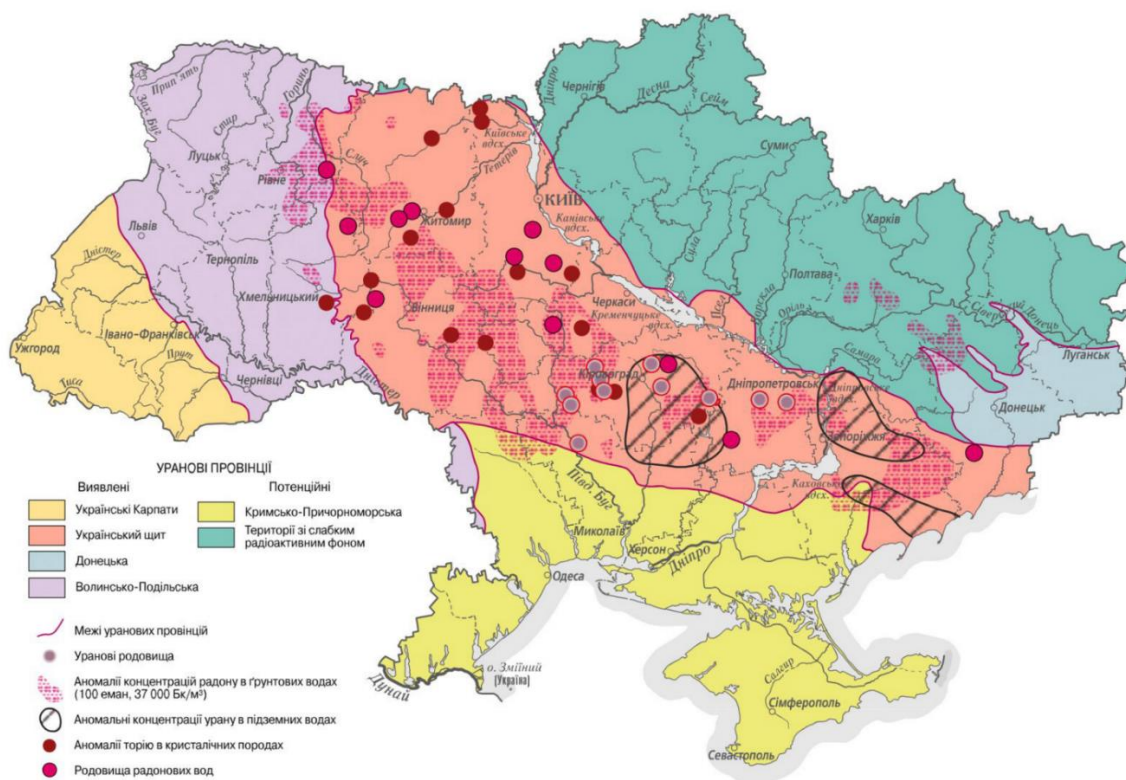


Рис. 1.1. Карта природної радіоактивності території України

В цих областях виявлено значну кількість уранових родовищ і родовищ радонових вод, частина з яких вже розробляється. Крім того, існують дві потенційні уранові провінції – Волино-Подільська і Кримсько-Причорноморська, де проводяться пошуки нових природних радіоекологічних аномалій. Південна частина Українського кристалічного щита є основною областю з високим рівнем радону і урану в ґрунтах і підземних водах. Понад 50 % цієї області характеризується незвичайно високими концентраціями радону і урану. Кристалічні породи щита також мають значну кількість природних аномалій торію [13–19].

Населення та екосистеми, що знаходяться в районах, де розробляються уранові родовища, також піддаються впливу місцевої природної радіоактивності, яка обумовлена збільшеними концентраціями урану в кристалічних породах. Тому необхідно проводити детальне радіоекологічне картографування радонових і уранових аномалій у гірських відкладах, ґрунтовому покриві та підземних водах, а також досліджувати вплив природного опромінення на населення. Отже, оцінюючи екологічну ситуацію в Україні, необхідно враховувати природну радіоактивність (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Середньорічна доза радонового опромінення

Україна має значну кількість родовищ радонових мінеральних вод. Такі води можна знайти на Донбасі, у Криму і Карпатах. Однак найбільше досліджень проведено в рамках Українського кристалічного щита. Перші прояви радонових вод були виявлені у 1935 році в районі міста Хмільник (Вінницька область). В Україні також вивчені родовища в Житомирській, Шепетівській, Білоцерківській, Звенигородській, Криворізькій, Бердянській та інших областях. Середня концентрація радону в радіоактивних мінеральних водах становить 60–100 еман (6–10 нКи/дм³), а в окремих випадках може досягати 1100 еман. Найперспективнішими для формування радонових вод є гранітні породи, які містять велику кількість радіоактивних елементів [20].

1.1.2. Техногенні джерела

На початку ХХ століття, внаслідок антропогенної діяльності людини до природних джерел радіації приєдналися штучні (техногенні) джерела. Завдяки поширенню техногенних (антропогенних) джерел іонізуючого випромінювання, вони широко використовуються в медицині для діагностики та терапії; проводяться випробування ядерної зброї в різних частинах Землі; розвивається атомна енергетика; активізуються техногенні процеси, в яких використовуються штучні та природні радіонукліди; проводяться наукові дослідження, в яких застосовуються радіоактивні атоми.

У медицині, головним джерелом радіації є рентгенодіагностика та методи лікування, які використовують радіоізотопи для онкологічних та інших складних захворювань. Рентгенівські апарати є найпоширенішими медичними приладами.

У розвинених країнах, рентгенодіагностика призводить до майже 95 % загальної дози опромінення, отриманої від медичної техніки. Рентгенологічні обстеження є масовими, проводяться від 300 до 900 разів на 1000 осіб щороку, а середня щорічна доза опромінення становить 0,4–1 мЗв. Також поширюються нові, складніші методи діагностики та лікування, які базуються на використанні

радіоактивних елементів [21]. Радіоізотопна терапія залишається одним з основних методів боротьби з онкологією. Хоча використання радіації в медицині може призводити до масового опромінення людей, відмова від рентгенодіагностики була б помилкою, оскільки виявлення захворювання на ранніх стадіях дозволяє ефективно лікувати хворих. В майбутньому передбачається зростання дози опромінення в медичних цілях, тому особливо важливо розробляти способи зменшення негативного впливу іонізуючої радіації на людей в медицині.

Упродовж останніх 50 років кожен житель Землі був опромінений радіоактивними опадами, які утворилися внаслідок ядерних вибухів. Для розуміння впливу випробувань ядерної зброї населення країн і регіонів, що постраждали від опромінення в невеликих дозах, важливим джерелом інформації є статистичні дані. Ці дані включають результати ядерних випробувань в атмосфері з 1954 по 1980 рік. Однак через таємницю щодо подібних випробувань, результати медичної статистики та дозиметрії для територій, що прилягають до місць проведення випробувань (Північний Казахстан, Алтай і Південна Сибір, США (Невада), Центральна і Південна Азія (Китай, Індія, Пакистан), залишаються недоступними для незалежних експертів. Тому, аналізуючи ці дані, необхідно робити висновки на основі неповних або фрагментарних даних.

Після нейтронного вибуху в атмосфері, частина радіоактивного матеріалу осідала біля полігонів, тоді як інша частина піднімалася до тропосфери та переміщувалася на великі відстані, розносячись потоками вітру на одній географічній широті. Радіонукліди, які потрапляли до тропосфери, поступово опадали на землю протягом місяця. Однак, існує ще одна частина радіоактивних елементів, яка досягала верхніх шарів стратосфери і залишалася там протягом багатьох років, поступово розсіюючись по всій поверхні Землі і продовжуючи забруднювати екосистеми. Найбільше забруднені території знаходяться в межах середніх широт Північної півкулі, тоді як найменше забруднені ділянки знаходяться в районах Південної півкулі та біля полюсів.

Атомна енергетика та ж є джерелом техногенного іонізуючого опромінення, навколо якого відбуваються найбільш інтенсивні дискусії, зокрема атомні

електростанції (АЕС). Незважаючи на те, що при нормальній роботі ядерні реактори продукують у довкілля незначну кількість радіоактивних матеріалів, існує значний ризик екологічної катастрофи внаслідок їх вибуху. Рівень опромінення населення від АЕС найбільше залежить від режиму їх експлуатації, віддаленості від них та переважаючого напрямку вітру в районі АЕС. У випадку нормальної роботи АЕС, люди, які проживають далі, отримують меншу дозу опромінення. Це стосується тільки атомних електростанцій, які належно експлуатуються. Однак, навіть під час безаварійної роботи, експлуатація реакторів обов'язково супроводжується викидами радіонуклідів в довкілля, які утворюються внаслідок розпаду урану, торію або нейтронів. До довготривалих радіонуклідів, які утворюються під час роботи АЕС, відносяться кобальт-60 (^{60}Co), ^{14}C , ^3H , ^{137}Cs та інші [22–24]. Головною проблемою атомної енергетики є високий ризик вибуху ядерного реактора під час його роботи. Кількість радіоактивних матеріалів, які потрапляють у довкілля у разі аварії, буде надзвичайно великою і спричинить глобальну екологічну катастрофу. Найбільшими ядерними аваріями, які сталися на об'єктах атомної енергетики, є викиди радіонуклідів на збагачувальному заводі в Уіндскейлі (Великобританія, 1957 р.), АЕС в Три-Майл Айленді (США, 1979 р.), Чорнобильській АЕС (Україна, 1986 р.).

Також існує ряд промислових процесів, які спричиняють накопичення великої кількості відкладів на земній поверхні, де концентрація природних радіоактивних елементів значно перевищує природній радіаційний фон. Один з таких процесів – видобуток та збагачення урану, під час якого уранові руди потрапляють на поверхню, а після збагачення утворюються тверді відходи та рідкі «хвости», які зберігаються у териконах, відвалах та хвостосховищах [27]. Проблема останніх років полягає у захороненні, збереженні та транспортуванні радіоактивних відходів, яких у світі накопичилося вже понад 500 млн. т. Ці відходи залишатимуться радіоактивними протягом багатьох мільйонів років. Більшість світових родовищ фосфатів містять великі концентрації урану та радію. Під час видобутку фосфоритів та апатитів виділяється радон. Фосфатні добрива також є радіоактивними, тому радіоізотопи потрапляють у ґрунт та рослини. Кам'яне та буре вугілля містять незначну кількість природних радіоактивних елементів, які потрапляють на поверхню під час їх

видобутку. Під час спалювання вугілля на теплових електростанціях відбувається збільшення опромінення населення. Радіоактивні речовини (пил, попіл і зола) осідають на поверхні ґрунту навколо теплових електростанцій або накопичуються в золосховищах. З відходів вуглевидобутку, вуглезбагачення та вироблення електроенергії виготовляються різні будівельні матеріали (цегла, шлакоблоки), цемент і бетон, що значно збільшує радіоактивний фон у будівлях, зведених з таких матеріалів.

Формування доз опромінювання населення залежить від якості будівель, оскільки людина проводить більшість часу у приміщеннях. Будівля може виступати як екран для зовнішньої радіації (космічної та техногенної), але в той же час, сама будівля може генерувати певну дозу радіації через наявність радіоактивних матеріалів у її конструкції.

Що стосується поглинання радіації, дерев'яні та глиняні будівлі є більш ефективними, оскільки стіни цих будинків поглинають не більше 15% зовнішнього гамма-випромінювання, а сам матеріал має мінімальну радіоактивність.

Кам'яні будівлі (цегляні, бетонні) поглинають від 85% до 95% зовнішнього випромінювання сонячної радіації, що робить стіни та перекриття кімнат основним джерелом техногенної радіації. Це означає, що зі зростанням кількості людей, які проживають у таких будинках, доза опромінювання, як правило, збільшується.

Також слід зазначити про радіоактивні властивості будівельних матеріалів. Деякі матеріали та їх компоненти мають чисто природне походження (будівельний камінь, пісок, гравій, щебінь). Вміст урану, торію та калію у цих матеріалах залежить від географічних характеристик місця видобування.

Для отримання будівельних матеріалів, таких як цегла, цемент, вапно та інші, потрібна промислова переробка природної сировини. Під час цього процесу починають виявлятися особливості технологічної обробки. Наприклад, концентрація радіонуклідів у готовому цементі може виявитися на 36 % вищою, ніж у вихідній сировині [25–26].

На сьогодні, разом зі звичайними природними матеріалами, будівельна індустрія, яка потребує значної кількості економічного матеріалу, все більше починає

розширювати асортимент і використовувати тверді відходи або побічні продукти вугільної промисловості, теплових електростанцій, металургії та виробництва добрив. Використання в будівництві панелей зі шлаку доменних печей, шлакоблоків та панелей з фосфогіпсу призводить до збільшення дози випромінювання у 5–10 разів у порівнянні з відкритою місцевістю [27]. Зрозуміло, що при великому обсязі використання будівельних матеріалів з підвищеними концентраціями природних радіонуклідів і з урахуванням географії їх постачання, яка постійно розширюється, дозове навантаження може зрости.

