

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
\_\_\_\_\_ за освітнім ступенем бакалавра \_\_\_\_\_  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: розробка радіаційно безпечних будівельних матеріалів з використанням сировини природного та техногенного походження

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітнім ступенем бакалавра,  
групи ХТкс-15-242  
Галузь знань (спеціальності)  
0513 -- «хімічна технологія та інженерія»  
6.051301 «Хімічна технологія»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

\_\_\_\_\_ **Гергусь А.Р.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ **Чиркіна М.А.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ **Артем'єв С.Р.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

(повне найменування вищого навчального закладу)

**ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ**

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

**КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Освітній ступінь \_\_\_\_\_ **бакалавр** \_\_\_\_\_

Галузь знань \_\_\_\_\_ **0513 «Хімічна технологія та інженерія»** \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

Спеціальність **6.051301 «Хімічна технологія»**  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Начальник кафедри СХХТ**

\_\_\_\_\_ **О.В. Тарахно**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

\_\_\_\_\_ **Гергусь Анатолій Русланович** \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Розробка радіаційно безпечних будівельних матеріалів з використанням сировини природного та техногенного походження.»**

керівник роботи **Чиркіна М.А. к.т.н.** \_\_\_\_\_,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від “**25**” **березня** 2019 року № **51**

2. Строк подання курсантом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі  
завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної Роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр ім'я
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)      \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)      \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Звіт про ДР : \_\_\_ с., \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ джерел, \_\_\_ додатки.

Ключові слова: техногенна сировина, глинисті матеріали, радіаційна безпека, радіаційні властивості, гамма-спектрометричний аналіз, природні радіонукліди, радіаційно-безпечні будівельні матеріали

Об'єкт досліджень: глина зелена Залютинського родовища, глина "Технік-1" Андріївського родовища Донецької області, глина Південної дільниці родовища «Червона Гора» Донецької області.

Мета роботи: розробка радіаційно-безпечних будівельних матеріалів з застосуванням вітчизняної глинистої сировини та радіаційно-екологічна оцінка їх безпечності.

Стислий зміст роботи та висновки: проведено дослідження радіаційних властивостей вітчизняних глин різних родовищ України, а саме: глини зеленої Залютинського родовища, глини "Технік-1" Андріївського родовища Донецької області та глини Південної дільниці родовища «Червона Гора» Донецької області. Проведений аналітичний огляд стану радіаційної безпеки сировини для виготовлення будівельних матеріалів, виявлено перспективність розробки фасадної цегли з використанням даної безпечної сировини. Автором експериментально підтверджено екологічна безпечність дослідних природніх матеріалів. Розроблено екологічно безпечний будівельний матеріал та доведено, що у комбінаціях глини зі стелеплавильним шлаком можна отримувати фасадну керамічну цеглу з високими експлуатаційними характеристиками та відповідають параметрам екологічної та радіаційної безпеки.

Область використання: виробництво радіаційно-безпечних будівельних матеріалів без обмежень

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1. Аналітичний огляд.....	
1.1 Аналіз оцінки радіаційної якості природної сировини.....	
1.2 Радіаційні показники - основа екологічної оцінка будівельних матеріалів.....	
1.3 Радіаційна безпека житлових будівель в комплексі показників якості жилого середовища.....	
1.4. Забезпечення радіаційної безпеки житлових будівель.....	
1.5 Контроль радіаційних показників у природній сировині та будівельних конструкціях.....	
1.6 Оцінка радононебезпеки при виділенні радону з будівельних матеріалів	
1.7 Висновки за літературним оглядом.....	
2. Характеристика матеріалів та методів дослідження	
2.1 Характеристика сировинних матеріалів і підготовка зразків.....	
2.2 Методики досліджень та апаратура.....	
3. Експериментальна частина.....	
3.1 Вибір напрямку досліджень.....	
3.2 Дослідження властивостей глинистої сировини.....	
3.3. Застосування дослідної природної сировини для виготовлення безпечних будівельних матеріалів .....	
3.3.1. Отримання будівельних матеріалів зі застосуванням дослідних матеріалів.....	
3.3.2. Дослідження властивостей отриманих матеріалів.....	
3.4. Радіаційно-екологічна оцінка безпеки розроблених будівельних матеріалів	
3.5. Висновки за експериментальною частиною .....	
4