Будівельні матеріали, які мають вищу концентрацію природних радіонуклідів – це:

- гірські породи, такі як мрамур, граніт, цемент, гранітний щебінь і відсів.
- бетон, що містить щебінь з підвищеною радіоактивністю або виготовлений з відсіву.
- матеріали, які виготовляються з відходів гірничорудної, металургійної, хімічної промисловості, такі як шлак, фосфогіпс та інші.

Радіоактивність будівельних матеріалів залежить від місця їх видобутку. Наприклад, щебінь з кар'єрів Орліковського (Полтавська область), Токовського, Маринського, Усть-Каменського (Дніпропетровська область), Березовського (Житомирська область) має високу радіоактивність і відповідає III-IV класу будівельних матеріалів згідно з будівельними і гігієнічними нормативами, що означає, що їх використання заборонено в житловому будівництві [28–31].

Фосфогіпс – це побічний продукт, що утворюється при переробці фосфорних руд. Він широко використовується для виготовлення будівельних блоків, сухої штукатурки, перегородок і навіть цементу. Фосфогіпс є більш економічним за природний гіпс, і його застосування отримало підтримку екологічних організацій, оскільки воно допомагає зберегти природні ресурси і зменшити забруднення довкілля. Проте, фосфогіпс має значно вищу радіоактивність, ніж природний гіпс, який він замінює. Люди, які проживають у будинках, побудованих з використанням фосфогіпсу, піддаються опромінюванню на 30 % більше, ніж мешканці інших будинків.

Все ж таки, найбільш значущим джерелом природної радіації є важкий газ, без смаку і запаху (в 7,5 рази важчий за повітря) – радон [32]. Радон накопичується в повітрі всередині будівель тільки тоді, коли вони достатньо ізольовані від зовнішнього середовища. Цей газ потрапляє всередину приміщення через фундамент і підлогу з ґрунту або виходить з матеріалів, що використані у конструкціях, і нагромаджується в будинку. В результаті, у приміщенні можуть виникати значні рівні радіації, особливо якщо будинок знаходиться на території з підвищеним вмістом радіонуклідів або якщо при його будівництві використовувалися матеріали з підвищеною радіоактивністю. Тому важливо знати про концентрацію радону в приміщеннях, де людина тривалий час перебуває.

1.2. Вплив радіації на природні екосистеми

Внаслідок випадання радіоактивних речовин страждають такі складові природного середовища, як атмосферне повітря, ґрунтовий покрив, водні об'єкти, рослини та тварини. Радіоактивне забруднення природних екосистем може відбуватися аерозольним, контактним або біологічним шляхом. Радіонукліди потрапляють в природний цикл речовин і до організму людини через харчові ланцюги. Нижче наведено особливості радіоактивного забруднення складових природних екосистем.

Радіоактивне забруднення ґрунтового покриву виявляється зміною концентрації природних радіонуклідів у ґрунті, яка варіюється значно і залежить від інтенсивності процесів, що впливають на утворення ґрунту. У ґрунті найвищі показники має радіоактивний калій (до 2,5 % його маси), в той час як уран, торій та радій присутні у гіпермінімальній кількості. Кількість радіоактивних речовин в ґрунті залежить від його типу. Наприклад, дерново-підзолисті ґрунти мають лише 4 пКі/г концентрації радіоактивного калію, тоді як у чорноземах цей показник перевищує 11 пКі/г [33–35].

Різниця в концентрації радіонуклідів також залежить від ступеня їх поглинання (сорбції) ґрунтом і стабільності їх закріплення у поглинутому стані. Інтенсивність

сорбційних процесів у ґрунтах визначається їх гранулометричним складом. Накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr залежить не тільки від розміру фракцій частинок і їх хімічного складу, але й від різноманітності мінерального складу. Найвищі рівні техногенного забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr спостерігаються у дерново-підзолистих ґрунтах, менші – у сірих лісових ґрунтах, а найнижчі – у чорноземах.

Техногенні радіонукліди зазвичай потрапляють у ґрунт з атмосфери. Вже через кілька років після того, як радіоактивні речовини випадають на землю, більша частина з них проникає у рослини, а потім переходить до корму тварин і харчових продуктів людини.

Інтенсивне поглинання радіонуклідів ґрунтами перешкоджає їх вертикальному переміщенню углиб ґрунту і проникненню в ґрунтові води та гірські відклади. Через це радіоактивні елементи у природних луках, сіножатях і пасовищах накопичуються у верхньому шарі товщиною 0–5 см, а на полях, зазвичай в орному шарі.

Наявність радіонуклідів у рослинах проявляється у сповільненні темпів росту, зниженні врожайності і репродуктивності, а в разі великих доз опромінення може відбутися їх загибель.

В основі будь-якого впливу радіації на живі клітини лежить реакція цих клітин на дію радіації. Під радіобіологічним впливом розуміється реакція певної живої клітини або цілого багатоклітинного організму на опромінення. Ці реакції включають різні детерміновані та випадкові радіобіологічні ефекти, такі як радіостійкість, радіочутливість, метаболічна виживаність, системні радіаційно-біохімічні перетворення та модифікації на рівнях ДНК, РНК, клітин та організмів.

Рослини забруднюються переважно з повітря і кореневим шляхом. Аерозольний шлях передбачає пряме забруднення надземної частини рослин (листя, гілки, стовбур) під час осідання радіоактивних частинок з атмосфери. Механізм поглинання коренями радіонуклідів подібний до поглинання основних поживних макро- і мікроелементів з ґрунту. Наприклад, ^{137}Cs є хімічним аналогом калію, а ^{90}Sr – кальцію.

Кількість радіонуклідів у рослинах залежить від їх особливостей. Рослини, які мають високий вміст кальцію, накопичують більше ^{90}Sr , тоді як ті, що мають високий вміст калію, накопичують більше ^{137}Cs . Крім того, існує пряма залежність між

щільністю радіоактивного забруднення місцевості і накопиченням радіонуклідів у рослинах.

Природні і техногенні радіонукліди потрапляють у організм тварини та людини через дихальні шляхи, шлунково-кишковий тракт і шкіру. Проте, рівень внеску через ці шляхи відрізняється. У відносних одиницях цей рівень може бути таким: через шлунково-кишковий тракт – 1000, дихальні шляхи – 1, шкіра – 0,0001.

Основне значення у впливі радіації на тварин має рівень радіоактивного забруднення рослин у певній місцевості, при цьому надходження радіонуклідів в організм тварин через питну воду в кілька разів менше, ніж через корм. Так само, як і рослини, тварини накопичують ^{137}Cs і ^{90}Sr , як хімічні аналоги калію і кальцію.

Різні види організмів мають різну стійкість до впливу великих доз радіації. Загалом, ссавці є найбільш чутливими, за ними йдуть плазуни і комахи. Мікроорганізми, особливо бактерії, є найбільш стійкими до опромінення.

Рівень вмісту природних радіонуклідів у воді визначається кліматичними умовами і геологічною будовою певної місцевості. Природна радіоактивність вод визначається наявністю ^{40}K , ^{234}U , ^{238}U , ^{222}Ra , ^{232}Th та ін. Концентрація урану, радію і торію особливо велика у підземних водах [36].

Радіоактивність річкової води, головним чином, обумовлена присутністю радіоактивного калію, який міститься в залежності від хімічного складу гірських порід, що знаходяться в басейні водосховища, а також від різних гідрометеорологічних факторів. Щільність радіонуклідів у водоймах озер тісно пов'язана з хімічним складом води підземних вод. Зазвичай, вміст радіоактивних речовин у дощовій воді невеликий, за винятком ^3H , концентрація якого може досягати значень десятків пКі/дм³.

Враховуючи середній вмісту солей у водах Світового океану (35 г/дм³) кількість калію становить 1 г/дм³, а його активність 11,8 Бк/дм³. Крім ^{40}K , у морській воді присутня значна частка інших радіонуклідів, таких як ^{87}Rb , ^{238}U , ^{14}C , ^{222}Ra і ^3H .

Радіоактивні речовини, як і інші мінеральні елементи, можуть поглинатися рослинами і тваринами у водному середовищі. Важливо, що інтенсивність накопичення радіонуклідів в організмах водних організмів залежить від температури

води та кількості розчинених речовин, а також від концентрації кальцію в них.

1.3. Біологічна дія іонізуючого випромінювання на організм людини

Іонізуюче випромінювання може бути трьох видів: альфа-, бета- і гамма-випромінювання, які можуть призвести до важких захворювань, генетичних порушень та загибелі людини. Іонізуюче випромінювання, збудження атомів і молекул, які виникають разом з ним, є пусковим механізмом процесів, що призводять до променевого ураження біологічних структур — клітин, тканин, органів, систем і всього організму.

Наслідки впливу іонізуючого випромінювання на організм людини, залежить від виду, дози, часу та частоти опромінення. Так, важкі опромінення, які призводять до загибелі, можуть виникнути як при одноразовому потужному опроміненні, так і при постійному контакті зі слаборадіоактивними джерелами, наприклад, навіть у себе вдома.

Поглинута доза випромінювання визначає вплив різних видів іонізуючого випромінювання на живий організм. Вона вимірюється в радах. Для того, щоб зіставити можливий вплив різних випромінювань на організм введено поняття еквівалентної дози випромінювання, одиницею якої є один бер, який є біологічним еквівалентом рентгена (рентген — це одиниця вимірювання радіаційного випромінювання).

Під впливом іонізуючого випромінювання в організмі людини утворюються речовини з високою хімічною активністю, такі як вільні атоми або радикали, які призводять до пошкодження клітин організму. Іонізуюче випромінювання може безпосередньо впливати на біологічні молекули.

Рівень ураження клітин значною мірою залежить від інтенсивності обмінних процесів в них: чим вище рівень обмінних процесів, тим більше вони піддаються ураженням від радіоактивного випромінювання. Клітини органів кровотворення, кишкового епітелію (який містить багато імунних клітин), статеві клітини, епітелій

шкіри, сумки кришталика ока, сполучна тканина, хрящі, кістки, м'язи та нервова тканина виявляють найбільшу вразливість до радіації. Ураження деяких видів білків клітин може викликати онкологічні захворювання, а також генетичні мутації, які можуть передаватися через кілька поколінь.

Перелік наслідків дії іонізуючого випромінювання на людину постійно зростає. На сьогодні до цього переліку відносять такі захворювання як [37]:

- променева хвороба;
- розвиток лейкозу, лейкемії та ін. пухлинних хвороб крові;
- виникнення злоякісних новоутворень (онкології) будь-яких органів;
- порушення генетичного коду (мутаційні зміни);
- ураження нервової системи, кровоносних та лімфатичних судин;
- пошкодження органів зору, помутніння кришталика ока, розвиток катаракти;
- порушення обміну речовин та ендокринної рівноваги;
- виникнення тимчасової або постійної стерильності та імпотенції;
- розвиток імунодефіциту;
- порушення психічного та розумового розвитку;
- прискорення старіння організму.

Доказом того, що ці захворювання значною мірою зумовлені дією іонізуючого випромінювання, присвячено багато публікацій [38-40].

При загальному зовнішньому опроміненні людини дозою від 150 до 400 рад розвивається променева хвороба, яка може бути легкого або середнього ступеня тяжкості. При дозі від 400 до 600 рад розвивається важка променева хвороба, а опромінення понад 600 рад є смертельним.

Опромінення може спричиняти різноманітні захворювання, такі як інфекції (які знижують імунітет), порушення обміну речовин, онкологічні хвороби, безпліддя, катаракта та інші.

Радіація особливо негативно впливає на організми, що знаходяться у стадії росту, тому вона представляє значну небезпеку для дітей і підлітків. Ефект від невеликих доз радіації важко виявити, оскільки їхні наслідки проявляються через

десять років. Навіть незначні дози радіації можуть викликати необоротні генетичні зміни, які передаються спадково і можуть призвести до народження дітей з різними генетичними захворюваннями, такими як синдром Дауна, епілепсія або порушення розумового та фізичного розвитку.

1.4. Нормування радіаційного забруднення довкілля

Основними документами, якими регламентується радіаційна безпека в Україні, є: Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/2000) та Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ).

У НРБУ-97/2000 виділяють три категорії осіб щодо ризику іонізуючого опромінення [41]:

- категорія А – персонал, який безпосередньо працює з радіоактивними речовинами;
- категорія Б – персонал, що безпосередньо не працює із радіоактивними речовинами, але за умови розміщення їх на робочих місцях або місцях проживання може потрапити під дію опромінення;
- категорія В – все населення країни.

Також діючими в даний час в Україні нормативними документами щодо радіаційної безпеки передбачено нормування опромінення людей в умовах практичної діяльності в наступних випадках:

- при нормальній експлуатації виробничих джерел іонізуючих випромінювань;
- в медичній практиці;
- при радіаційних аваріях;
- при опроміненні техногенно-підсиленими джерелами природного походження.

Для усіх категорій опромінених осіб від індустриальних джерел випромінювання рівні річних доз опромінення встановлені в одиницях індивідуальної річної ефективної дози і еквівалентної річної дози опромінення на окремі органи (табл. 1.1).

Ліміти доз опромінення (мЗв/рік⁻¹)

Найменування дози	Категорія опромінених осіб		
	А	Б	В
Ліміт ефективної дози	20	2	1
Ліміт еквівалентної дози опромінення:			
- для кришталика ока	150	15	15
- для шкіри	500	50	50
- для кистей і стоп	500	50	-

В процесі виробничої діяльності людини може виникнути необхідність в запланованому підвищеному опроміненні персоналу, тобто вище встановлених лімітів доз. Воно можливе тільки з дозволу регулюючих органів в наступних випадках:

- коли вони не можуть бути усунені без спеціальних технологічних операцій;
- коли вони потребують термінового усунення;
- при можливості розвитку радіаційної аварії.

Підвищене опромінення персоналу дозою від 100 до 250 мЗв/рік допускається тільки у виняткових випадках з дозволу Міністерства охорони здоров'я України та за умови такого одноразового підвищеного опромінення протягом всієї трудової діяльності працівника. Для планування заходів щодо поліпшення радіаційної безпеки і оперативного контролю на радіаційно-ядерному об'єкті, в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження встановлюються контрольні рівні. Значення контрольних рівнів повинні бути нижчими за допустимі.

Медичне опромінення – це опромінення людини в результаті медичного обстеження або лікування. Враховуючи особливості цього виду опромінення, протирадіаційний захист пацієнтів ґрунтується на кількох принципах.

Принцип виправданості. Опромінення повинне бути обґрунтованим, призначене тільки лікарем для отримання діагностичного або терапевтичного ефекту

і лише в тому випадку, коли очікуваний ефект не можна отримати іншими непроменевими методами діагностики або лікування.

Принцип оптимізації. Колективні дози опромінення, які отримує населення при проведенні рентгенологічних і радіологічних процедур, повинні бути максимально низькими з урахуванням економічних і соціальних міркувань.

Принцип неперевищення. Доза опромінення встановлюється лікарем індивідуально для кожного пацієнта, з урахуванням клінічних показань, необхідності запобігання детермінованих ефектів в тканинах та організмі в цілому.

Для медичного опромінення межі доз для пацієнтів не встановлюються, а вводяться рекомендовані граничні рівні для різних категорій опромінених пацієнтів.

Особи, що проводять пацієнтам діагностичні і терапевтичні процедури, не повинні отримувати дозу опромінення більшу за 5 мЗв/рік.

Розрахунки надходження радіонуклідів в організм здійснюються за формулами, наведеними в НРБУ-97.

Після аварії на Чорнобильській АЕС виникла потреба у встановленні норм для вмісту радіонуклідів у харчових продуктах та воді. Міністерство охорони здоров'я України затверджувало ці норми своїми наказами. Останні нормативи для вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді були затверджені наказом МОЗ України від 03.05.2006. № 256.

Значення допустимих рівнів встановлено для більш ніж п'ятидесяти груп продуктів та води. Чисельні величини допустимих рівнів встановлені виходячи з не перевищення ефективної річної дози внутрішнього опромінювання 1 мЗв при споживанні усередненого середньорічного раціону харчування дорослої людини.

Після Чорнобильської катастрофи також були введені нормативи вмісту ^{137}Cs в продукції лісового господарства. Останні нормативи були затверджені наказом МОЗ України від 31.10.2005 № 573 «Про затвердження державного гігієнічного нормативу «Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у деревині та продукції з деревини». При перевищенні встановлених нормативів виробу і сировина підлягають вилученню з подальшим похованням.

Застосування на практиці вимог нормативних документів забезпечує єдиний

підхід до дотримання принципів радіаційної безпеки при використанні джерел іонізуючих випромінювань у виробничих умовах. Основною вимогою нормативних документів при роботі з джерелом іонізуючого випромінювання є наявність дозволів регулюючих органів на право проведення таких робіт.

Висновки до розділу 1

Джерела іонізуючого випромінювання поділяються на дві групи: природні (наприклад, космічні промені, радіоактивні речовини, що містяться у гірських породах, ґрунті та воді) та техногенні (такі як тестування та виробництво ядерної зброї, атомні електростанції та аварії на них, медичне обладнання, будівельні матеріали та інші види діяльності). В Україні основні джерела природної радіації знаходяться на Українському кристалічному щиті, а також в меншій мірі на Донбасі та у Карпатах.

Іонізуюче випромінювання може спричинити різноманітні біологічні зміни в живих організмах, які можуть бути як зворотними, так і незворотними. Ці зміни поділяються на дві категорії – соматичні і генетичні. Ступінь негативного впливу радіації на людський організм залежить від того, як цей вплив відбувається – одразу чи поступово. Більшість органів людського організму можуть відновитися, тому вони краще переносять серію невеликих доз опромінення, ніж одну велику дозу. Різні органи реагують на радіацію по-різному – найбільш вразливими є червоний кістковий мозок та органи кровотворної системи, репродуктивні органи та органи зору. Діти та літні люди є більш чутливими до впливу радіації, порівняно з дорослими.

Дотримання норм радіаційної безпеки допоможе уникнути шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на організм людини.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ДОВКІЛЛЯ

2.1. Прилади для вимірювання рівня радіаційного фону

Забруднення довкілля радіоактивними речовинами внаслідок радіаційної катастрофи на Чорнобильській АЕС спровокувало необхідність здійснення посиленого контролю радіаційної ситуації як санітарно-гігієнічними службами, так і населенням.

На сьогодні люди все більше звертають увагу на якість довкілля в тих місцях, де вони проживають, працюють або відпочивають.

Одним із ефективних методів забезпечення радіаційної безпеки є проведення дозиметричного контролю рівнів опромінення персоналу та рівня радіації в довкіллі. Для оцінки радіаційного стану використовуються спеціальні прилади – дозиметри та радіометри.

Дозиметр (рис. 2.1) – це прилад, який вимірює рівень опромінення або дозу іонізуючого випромінювання в конкретному місці або на поверхні об'єкта. Він може використовуватися для контролю радіаційної безпеки в промислових, медичних, наукових закладах або довкіллі. Дозиметри можуть мати різні типи:

- особистий дозиметр, що прикріплюється до одягу;
- стаціонарний дозиметр, який встановлюється на постійній основі для постійного моніторингу радіаційного фону.

За допомогою цих приладів можна визначити, чи відповідають рівні опромінення нормам безпеки та приймати необхідні заходи для захисту людей і навколишнього середовища від шкідливого впливу радіації.

Радіометр (рис. 2.2) – прилад, який використовується для вимірювання активності радіонукліду в джерелі або зразку (в рідині, газі, аерозолі або на забруднених поверхнях) або щільності потоку іонізуючого випромінювання для перевірки наявності радіоактивності в підозрілих предметах та оцінки радіаційного

стану в певному місці в певний момент. Процес вимірювання цих величин називається радіометрією. Ренгенометр - це спеціальний тип радіометра, який використовується для вимірювання потужності гамма-випромінювання [7].



Рис. 2.1. Побутовий дозиметр «Юпитер СИМ-05»

Побутові прилади, як правило, комбіновані, мають два режими роботи з переключенням «дозиметр» – «радіометр», а також світлову та (або) звукову сигналізацію і дисплей для відліку вимірювань. Маса таких побутових приладів складає від 400 до декількох десятків грамів, розмір дозволяє покласти їх до кишені. Деякі сучасні моделі можна надіти на руку, як годинник. Час безперервної роботи від елемента живлення складає від декількох діб до декількох місяців.

Діапазон вимірювання побутових радіометрів, як правило, від 10 мкР/год за до 9,999 мР/год (0,1–99,99 мкЗв/год), похибка вимірювання становить до $\pm 30\%$.

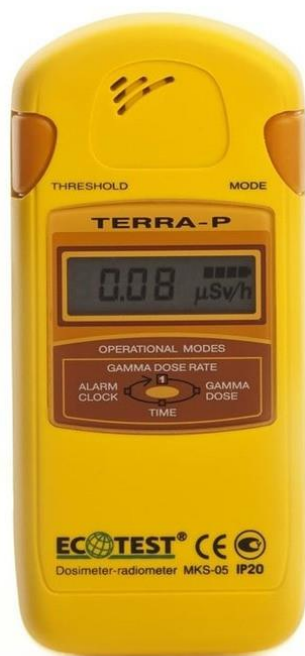


Рис. 2.2. Дозиметр-радіометр MKS-05 «Терра-П»

Усі ці прилади обладнанні детекторами. Детектором (чутливим елементом дозиметра або радіометра, що здійснює перетворення явищ, що викликані іонізуючим випромінюванням в електричний сигнал, легко доступний для вимірювання) може бути іонізаційна камера, лічильник Гейгера, сцинтилятор, напівпровідниковий діод та ін.

Іонізаційна камера (рис. 2.3) – газонаповнений датчик, призначений для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання. Вона складається з газової камери, яка містить іонізований газ, та електродів, які збирають і реєструють електричні сигнали, що виникають при взаємодії випромінювання з газом. Коли іонізуюче випромінювання проходить через камеру, воно взаємодіє з атомами газу, викликаючи їх іонізацію. Іони, що утворилися, рухаються в камері під дією електричного поля, створеного електродами, і створюють електричний сигнал, який можна виміряти. Цей сигнал може бути використаний для визначення рівня іонізуючого випромінювання.

Іонізаційні камери бувають струмовими (інтегруючими) або імпульсними. В останньому випадку на анод камери збираються більш рухливі електрони (за час приблизно в 1 мкс), тоді як повільно дрейфуючі важкі позитивні іони не встигають за цей час досягти катоду. Це дозволяє реєструвати окремі імпульси від кожної частки.

В такі камери вводять третій електрод – сітку, розташовану поблизу анода, яка екранує його від позитивних іонів.



Рис. 2.3. Іонізаційна камера, яку використовував П'єр Кюрі (1895–1900)

Лічильник Гейгера-Мюллера – це прилад, який використовується для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання. Він отримав свою назву на честь винахідників Ганса Гейгера і Вальтера Мюллера. Лічильник Гейгера-Мюллера має трубку з газом, яка містить електроди. Коли іонізуюче випромінювання проходить через трубку, воно взаємодіє з газом, викликаючи його іонізацію. Іони створюють електричний струм, який реєструється лічильником. Чим більше іонізуючого випромінювання, тим більше іонів утворюється, і тим вище буде зареєстрований сигнал. На сьогодні лічильники Гейгера-Мюллера досить широко використовуються як для вимірювання радіаційного фону та контролю безпеки на робочих місцях так і для виявлення радіоактивних матеріалів в довкіллі.

Сцинтилятори – речовини, що здатні випромінювати світло при поглинанні іонізуючого випромінювання (гама-квантів, електронів, альфа-часток і т.д.). Як

правило, кількість випромінюваних фотонів для даного типу випромінювання приблизно пропорційна поглиненій енергії, що дозволяє отримувати енергетичні спектри випромінювання. Основним застосуванням сцинтиляторів є їх використання у якості сцинтиляційних детекторів ядерних реакторів або препаратів, що містять штучні радіоактивні елементи. В сцинтиляційному детекторі світло, що випромінюється при сцинтиляції, збирається на фотоприймачі (як правило, це фотокатод фотоелектронного помножувача, значно рідше використовуються інші фотоприймачі), перетворюється в імпульс струму, підсилюється і записується тією чи іншою системою реєстрації.

На сьогодні на українському ринку чималий вибір дозиметрів, а Україна входить до десятки світових лідерів по виробництву різноманітних засобів контролю та моніторингу радіаційного стану довкілля.

2.2. Методи дослідження радіаційного фону довкілля

2.2.1. Методи виявлення іонізуючого випромінювання

Виявлення та вимірювання інтенсивності іонізуючого випромінювання від радіоактивних речовин та джерел ґрунтуються на їх здатності іонізувати речовину в довкіллі, де воно поширюється. Іонізація спричиняє фізичні й хімічні зміни в речовині, які можуть бути виявлені й виміряні. Такі зміни включають зміну електропровідності речовин (газів, рідин, твердих матеріалів), люмінесценцію речовин, засвічування фотоплівки, зміну забарвлення, прозорості, опірності електричному струму хімічних розчинів та інше. Залежно від того, які з цих змін виявляються, застосовуються наступні основні методи

- іонізаційний (за величиною струму іонізації);
- хімічний (за ступенем зміни кольору індикатора);
- фотографічний (за ступенем почорніння фотошару);
- сцинтиляційний (за ступенем світіння люмінофора).

Іонізаційний метод полягає в тому, що внаслідок впливу іонізуючого випромінювання на ізольований об'єм газу відбувається його іонізація, що призводить до збільшення електропровідності. Це досягається завдяки утворенню позитивних і негативних іонів. Якщо між двома електродами, які знаходяться в цьому об'ємі, подати сталу напругу, то виникає електричне поле, яке змушує заряджені частинки рухатись у напрямку між електродами. Це призводить до проходження іонізованого електричного струму через газ, і його величина залежить від потужності джерела випромінювання.

Хімічний метод вимірювання іонізуючого випромінювання ґрунтується на спостереженні радіаційно-хімічних реакцій, що відбуваються під впливом цього випромінювання. Кількісна оцінка впливу випромінювання здійснюється на основі радіаційно-хімічного виходу, що визначається кількістю характерних перетворень на 100 еВ поглиненої енергії. Основним компонентом приладу, що використовує цей метод, є хімічний детектор. Хімічні детектори часто використовують водні розчини (хоча вони прості, але мають низьку чутливість) або сполуки на основі хлорзаміщених вуглеводів (що забезпечує вищу чутливість через виникнення ланцюгових реакцій у речовині детектора). Однією з переваг цього методу є можливість використовувати хімічні детектори, які реагують на випромінювання подібно до тканин людського організму.

Фотографічний метод базується на здатності іонізуючого випромінювання впливати на чутливий шар фотоматеріалів, аналогічно видимому світлу. Для цього використовуються спеціальні фотоплівки, які мають целулоїдну підкладку з нанесеною на неї світлочутливою емульсією з одного або обох боків. У складі світлочутливої емульсії присутнє бромисте або хлористе срібло (AgBr , AgCl), яке рівномірно розподілене у шарі желатину. Коли фотоплівку, поміщену у світлонепроникну камеру, піддають впливу гамма-променів і потім проявляють, вона затемнюється. Щільність затемнення пропорційна інтенсивності опромінення. Дозу опромінення, отриману фотоплівкою, визначають, порівнюючи щільність затемнення з еталоном. Фотографічні детектори мають перевагу в масовому використанні для індивідуального контролю доз опромінення з документальною реєстрацією отриманої

дози.

Сцинтиляційний метод ґрунтується на тому, що за дії іонізуючого випромінювання деякі речовини випускають фотони видимого світла. Світлові спалахи, що виникають при цьому, можуть бути зареєстровані. Сцинтиляційний лічильник складається з сцинтилятора – речовини, яка випромінює видиме світло під впливом іонізуючого випромінювання, та фотоелектричного множника, який перетворює енергію світлових спалахів (сцинтиляцій) на імпульси електричного струму, які потім надходять до реєструвального пристрою.

Основна перевага сцинтиляційних лічильників полягає в тому, що вони широко використовуються, а також в їх здатності реєструвати практично всі види іонізуючих випромінювань, високій розрізнявальній здатності та ефективності реєстрації випромінювання. Однак недолік полягає в тому, що лічильники не підходять для вимірювання потужних доз опромінення [42, 43]. В таблиці 2.1 наведено основні методи визначення радіаційного стану довкілля.

Таблиця 2.1

Особливості методів визначення радіаційного стану довкілля

Назва методу	Особливості методу
Іонізаційна камера	Здатність швидких заряджених часток викликати іонізацію газу
Сцинтиляційний метод	Реєстрація спалахів світла, які виникають у сцинтиляторі (люмінофорі) під дією іонізуючих випромінювань
Радіолюмінісцентний (фотолюмінісцентний термолюмінісцентний) метод	Поглинання і накопичення енергії іонізуючого випромінювання спеціальними люмінесцентними детекторами з її подальшим перетворенням на люмінесцентну, інтенсивність якої пропорційна дозі іонізуючого випромінювання та яка реєструється при термостимуляції (фотостимуляції) спеціальним реєструючим приладом

Фотохімічний метод	Здатність випромінювань викликати фотоліз галоїдного бромиду срібла (AgBr)
Хімічний метод	Реєстрація необоротних хімічних змін, до яких призводить випромінювання в речовині
Черенковський лічильник	Реєстрація заряджених часток і γ -квантів, в якому використовується випромінювання Черенкова-Вавілова
Трекові детектори: камера Вільсона, бульбашкова камера, іскрові камери	Візуальне спостереження слідів часток в камері Вільсона як робоча використовується (перенасичена) переохолоджена пара. В бульбашкових камерах в якості робочої речовини використовують нагріту рідину, що закипає при різкому зменшенні її тиску
Нейтронно-активаційний метод	Вимірювання наведеної радіоактивності слабких потоків нейтронів або при короткочасній дії потужних потоків нейтронів, також має застосування в аварійних ситуаціях
Біологічні методи	Оцінка реакції, яка виникає в деяких тканинах при опроміненні їх певною дозою, наприклад, виникнення еритеми, кількість хромосомних аберацій, рівень летальності експериментальних тварин та ін.
Розрахунковий (математичний) метод	Використовується у клінічній практиці

2.2.2. Геофізичні методи дослідження радіаційного фону

Польові геофізичні методи використовуються під час екологічних експедиційних робіт з метою вивчення екологічної ситуації в досліджуваному районі щодо впливу на людину і довкілля природних і антропогенних геофізичних факторів, а також і для оцінки придатності території для здійснення на ній тієї чи іншої діяльності.

На сьогодні найпоширенішими геофізичними методами, що використовуються у польових екологічних дослідженнях є:

1) Радіаційна зйомка, яка включає вимірювання потужності іонізуючих випромінювань (включаючи альфа-, бета- та гамма-випромінювання) на досліджуваній площі та створення радіаційних карт.

2) Магнітометричні дослідження, що включають різні методи (такі як магнітна зйомка, вивчення високочастотних варіацій геомагнітного поля тощо) та дозволяють оцінювати геомагнітну та електромагнітну екологічну ситуацію в районі проведення робіт.

3) Вимірювання сумарної потужності імпульсного електромагнітного поля, які мають велике значення з точки зору електромагнітної екології в районі проведення робіт.

4) Вимірювання ступеня іонізації повітря, які проводяться в районах з великим антропогенним (переважно промисловим) впливом.

Такі дослідження, як правило, потребують використання спеціального та часто досить не дешевого обладнання. У випадках, якщо таке обладнання недоступне, то еколого-геофізичні роботи можуть проводитися шляхом прямого вимірювання радіаційного фону.

Останнім етапом вимірювання та оцінювання радіаційного фону довкілля є складання карт радіаційного фону або радіаційного забруднення певних територій [42].

Складання карт радіаційного фону відноситься до відносно нового напрямку картографування, як екологічне картографування. Еколого-географічне

картографування (екологічне картографування) – це напрямок дослідження територіальних відмінностей в умовах життєдіяльності населення, виявлення закономірностей формування та прояву еколого-географічних проблем і ситуацій через розробку, складання та цілеспрямоване використання карт.

При картографуванні небезпек та ризиків, що виникають внаслідок аварій на АЕС, а також при створенні карт радіаційного фону, використовуються традиційні підходи до екологічного картографування, такі як компонентний, проблемний, комплексний, регіональний, географічний, екологічний, ландшафтний, генетичний, історичний, типологічний, конструктивний. Крім того, використовується системний підхід, який поєднує всі ці підходи і є основним у екологічному картографуванні. Варто відзначити, що системний підхід в картографії має два аспекти. Перший аспект полягає в застосуванні системного підходу як основи для вивчення складних географічних систем, враховуючи різні зв'язки між елементами системи, яка картографується, а також відображення системного підходу на карті під час її розробки та створення. Другий аспект полягає у розробці системи взаємопов'язаних карт [42].

Досить популярними на сьогодні є дослідження пов'язані із створенням інтерактивних карт. Метою створення яких є надання користувачеві можливості взаємодії з картографічними даними та отримання потрібної інформації шляхом маніпулювання елементами карти. Ці картки можуть бути використані для різних цілей, а користувач може вибрати, яку інформацію він хоче побачити на карті та налаштувати відображення відповідно до своїх потреб. Також інтерактивні карти надають можливість користувачеві проводити аналіз географічних даних шляхом використання різних інструментів та функцій. Наприклад, користувач може збільшувати та зменшувати масштаб карти, переміщати її по регіону, вибирати конкретні елементи для отримання додаткової інформації, створювати власні шари даних та проводити аналіз взаємодії між різними шарами. Інтерактивні карти можуть бути використані для спільної роботи та обміну інформацією. Наприклад, кілька користувачів можуть працювати з однією картою одночасно, додавати свої коментарі та маркери, обговорювати результати досліджень та приймати спільні рішення.

Загалом, мета інтерактивних карт полягає в полегшенні доступу до інформації, зокрема і при проведенні радіаційного моніторингу, спрощенні аналізу та вивчення цих даних.

2.3. Методика виконання досліджень

Для визначення рівня радіаційного фону на території Національного авіаційного університету був використаний дозиметр «Юпітер СИМ-05», що призначений для оцінки рівня потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання за допомогою звукової сигналізації, відображення показань на цифровому табло та сповіщень тривалим звуковим сигналом про перевищення встановленого порога потужності еквівалентної дози (ПЕД) [44].

Це портативний прилад, який призначений для вимірювання рівня радіаційного фону. Він використовується для контролю радіаційної безпеки як в доквіллі, так і в приміщеннях промислових підприємств, медичні установ, при проведенні наукових досліджень, при аварійних аварійні ситуаціях та ін.

Основні характеристики дозиметра «Юпітер СИМ-05»:

1. Діапазон вимірювання: дозиметр може вимірювати рівень дози експозиції гамма-випромінювання в діапазоні від 0,1 мкЗв/год до 10 мкЗв/год.

2. Висока точність: прилад має високу точність вимірювання, яка забезпечує надійні результати. Межа відносної похибки – $\pm 35\%$.

3. Компактний та легкий: дозиметр має компактний розмір (135×71×33 мм) та невелику вагу (250 гр), що дозволяє зручно переносити його з собою.

4. Простий у використанні: прилад має простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко виконувати вимірювання.

5. Автономна робота: дозиметр працює від внутрішнього акумулятора, який забезпечує тривалу автономну роботу без необхідності заміни елементів живлення.

6. Звукові та візуальні сигнали: при досягненні певного рівня радіаційного фону, дозиметр може видавати звукові та візуальні сигнали, що допомагають швидко

виявити потенційні небезпеки.

Пороги сигналізації по ПЕД:

- 0,6 мкЗв/год (60 мкР/год);
- 1,2 мкЗв/год (120 мкР/год);
- 4 мкЗв/год (400 мкР/год).

7. Запис даних: Дозиметр може записувати дані вимірювань для подальшого аналізу та збереження.

Дозиметр «Юпитер СИМ-05» є надійним та зручним приладом для вимірювання радіаційного фону, який допомагає забезпечити безпеку людей та довкілля.

Визначення радіаційного фону в обраних точках на території та в приміщеннях Національного авіаційного університету складалося з таких етапів:

1. Підготовка до роботи приладу «Юпитер СИМ-05»:

- активування приладу шляхом натискання центральної кнопки, після чого на екрані з'являються цифри «0,00». Після декількох секунд прилад розпочинає вимірювання, що супроводжується звуковим сигналом.

- налаштування необхідної періодичності вимірювань (у нашому дослідженні – 60 секунд, для отримання максимальної точності вимірювань).

2. Проведення вимірювання радіаційного фону:

- для вимірювання радіаційного фону на відкритих ділянках та у приміщеннях, прилад тримали на висоті 1 м від поверхні. В приміщеннях та укриттях вимірювання проводилися за відсутності протягу.

3. Запис та математична обробка результатів:

- виміряні значення ПЕД заносилися у спеціальну електронну таблицю.
- аналіз отриманих результатів і визначення середнього значення радіаційного фону проводилося для кожної точки досліджень за п'ятьма показниками ПЕД.

4. Оцінка отриманих даних:

- порівняння середнього значення радіаційного фону з нормативними показниками та визначення ступеня відхилення.

- визначення причин відхилення від нормативних показників та розроблення

рекомендацій щодо подальших заходів з радіаційного контролю.

Висновки до розділу 2

Для визначення рівня радіаційного фону на території Національного авіаційного університету був використаний дозиметр «Юпитер СИМ-05».

Основними перевагами цього приладу є: широкий діапазон вимірювання (від 0,1 мкЗв/год до 10 мкЗв/год), висока точність (межа відносної похибки – $\pm 35\%$), компактність, простота у використанні (зрозумілий інтерфейс), автономна робота, наявність звукового та візуального сигналу. Дозиметр «Юпитер СИМ-05» є надійним та зручним приладом для вимірювання радіаційного фону, який допомагає забезпечити безпеку людей та довкілля.

Визначення та оцінка рівня радіаційного фону в обраних точках на території та в приміщеннях Національного авіаційного університету проводилося відповідно до методики проведення досліджень

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ НА ТЕРИТОРІЇ ТА У ПРИМІЩЕННЯХ НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

3.1. Географічне положення та загальна характеристика території Національного авіаційного університету

Національний авіаційний університет (НАУ) розташований в південно-західній частині Солом'янського району міста Києва (рис. 3.1). Характерною особливістю Солом'янського району є найбільші транспортні об'єкти столиці України – залізничні станції Київ-Пасажирський і Київ-Товарний, Міжнародний аеропорт «Київ» імені Ігоря Сікорського. Район має багатогалузевий потужний промисловий комплекс.

Територія університету займає 72 га, загальна площа навчальних корпусів — 140 тис. м². У навчальному процесі використовується один з найбільших у світі навчальних ангарів та навчально-науковий аеродинамічний комплекс на базі дозвукової аеродинамічної труби ТАД-2, які розташовані на території університету. Університет має досить розвинений кампус це – 11 гуртожитків, їдальня, студентське «Бістро», Авіаційний медичний центр, оснащений сучасним діагностично-лікувальним обладнанням, профілакторій, Центр культури і мистецтв із залом на 1500 місць, навчально-спортивний оздоровчий центр.

Територія університету межує:

- з проспектами Любомира Гузара та Відрадним, вулицями Гарматною та Михайла Донця які мають різний склад та інтенсивність руху громадського та приватного транспорту;

- з міським парком «Відрадний» та просвітницьким музеєм просто неба «Мамаєва Слобода».

На території парку «Відрадний» знаходиться ставок який є одним із витоків річки Либідь. У північній частині парку, ближче до території НАУ, є ще один, менший за розміром ставок (на території музею «Мамаєва Слобода»). У парку переважають листяні породи дерев (здебільшого липа, клен, береза), також є насадження фруктових

дерев (здебільшого яблуня).

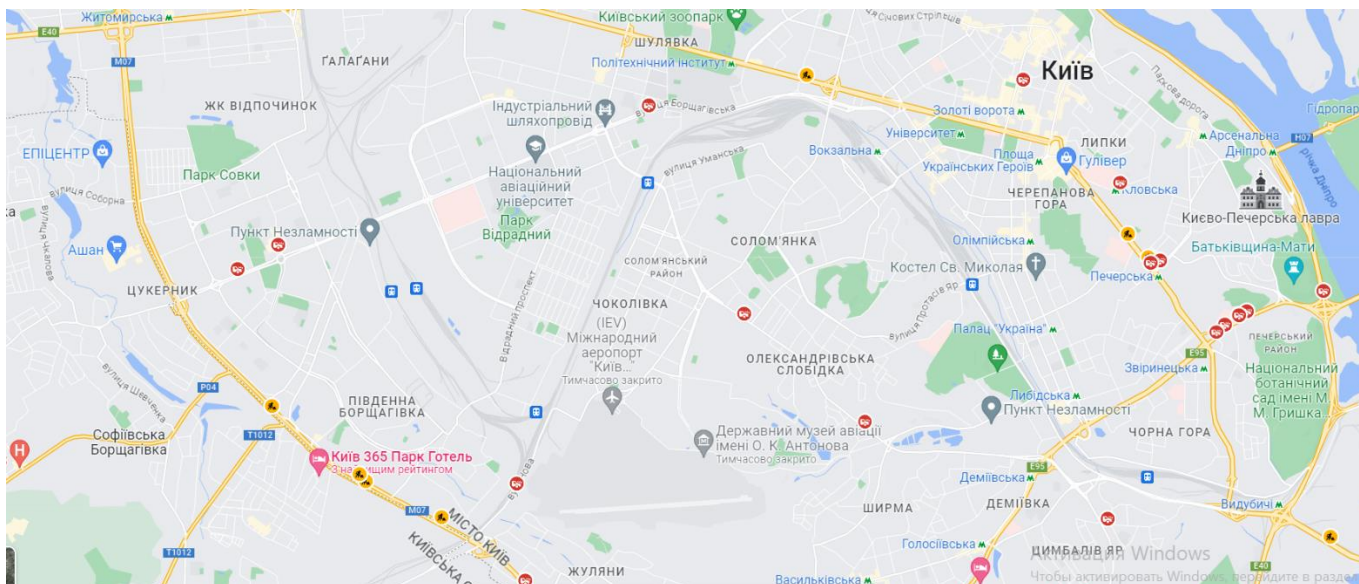


Рис. 3.1. Карта схема розташування НАУ

Територія НАУ відрізняється високим ступенем озеленення (рисунок 3.2, а). За своїми функціональними характеристиками включає обмежені зони зелених насаджень, розташованих у стаціонарній формі і характеризуються різноманітністю дерев, чагарників, квітів та трав'яної рослинності. Ця територія є своєрідною ландшафтно-рекреаційною зоною, фрагменти природного середовища якого були збережені під час урбанізації та планування. Це надає території НАУ додаткової привабливості протягом усього року, як для працівників і студентів, так і для мешканців прилеглих житлових районів.

Навчальні корпуси № 1, № 8, № 8а, їдальня, бібліотечний корпус формують забудову непарної сторони просп. Любомира Гузара. Фасад їдальні та корпусів №1 і № 8а, бічний фасад корпусу № 8 орієнтовані на Пн-Зх та не потребують додаткового захисту стін від перегріву, а тротуари, розташовані поруч, – захисту від сонячних променів. На цій ділянці проспект має асиметричне рішення озеленення, тобто з парної сторони висаджені два ряди зелених насаджень:

- між проспектом та тротуаром (для затінювання поверхні останнього);
- між тротуаром та житлово-громадською забудовою (для затінювання фасадів

та виключення надмірної інсоляції житлових приміщень). Планувальне рішення навчального корпусу № 1, побудованого у 1955-1957 роках, – основний корпус та його бічні крила, які виступають у бік проспекту, формують відкритий, теж у бік проспекту, парадний двір – курдонер (франц. *cour d'honneur* – «почесний двір», рисунок 3.1, б). Планувальне рішення бібліотечного корпусу, навчальних корпусів № 8-а та № 8, побудованих у 1972-1976 роках, формують ще один, розвинений у плані та відкритий у бік проспекту, курдонер (рисунок 3.1, в) [45].



Рис. 3.1. Територія НАУ: а – планувальне рішення; б – корпус №1, фрагмент курдонеру; в – курдонер біля корпусів №8, № 8а.

Територія дворів НАУ спланована та озеленена за стаціонарною формою (дерева, кущі, трав'яна та квітнева рослинність) – рисунки 3.1, б, в. Вона сприяє покращенню екологічного стану ділянки забудови НАУ вздовж проспекту та виконує вагомі іміджеві функції.

З погляду тектоніки, район НАУ розташований на північному схилі Українського щита в межах максимального поширення льодовика четвертинного періоду. Рельєф горбистий, з невеликими гірками, зі значними ухілами. На території НАУ характерний розвиток лесових порід з викопними ґрунтами, підстилаючими мореною, суглинками, пісками. Суглинки легкі і середні. Згідно з даними буріння зверху знаходиться ґрунтово-рослинний шар – 0,8 м, представлений гумусним супіском, що містить залишки рослин та їх коріння. Другий шар – леси різного забарвлення до самої кінцевої точки буріння (потужність близько 9 м). Внизу лес водонасичений – потужність 3 м.

Горизонт підземних вод знаходиться на глибині 3–6 м. Територія потенційно підтоплююча. Глибина промерзання пілуватих дрібнозернистих пісків, супісків – 0,8–1,5 м. За сейсмонебезпечністю – II-III категорія. По складності інженерно-геологічних умов можна віднести до II або III категорії. Лесові ґрунти є дуже небезпечними для будівництва. Вони мають осідаючі властивості. При будівництві необхідно запланувати інженерні заходи для зміцнення таких ґрунтів, для захисту схилів, для відводу води. Техногенні фактори також посилюють інженерно-геологічні процеси.

3.2. Характеристика об'єктів дослідження

Геологічне середовище – це частина земної кори, яка включає гірські породи, ґрунти, донні відклади, підземні води та інші компоненти, і взаємодіє з елементами ландшафту, атмосфери та поверхневих вод. Це середовище може бути піддане техногенній діяльності. Геологічне середовище є важливою складовою навколишнього середовища і має тісний зв'язок з іншими природними компонентами глобальної соціоекосистеми. Склад та структура гірських порід та рухи земної кори визначають особливості рельєфу земної поверхні. Гірські породи безпосередньо впливають на ґрунти та рослинний покрив, а також, в певній мірі, на тваринний світ, клімат і інші аспекти. З іншого боку, рельєф, клімат та інші фізико-географічні умови впливають на стан геологічного середовища. Палеогеографічні умови, які сприяли формуванню певних осадових порід, відображаються у їхній структурі, мінералогічному і фазовому складі, що впливає на міцність та деформативність породи. Ці властивості мають важливе значення для інженерно-господарського використання геологічного середовища.

Для виявлення зв'язку між особливостями геологічного середовища та змінами рівня радіаційного фону, були проведені дослідження як на території, так і у приміщеннях НАУ, побудованих з використанням гірських порід, які також є складовими геологічного середовища.

Дослідження, проведені протягом останніх років, показали, що мешканці міст, особливо великих, зазвичай отримують загалом вищі дози радіації, ніж мешканці сільської місцевості.

Встановлено, що житлові та робочі приміщення з одного боку служать захистом від зовнішнього радіаційного опромінювання, а з іншого боку, збільшують загальну дозу опромінення людей через наявність радіонуклідів у будівельних матеріалах та радону всередині приміщень.

Радіаційна оцінка родовищ будівельних матеріалів надана у «Тимчасових методичних вказівках по радіаційно-гігієнічній оцінці корисних копалин при здійсненні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельних матеріалів», де вказано, що ефективна питома активність будівельних матеріалів не повинна перевищувати нормативне значення, що дорівнює 92,5 Бк/кг.

Територія України розташована на Українському щиті, який простягається від Півночі до Півдня посередині країни і займає приблизно 30 % всієї української території. Цей щит складається з численних родовищ нерудних матеріалів, таких як граніти, лабрадорити, мармур, вапняки та інші кристалічні породи, що мають підвищену радіоактивність. У містах, де знаходяться ці родовища, розвинуте виробництво будівельних матеріалів, що призводить до виносу значної кількості природних радіонуклідів на землю і підвищення рівня гамма-випромінювання. Згідно даних Українського наукового центру радіаційної медицини, приблизно 70 % опромінення населення України від природних джерел радіації отримує від радону. Цей факт головним чином пов'язують з Українським щитом.

Для того щоб з'ясувати як впливає геологічне середовище на рівень радіаційного фону на території НАУ та який чинник – природний чи антропогенний – впливає на рівень радіаційного фону сильніше, було проведено вимірювання радіаційного фону за допомогою портативного дозиметра в контрольних точках на території НАУ. Були досліджені природні території НАУ. Це було зроблено з метою зробити висновки про те, як саме геологічна будова території впливає на рівень радіаційного фону та як він змінюється. Дослідження радіаційного фону в приміщеннях НАУ дозволило встановити залежність рівня радіаційного фону від

типу будівельного матеріалу, який може містити природні радіонукліди.

Проведено натурні вимірювання рівня радіаційного фону на території НАУ у чотирьох точках (рис. 3.2):

- на території студмістечка (перед входом в гуртожиток № 8);
- перед входом до корпусу № 4;
- на площі біля ЦКМ;
- на спортивному майданчику.



Рис. 3.2. Точки проведення натурних вимірювань рівня радіаційного фону на території НАУ

А також у 6 приміщеннях:

- укриття (корпус № 3);
- укриття (ЦКМ);
- медичний центр (1 поверх);
- корпус № 5 (6 поверх);

- корпус № 5 (2 поверх);
- корпус № 12 (1 поверх).

3.3. Аналіз рівня радіаційної небезпеки на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету

Результати натурних вимірювань потужності еквівалентної дози опромінення на території та у приміщеннях НАУ представлено в таблиці 3.1. та на рисунку 3.3.

Таблиця 3.1

Результати вимірювань радіаційного фону на території та у приміщеннях НАУ

Точка вимірювань	Потужність ПЕД, мкЗв/год					Середнє значення ПЕД, мкЗв/год
	1	2	3	4	5	
укриття (корпус 3)	0,16	0,18	0,14	0,18	0,16	0,164
укриття (ЦКМ)	0,18	0,19	0,17	0,17	0,2	0,182
студмістечко (гурт. № 8)	0,14	0,12	0,11	0,1	0,11	0,116
медичний центр (1 поверх)	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,176
корпус № 5 (6 поверх)	0,11	0,16	0,17	0,12	0,1	0,132
корпус № 5 (2 поверх)	0,12	0,1	0,11	0,12	0,09	0,108
територія перед 4 корпусом	0,1	0,14	0,12	0,11	0,12	0,118
корпус № 12 (1 поверх)	0,12	0,14	0,16	0,13	0,15	0,140
територія перед ЦКМ	0,09	0,1	0,11	0,12	0,09	0,102
спортивний майданчик	0,07	0,12	0,09	0,12	0,07	0,094

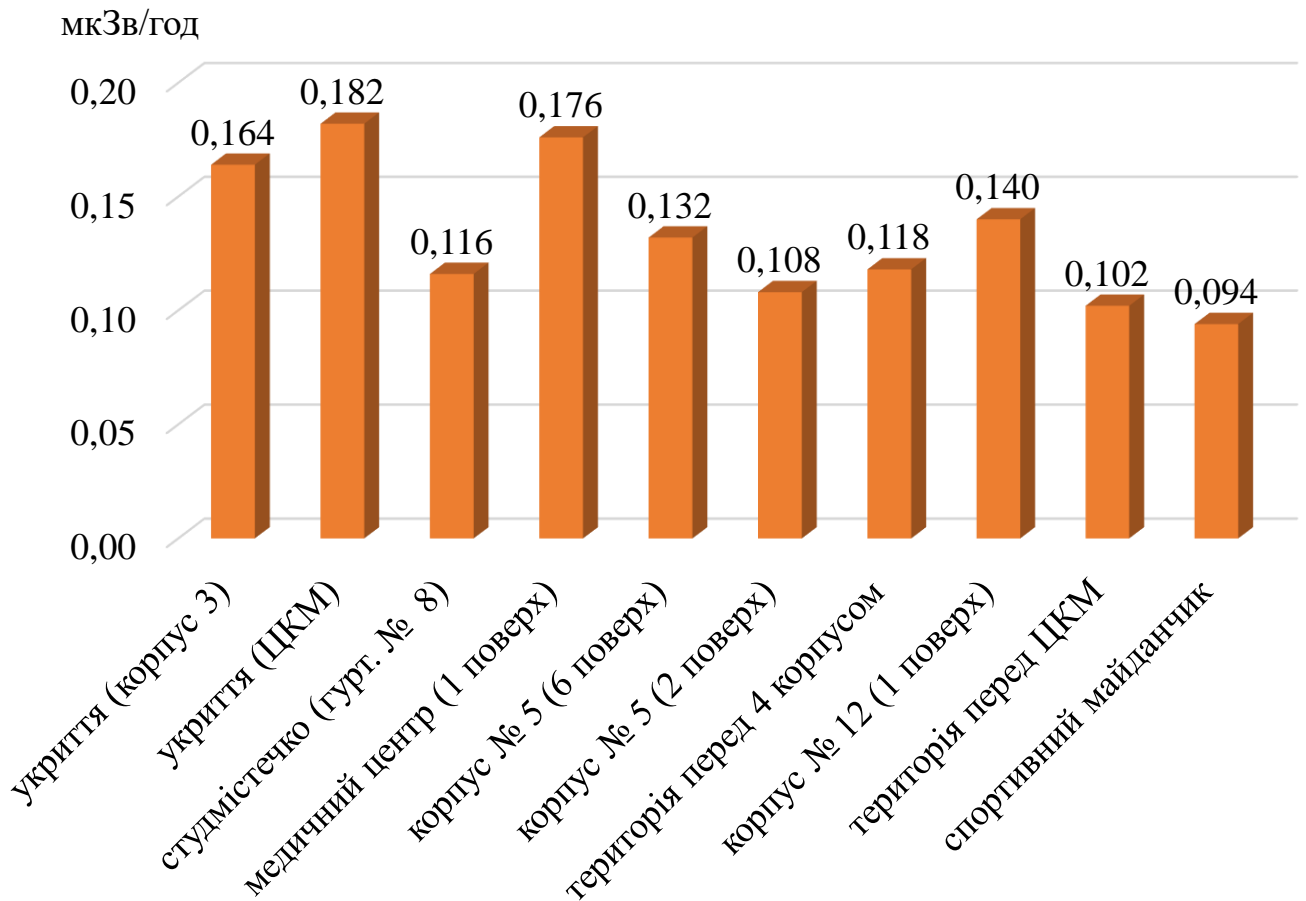


Рис. 3.3. Потужність ПЕД на території та у приміщеннях НАУ

Для отримання об'єктивних та інформаційних висновків за результатами дослідження було проведено статистичну обробку даних. Було визначене середнє значення по кожній вибірці даних:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

де n – об'єм вибірки (кількість вимірювань), x_i – результат кожного вимірювання.

Мірою відхилення результату окремого вимірювання x_i від істинного значення показує вибіркове середнє квадратичне відхилення. Ця величина є абсолютною випадковою похибкою визначення величини x_i при оцінці істинного значення x .

Похибка середніх арифметичних значень для нормального розподілення була розрахована за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

де: \bar{x} – середнє арифметичне значення показника, що вимірювали; n – об'єм вибірки (кількість вимірювань); x_i – значення показника для i -об'єкта.

Потім було розраховано значення надійного інтервалу (Δx) за формулою:

$$\Delta x = t_{\alpha, f} \cdot S_x,$$

$t_{\alpha, f}$ – коефіцієнт Стюдента, значення якого визначається за довідковою таблицею залежно від вибраної надійної ймовірності α і кількості степенів вільності f ($f = n-1$); S_x – стандартне відхилення значень від середнього.

Значення коефіцієнта Стюдента визначається за довідковою таблицею (додаток А). Для роботи з таблицею необхідно знати величину f – кількість степенів вільності. $f = n-1$, тобто $f = 4$. Таким чином значення коефіцієнта Стюдента (t) дорівнює 2,78.

Для отримання висновків статистичної обробки отриманих даних потрібно розрахувати достовірність отриманих відмінностей. Достовірність відмінностей між даними для нормальних розподілень розраховували за наступною формулою:

$$\frac{|S_{cp1} - S_{cp2}|}{\sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}} = t,$$

де: S_1, S_2 – середні значення показника для нормального розподілення;
 S_{x1}^2, S_{x2}^2 – похибки середніх значень; t = коефіцієнт Стюдента (визначається за довідковою таблицею).

Якщо розраховане значення перевищує коефіцієнт Стюдента, що обраний для розрахунків, можна зробити висновок, що відмінності достовірні. За такою методикою були оброблені усі отримані результати вимірювань. На основі отриманих розрахунків зроблено висновок про наявність чи відсутність достовірних відмінностей між кожною з груп досліджуваних об'єктів.

Таким чином, обрано типи об'єктів, що використано у дослідженні (контрольні точки на природних територіях та приміщення різних типів).

Дослідження були проведені в ідентичних погодних умовах (температура повітря, швидкість вітру, вологість атмосферного повітря) в однаковий проміжок доби для отримання максимально точних та достовірних даних. Вимірювання радіаційного фону проводились у вересні 2023 року, приблизно в один і той же час – з 12.00 до 14.00 год. Середня температура повітря становила 21 °С, відносна вологість – 20 %.

Для того, щоб отримати коректні результати, було проведено переведення одиниць вимірювання з мкЗв/год у мкР/год. Для цього значення, отримані за допомогою дозиметра (у мкЗв/год) було домножено на 100. Отримані результати заносилися у таблицю та порівнювалися з нормативними даними.

В результаті виконання дослідження було розраховано середнє значення рівня радіаційного фону на території НАУ та у приміщеннях. Середнє значення було визначене для різних типів приміщень, що знаходяться на території НАУ, а саме: укриттів, навчальних корпусів та медичного центру (табл. 3.2, рис. 3.4).

Таблиця 3.2

Середні значення рівня радіаційного фону на території та у приміщеннях НАУ

Об'єкт вимірювання	Середнє значення рівня радіаційного фону, мкР/год
територія НАУ	10,8±0,47
укриття	17,3±0,41
медичний центр	17,6±0,15
навчальні корпуси	11,3±0,56

За результатами досліджень та відповідно до даних, що представлені в таблиці 3.2 та на рис. 3.4 можна зробити висновок про те, що радіаційний фон на території НАУ становить 10,8 мкР/год. Це значення знаходиться в межах допустимих норм (табл. 3.3). Щодо радіаційного фону у приміщеннях, найвищі значення – 17,3 та 17,6 мкР/год спостерігаються в укриттях та медичному центрі.

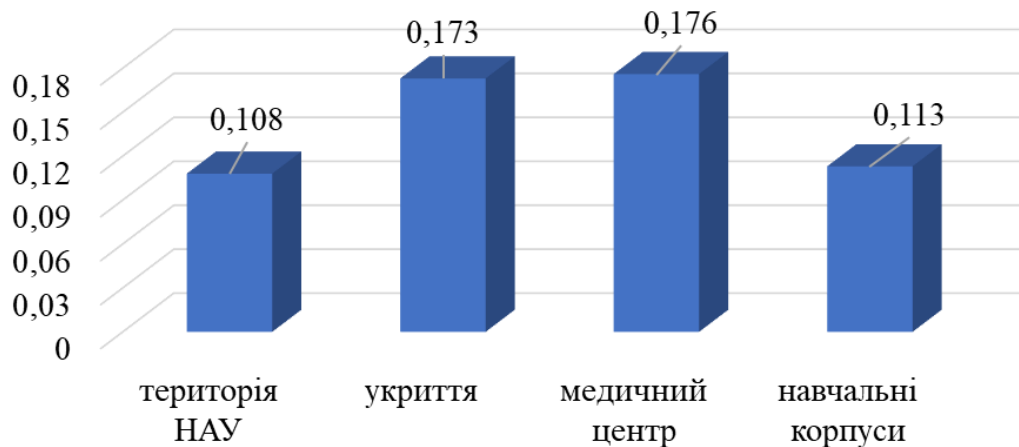


Рис. 3.4. Середнє значення ПЕД на території та у приміщеннях НАУ

В укриттях вищі значення, скоріше за все пов'язані із тим, що ці приміщення розташовані у підвалах та не оснащені системами вентиляції повітря. А щодо медичного центру, то можна припустити, вищі значення радіаційного фону пов'язані із розташуванням саме на першому поверсі, де були проведені вимірювання, кабінету рентгенографії.

Таблиця 3.3

Нормативні значення ПЕД [41]

Значення ПЕД, мкЗв/год	Рівень радіаційного фону, мкР/год	Примітка
0,1–0,2	10–20	звичайний рівень радіаційного фону
до 0,3	до 30	нормальний радіаційний фон
0,3–1,2	30–120	підвищений радіаційний фон
понад 1,2	понад 120	небезпечний радіаційний фон

На сьогодні, заміри рівня радіаційного фону у м. Києві здійснюються різними способами, від онлайн станцій моніторингу до щоденних ручних замірів відповідними державними установами на стаціонарних постах спостереження. Зведені дані моніторингу відображаються на інтерактивній карті SaveEcoBot (рис.

3.5). SaveEcoBot – єдина в Україні екологічна система, яка поєднує дані про поточний стан довкілля, про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля.

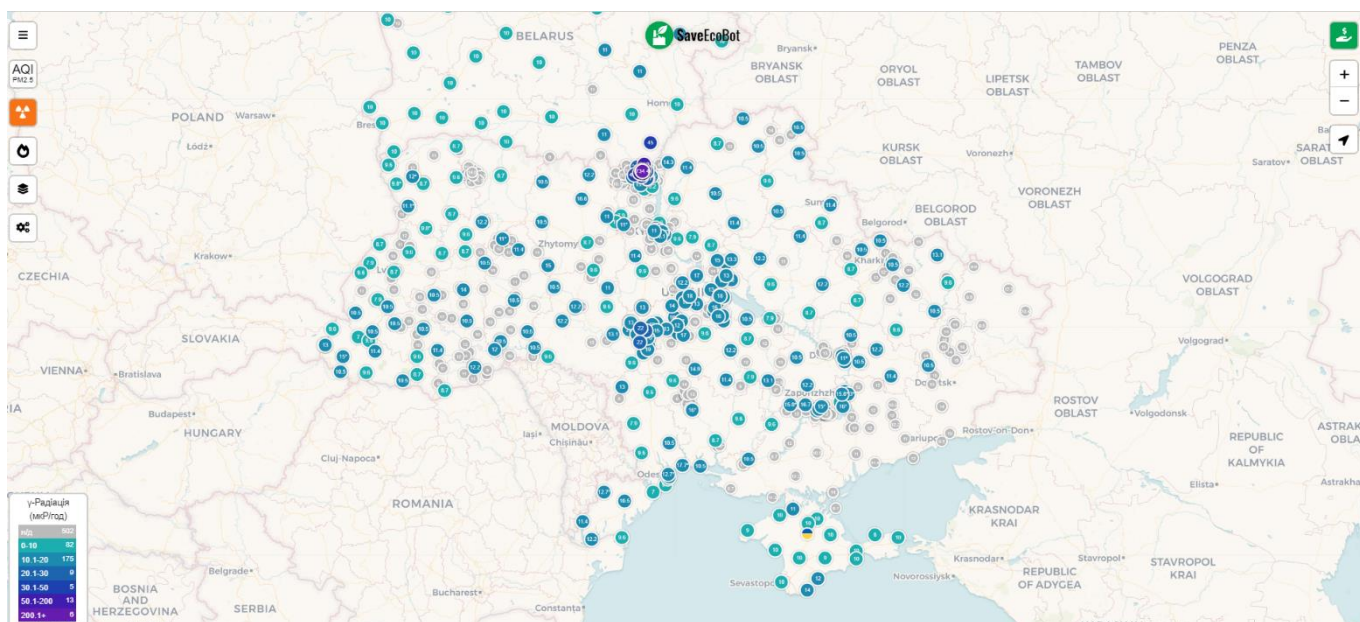


Рис. 3.5. Інтерактивна карта рівня радіаційного фону (SaveEcoBot).

Найближчий пост спостереження за рівнем радіаційного фону до НАУ знаходиться на вул. Ніжинській. Відповідно до даних радіаційного моніторингу, середнє значення рівня радіаційного фону у період проведення досліджень становило 0,152 мкЗв/год.

Отже, аналізуючи наведені вище наведені дані, можна зробити висновок про те, що радіаційний фон на території НАУ, на даний час, знаходиться у допустимих межах відповідно до [41, 42]. Середнє значення ПЕД складає 0,152 мкЗв/год (або 15,2 мкР/год), що є нижчим контрольного рівня.

Висновки до розділу 3

Таким чином, на підставі результатів натурних вимірювань потужності еквівалентної дози опромінення, встановлено середні значення радіаційного фону на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету, вони становлять: для території – 10,8 мкР/год; для укриттів – 17,3 мкР/год, у медичному центрі – 17,6 мкР/год; в навчальних корпусах – 11, 3 мкР/год

Можна стверджувати, що на території та у приміщеннях НАУ радіаційний фон знаходиться в межах допустимих нормативних значень і не становить небезпеки для працівників та здобувачів вищої освіти.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Основні загрози для працівників, пов'язані з іонізуючим випромінюванням

Іонізуюче випромінювання має кілька видів: альфа-, бета-, гамма- та нейтронне випромінювання. Кожен вид має свої властивості та різні ризики для працівників, які піддаються йому.

Альфа-випромінювання: складається з ядер гелію і є відносно важким. Це випромінювання не проникає шкіру легко, але може бути небезпечним, якщо його вдихають або ковтають, оскільки воно може пошкодити внутрішні органи.

Бета-випромінювання: складається з швидких електронів. Воно може проникати через шкіру на різній глибині та може спричиняти опіки або пошкодження тканин, залежно від його енергії та тривалості опромінення.

Гамма-випромінювання: високоенергетичні електромагнітні хвилі, які випромінюються з ядра радіоактивних атомів. Вони можуть проникати в організм та пошкоджувати клітини, що може спричинити рак або інші проблеми зі здоров'ям.

Нейтронне випромінювання: складається з нейтронів, що вивільняються під час ядерних реакцій. Нейтрони мають високу проникливість і можуть пошкоджувати тканини шляхом зіткнення з атомними ядрами.

Для працівників, які працюють з іонізуючим випромінюванням, існують кілька потенційних небезпек:

Ризики для здоров'я: Іонізуюче випромінювання може пошкодити клітини та ДНК, збільшуючи ризик виникнення раку та інших проблем зі здоров'ям.

Гостра радіаційна хвороба: великі дози випромінювання протягом короткого періоду можуть спричинити симптоми, такі як нудота, блювота, слабкість і навіть смерть у вкрай важких випадках.

Довгострокові наслідки для здоров'я: хронічна експозиція низьким рівням іонізуючого випромінювання може збільшувати ризик розвитку різних захворювань

протягом часу.

Опіки від радіації: великі дози певних видів випромінювання можуть спричиняти опіки шкіри та підлеглих тканин.

Для зменшення цих ризиків працівники, які мають справу з іонізуючим випромінюванням, повинні дотримуватися правил безпеки. Це включає використання матеріалів для екранування, підтримку безпечної відстані від джерел випромінювання, використання відповідного захисного спорядження (такого як свинцеві фартухи або костюми) та регулярний моніторинг рівнів випромінювання. Регулярне навчання та дотримання правил безпеки є важливими для мінімізації ризиків, пов'язаних з роботою поруч із іонізуючим випромінюванням.

На території навчальних закладів та дослідницьких установ джерелами іонізуючого випромінювання можуть бути лабораторії та заклади, що використовують радіоактивні матеріали для наукових досліджень.

Професійні ризики встановлені для працівників різних галузей, що піддаються іонізуючому випромінюванню через характер роботи. Сюди входять радіологи, працівники атомних електростанцій, лабораторні техніки та промислові робітники, що мають справу з радіоактивними матеріалами.

Аварії, пов'язані з радіоактивними матеріалами, такі як розливання, витіки або події в ядерних установках, медичних центрах або промислових установах, можуть створювати значні радіаційні небезпеки для людей та довкілля.

Природне випромінювання є невід'ємною частиною життя на Землі: усі люди зазнають фонового опромінення приблизно від 1 до 10 мЗв/рік, із глобальним середнім рівнем 2,4 мЗв/рік.

Професійне опромінення понад 1 мЗв/рік може бути зареєстроване в таких випадках:

- польоти на великій висоті,
- видобуток та переробка корисних копалин,
- нафтові та газові операції,
- підземні та надземні робочі місця (радон).

Кількість працівників, опромінених понад 1 мЗв/рік, вища для природних

джерел, ніж для джерел, створених людиною, але ризики від техногенного навантаження працівників можуть бути вищі. Необхідно контролювати посилення професійного опромінення внаслідок діяльності людини.

4.2. Основні санітарно-гігієнічні вимоги

Основні вимоги з радіаційної безпеки для працівників встановлюються в національних законодавчих та нормативних актах, які регулюють сферу використання радіаційних джерел та радіаційного контролю.

Законодавство про охорону праці встановлює загальні принципи та вимоги безпеки й охорони здоров'я працівників у всіх сферах, включаючи роботу з іонізуючим випромінюванням.

Нормативними документами з радіаційної безпеки є спеціальні нормативно-правові акти, які встановлюють максимально допустимі рівні радіаційної експозиції для працівників та населення, а також вимоги до захисту працівників. Наприклад, у медицині є вимоги до радіаційної безпеки при використанні рентгенівських апаратів, лікуванні випромінюванням та інших процедурах, що пов'язані з іонізуючими випромінюванням.

Також діють стандарти міжнародних організацій: Наприклад, Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ) розробляє рекомендації та стандарти щодо захисту від радіації, які можуть використовуватися у національному законодавстві.

Ці нормативно-правові акти встановлюють обов'язкові вимоги щодо безпеки, обмежень щодо радіаційної експозиції та вимог до захисту здоров'я працівників, які працюють з іонізуючим випромінюванням.

В Україні основні санітарно-гігієнічні вимоги щодо обмеження впливу іонізуючих випромінювань визначені в такі[нормативно-правових документах:

1) НРБУ-97/2000 (Норми радіаційної безпеки України) та додатки до нього – це документ, що містить нормативно-правові вимоги та стандарти радіаційної безпеки в Україні. Ці норми визначають умови та обмеження для захисту населення,

працівників та докiлля вiд впливу iонiзуючого випромiнювання. НРБУ-97/2000 встановлює максимально припустимi рiвнi радiацiйної експозицiї для рiзних груп населення та робочих категорiй, а також визначає принципи оцiнки радiацiйної безпеки при рiзних умовах експозицiї до випромiнювання. Цi стандарти є важливими для забезпечення безпеки людей та докiлля в умовах використання радiоактивних матерiалiв, в ядернiй промисловостi, медицинi та iнших сферах, де можлива експозицiя до iонiзуючого випромiнювання.

2) Закон України «Про захист людини вiд впливу iонiзуючого випромiнювання» 1998 року, встановлює лiмiти доз опромiнення осiб з населення та лiмiти доз професiйного опромiнення.

3) «Основнi санiтарнi правила забезпечення радiацiйної безпеки України», що затвердженi наказом Мiнiстерства охорони здоров'я України вiд 02 лютого 2005 року № 54.

НРБУ-97/2000 та Закон України «Про захист людини вiд впливу iонiзуючого випромiнювання» встановлюють межi дози опромiнення для рiзних категорiй осiб, що працюють з джерелами iонiзуючого випромiнювання. Основнi принципи регламентацiї дозових навантажень вказують на необхіднiсть у:

- додержаннi дозових меж: нормативнi акти встановлюють максимальнi допустимi рiвнi радiацiйної експозицiї для рiзних груп населення та працюючих, що працюють з джерелами випромiнювання.
- мiнiмiзацiї опромiнення: мета полягає у виключеннi будь-якого необгрунтованого опромiнення та зниженнi доз впливу до максимально можливого найнижчого рiвня.
- iнформуваннi та пiдготовцi: працюючих, якi мають будь-який контакт з джерелами iонiзуючого випромiнювання, повиннi iнформувати про можливі ризики та процедури радiацiйного захисту.

Цi принципи спрямованi на забезпечення безпеки та здоров'я людей, якi працюють з джерелами iонiзуючого випромiнювання, та населення, що може бути опромiнене iонiзуючим випромiнюванням у рiзних ситуацiях.

Основна дозова межа iндивiдуального опромiнення населення не повинна

перевищувати 1 мЗв ефективної дози опромінення за рік, при цьому середньорічні ефективні дози опромінення людини, віднесеної до критичної групи, не повинні перевищувати встановлених основних дозових меж опромінення незалежно від умов та шляхів формування цих доз (частина перша статті 5 Закону). Дозові межі індивідуального опромінення населення та критерії щільності забруднення ґрунтів на території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, визначаються законами України та іншими нормативно-правовими актами.

Для стажерів та здобувачів освіти віком від 18 років, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза професійного опромінення не повинна перевищувати 20 мЗв/рік. Для стажерів та здобувачів освіти віком від 16 до 18 років, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза професійного опромінення не повинна перевищувати 2 мЗв/рік, за умови що річна ефективна доза опромінення для даної категорії не повинна перевищувати 6 мЗв/рік.

Для вагітних жінок, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза опромінення не повинна перевищувати 1 мЗв/рік. Жінки, які мають дитину грудного або раннього віку і годують дитину грудним молоком, не можуть бути залучені до робіт з джерелами іонізуючого випромінювання і мають бути переведені на інші види робіт на весь період грудного вигодовування.

Медичні та інші працівники, здобувачі освіти, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, мають бути поінформовані працедавцем про ризики для здоров'я, з якими пов'язана їхня робота, про загальні процедури радіаційного захисту та запобіжні заходи, яких необхідно вжити під час перебування на робочому місці з метою запобігання ризикам для здоров'я, зумовленим іонізуючим випромінюванням, а також про алгоритм вжиття невідкладних заходів у випадку радіаційної аварії.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) визначають межі допустимої ефективної дози опромінення для різних категорій осіб та критичних органів. Зазначені категорії (А, Б, В) визначаються з урахуванням роботи з джерелами іонізуючих випромінювань та можливості опромінення від розташування робочих місць, де використовуються радіаційно-ядерні технології.

Опромінення різних органів або тканин людини неоднакове, тому нормування радіаційного фактора ведеться для трьох груп критичних органів з різною радіочутливістю.

За встановленими нормами, основні дозові межі для різних категорій осіб є наступними:

Категорія А (персонал), які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання: 20 мЗв/рік.

Категорія Б (персонал), які можуть отримувати додаткове опромінення: 2 мЗв/рік.

Категорія В (все населення): 1 мЗв/рік.

Ці межі є важливими для забезпечення безпеки осіб, які можуть бути опромінені радіаційним випромінюванням у різних ситуаціях, і вони використовуються для контролю рівня опромінення та запобігання можливим негативним наслідкам для здоров'я.

4.3. Порівняння результатів вимірювань радіаційного фону на території НАУ з нормативними санітарно-гігієнічними вимогами для працівників (категорія В)

Еквівалентна доза опромінення являє собою ступінь біологічного впливу на дану конкретну людину, тобто вона є індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням.

За результатами досліджень встановлено середнє значення потужності еквівалентної дози опромінення на території Національного авіаційного університету (розділ 3) – 0,152 мкЗв/год.

Враховуючи, що адміністративні працівники перебувають на роботі 40 год на тиждень (з урахуванням відпускнуго періоду – 48 тижнів на рік) було визначено значення річної еквівалентної дози опромінення, яку вони отримують перебуваючи на робочому місці.

$$D_{\text{екв}} = K \cdot D_{\text{погл}}$$

Значення коефіцієнта K для різноманітних видів випромінювання є різним. Для γ -, рентгенівського випромінювання та потоку електронів та позитронів K становить 1.

Таким чином, річної еквівалентної дози опромінення ($D_{\text{екв}}$) для працівників НАУ становить 0,292 мЗв/рік.

Згідно діючих «Норм радіаційної безпеки» (НРБУ) річна допустима еквівалентна доза Декв. випромінювання всього тіла для населення 0,005 Зв, а для профробітників – 0,05 Зв.

Отже, річна еквівалентна доза опромінення адміністративних працівників НАУ відповідає нормам радіаційної безпеки України.

4.4. Розробка рекомендацій з охорони праці для обмеження несприятливого впливу іонізуючих випромінювань від природних та джерел

Захист працівників від фонового рівня випромінювання є важливою складовою безпеки на робочому місці, особливо у тих сферах, де може бути підвищений рівень природного або техногенного випромінювання. Перелік заходів для захисту працівників від фонового випромінювання:

- оцінка ризику: проведення оцінки ризику впливу фонового випромінювання на конкретному робочому місці. Це може включати вимірювання рівня радіації та оцінку її впливу на працівників;

- організаційні заходи: встановлення процедур і правил щодо робочих процесів, які можуть впливати на рівень опромінення. Це може включати регулярну перевірку рівня випромінювання, контроль за доступом до радіоактивних матеріалів, та інструктаж працівників;

- особистий захист: надання працівникам необхідних засобів індивідуального захисту, таких як дозиметри для вимірювання рівня опромінення або захисних екранів;

- навчання та інформування: проведення навчання та інформування працівників про можливі ризики випромінювання, процедури захисту та дії в разі

аварій;

- моніторинг та контроль: постійний моніторинг та контроль за рівнем випромінювання на робочому місці, щоб вчасно виявляти будь-які відхилення від допустимих норм.

Ці заходи спрямовані на мінімізацію ризиків для здоров'я працівників при наявності іонізуючих випромінювань на робочому місці.

Основними інженерними підходами, які можуть бути застосовані для захисту від іонізуючого випромінювання на робочих місцях є:

- захист часом;
- захист відстанню;
- захист екрануванням.

Захист часом полягає у мінімізації часу, який працівники проводять у зоні, де може бути вплив іонізуючого випромінювання. Основна ідея полягає у тому, щоб зменшити час впливу радіації на організм. Наприклад, працівники, які працюють у зонах із підвищеним рівнем радіації, можуть обмежувати свій час перебування у цих зонах до мінімуму. Це може включати ротацію працівників, щоб зменшити загальний час, який кожен працівник проводить у зоні високого випромінювання. Застосування заходів захисту часом є важливим компонентом радіаційної безпеки, оскільки дозволяє зменшити загальний час опромінення працівників і, відповідно, ризик впливу радіації на їхнє здоров'я.

Захист відстанню є ще одним важливим засобом захисту від іонізуючого випромінювання. Цей метод полягає в максимальній можливій відстані між джерелом випромінювання та людиною, яка може бути піддана опроміненню. Наприклад, використання захисних бар'єрів, екранів або ізоляційних матеріалів допомагає мінімізувати вплив радіації на працівників, забезпечуючи безпечну відстань між ними та джерелом випромінювання.

Також, на робочих місцях, де використовуються джерела іонізуючого випромінювання, можуть бути обладнані місця, де працівники можуть перебувати, щоб уникнути прямого контакту з джерелом опромінення. Це дозволяє збільшити відстань між працівниками та джерелами радіації, зменшуючи ризик опромінення.

Загальний принцип захисту відстанню полягає у тому, щоб перебувати якомога далі від джерела випромінювання. Це зменшує рівень опромінення та мінімізує вплив на організм.

Інтенсивність опромінення (або потужність, яку отримує об'єкт внаслідок випромінювання) зменшується пропорційно квадрату відстані від джерела випромінювання. Формула цього закону може бути виражена так:

$$I=r^2 \cdot k$$

де: I – інтенсивність опромінення, k – константа, яка визначається джерелом випромінювання та його характеристиками, r – відстань від джерела випромінювання

Ця формула показує, що зі збільшенням відстані r від джерела випромінювання, інтенсивність опромінення I зменшується із зворотною пропорційністю до квадрата відстані. Тобто, з кожним подвоєнням відстані, інтенсивність опромінення зменшується у чотири рази.

Ця формула становить основу для розрахунків безпеки на робочих місцях, де є джерела іонізуючого випромінювання. Вона допомагає оцінювати ризики та визначати відстань, необхідну для забезпечення безпеки працівників від можливого опромінення.

Екранування може бути важливим заходом захисту від ІВ на робочих місцях. Воно включає використання спеціальних матеріалів або конструкцій, що мають високу щільність та здатність зменшувати проникнення ІВ. Наприклад, у лікарнях чи дослідницьких лабораторіях, де використовують рентгенівське обладнання або ізотопи для досліджень, екранування може бути застосоване через використання свинцевих або інших відповідних матеріалів у стінах чи екранах, що зменшує проникнення випромінювання до персоналу.

Головна мета екранування – зменшити дозу опромінення, яка потрапляє до працівників, тим самим забезпечуючи їхню безпеку та запобігаючи можливим негативним впливам радіації на здоров'я.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що джерела іонізуючого випромінювання поділяються на дві групи: природні та техногенні. В Україні основні джерела природної радіації знаходяться на Українському кристалічному щиті, а також в меншій мірі на Донбасі та у Карпатах. Іонізуюче випромінювання може спричинити різноманітні біологічні зміни в живих організмах, які можуть бути як зворотними, так і незворотними. Дотримання норм радіаційної безпеки допоможе уникнути шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на організм людини.

2. Основними документами, якими регламентується радіаційна безпека в Україні, є: Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/2000) та Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ).

3. Визначено особливості основних методів визначення радіаційного стану довкілля. Визначення та оцінка радіаційного фону на території та в приміщеннях Національного авіаційного університету проводилося з використанням дозиметра «Юпітер СИМ-05» відповідно до методики проведення досліджень.

4. Визначено, що радіаційний фон на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету, знаходиться в межах допустимих норм. Найвищі середні значення рівня радіаційного фону визначені для укриттів (17,3 мкР/год), що пов'язано із відсутністю систем вентиляції повітря та у медичному центрі (17,6 мкР/год), де знаходиться кабінет рентгенографії.

5. Визначено середнє значення потужності еквівалентної дози, що становить 0,152 мкЗв/год (або 15,2 мкР/год) та є нижчим контрольного рівня. Відповідно не становить небезпеки для перебування людей та здобувачів вищої освіти на території та у приміщеннях Національного авіаційного університету.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. К.: Либідь, 2000. 448 с.
2. Maskevich S. A., Germenchuk M. G. Radiation monitoring of the environment: innovative technologies and informatization. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/487/1/012001>
3. Rzabay A., Seriyev B., Beisov E., Kopbassarova G., Kurmanbayeva D. (2022). Environmental and Legal Regulation of Radioactive Pollution Management. *Journal Of Environmental Management And Tourism*. 2022 13(3), 633–642. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v13.3\(59\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v13.3(59).03)
4. Іванов Є. Радіаційна екологія: Навчально-методичний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. 217 с.
5. United Nations Environment Programme. *Radiation: Effects and sources*. 2016. URL: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7790>
6. Константинов М. П. Радіаційна безпека: Навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. 151с.
7. Кутлахмедов Ю.О. Основи радіоекології. К.: Вища школа, 2003. 319 с.
8. Іванов Є. Радіаційна ситуація. Гоекологія Львівської області: монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів: Простір-М, 2021. С. 339–342.
9. Dolchinkov N. T. Sources of natural background radiation. *Security and Defence Quarterly*. 2017. 16(3), 40-51. DOI: <https://doi.org/10.35467/sdq/103183>
10. Laraia Michele. Radioactive contamination and other environmental impacts of waste from nuclear and conventional power plants, medical and other industrial sources. 2015. DOI: [10.1016/B978-1-78242-231-0.00002-8](https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-231-0.00002-8)
11. Данилишин Б. М. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки: монографія / Б. М. Данилишин, В. В. Ковтун, А. В. Степаненко. К.: Лекс Дім, 2004. 551 с.

12. Тітова С. В. Системний підхід у картографічних дослідженнях екологічного стану компонентів природи та радіологічної ситуації в Україні. Вісник геодезії та картографії. 2001. № 4. С. 43–47.
13. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О., Кутлахмедов Ю.А., Гудков Д.І., Лазарєв М.М. Радіоекологія. К.: НУБіП України, 2011. 368 с.
14. Кутлахмедов Ю.О., Войціцький В.М., Хижняк С.В. Радіобіологія. К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. 543 с.
15. Атлас Геологія і корисні копалини України: Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України. К., 2001. 168 с.
16. Пересадько В.А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи: Монографія. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. 242 с.
17. Руденко Л.Г. Концептуальні основи еколого – географічних досліджень та еколого–географічного картографування. *Український географічний журнал*. 1995. №3. С.56–62.
18. Сердюк В. Радіаційна небезпека населення: монографія. Вінниця: Континент-ПРИМ, 1997. 24 с.
19. Лебедь О. О., Мислінчук В. О., Андреев О. А. Радон: моніторинг та геоекологічний аналіз його впливу на екосистему міста Рівного. Монографія. Рівне: РМАНУМ. 2017. 208 с.
20. Орлюк М. І., Марченко А. В., Яцевський П. І. Зв'язок радонових та геомагнітних аномалій території України. *Доповіді Національної академії наук України*. 2018. № 5. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.05.060>
21. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2022 році. Київ: ДНТЦ ЯРБ, 2023. 88 с
22. Basic safety principles for nuclear power plants: 75-INSAG-3 rev. 1 / a report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999.

23. Radiation Monitoring for Protection of the Public after Major Releases of Radionuclides in the Environment, *Journal of the ICRU Report 92*: 2015. Vol. 15(1–2). PP. 1–244.

24. The Science of Responding to a Nuclear Reactor Accident: Summary of a Symposium (National Academies Press, 2014). URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/19002/the-science-of-responding-to-a-nuclear-reactor-accident-summary>

25. Coleman C.N, Blumenthal D.J, Casto C.A, Alfant M., Simon S.L, Remick A.L, Gepford H.J, Bowman T., Telfer J.L., Blumenthal P.M., Noska M.A. Recovery and Resilience After a Nuclear Power Plant Disaster: A Medical Decision Model for Managing an Effective, Timely, and Balanced Response: *Dis Med Pub Health Prep*. 2013. Vol. 7(2). 2013. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24618164/>

26. Zwolinski L. R, Stanbury M., Manente S. Nuclear power plant emergency preparedness: results from an evaluation of Michigan's potassium iodide distribution program. *Disaster Med Public Health Prep*. 2012. Vol. 6(3):263–9. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23077269/>

27. Orlovsky Y., Orlovska K., Parkhomenko R. Радонова небезпека в будівництві та захист від неї. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2020. № 1, С. 130–138. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/1894>

28. Очеретний В. П., Друкований О. М. Шляхи зниження радіактивності будівельних матеріалів та виробів. *Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2011. С. 41–45.

29. Друкований О. М. Вплив карбонатної добавки на міцність цементних розчинів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА. 2009. 146 с.

30. МР 6. 6.1.6 2-160-2007. Методичні рекомендації. Здійснення контролю за дотриманням радіаційно-гігієнічних параметрів у будівництві. [Чинний від 2007-12-29]. Вид. офіц. Київ. 2009. 28 с.

31. Костенецький М. І. Радіоекологія середовища життєдіяльності населення Запорізької області: монографія. / М. І. Костенецький, А. І. Севальнєв, А. В. Куцак. Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2017. 151 с.
32. Костенецький М. І. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні. *Запорожский медицинский журнал*. 2012. №1 (70). С. 89–91.
33. Костенецький М. І. Радон навколо нас: проблема та шляхи її вирішення: монографія. / М.І. Костенецький, А.І. Севальнєв, А.В. Куцак. Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2019. 162 с.
34. Куцак А.В. Вивчення рівнів і структури доз опромінення населення за рахунок природних джерел випромінювання. *Міжнародний медичний журнал*. 2017. № 3. С. 88-97.
35. Костенецький М.І. Радіоактивність мінеральних добрив та дози опромінення населення. *Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції: матеріали XVII Міжн. наук.-практ. конф. Харків, 13-17 вересн. 2019 р. УКРНДІЕП: Харків. 2019. С. 231–234.*
36. Костенецький М. І. Щодо питання радіаційно-гігієнічного моніторингу питної води. *Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. Запоріжжя, 12-13 травн. 2011 р. Запорізький держ. мед. ун-т: Запоріжжя. 2011. С. 320-323.*
37. Куцак А. В. Дослідження вмісту цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування з оцінкою доз опромінення населення і можливих наслідків для здоров'я. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип.1 (135) С. 75–78.
38. Павленко Т. О. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення України від техногенно-підсилених джерел природного походження: дис. ... докт. біол. наук: 14.02.01 / Павленко Тетяна Олександрівна. Київ, 2010. 253 с.
39. Куцак А.В. Стан дозового навантаження населення від різних джерел випромінювання (на прикладі Запорізької області). *Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: матеріали наук-практ. конф. з міжн. уч. [Київ], 16-17 жовтн. 2017 р. Ін-т гігієни та мед. екол. ім. О.М. Марзєєва НАМНУ. Київ, 2017. С. 127–130.*

40. Куцак А.В. Сучасні міжнародні підходи щодо питання захисту населення від впливу опромінення. *Актуальні проблеми діагностики, лікування та профілактики професійних захворювань в Україні*: матеріали наукпракт. конф. з міжн. уч. [Кривий Ріг], 16 вересн. 2016 р. Український НДІ пром. медицини. Кривий Ріг, 2016. С. 197–200.

41. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ–97/2000). К., 1997. 121с.

42. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Затв. наказом МОЗ України № 54 від 02.02.2005 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text>

43. Гайченко В.А., Гудков І.М., Кашпаров В.О., Кіцно В.О., Лазарєв М.М. Практикум з радіобіології та радіоекології. К.: Кондор, 2010. 286 с.

44. Дозиметр «Юпитер СИМ-05»: інструкція з експлуатації. 12 с.

45. Агєєва Г. М. Курдонери будівель національного авіаційного університету як складові системи озеленення міських територій. *Архітектура та екологія*: мат. XI Міжнародної наук.-практ. конф., 16-18 листопада 2020 року, Київ: НАУ. 2020. С.15–16.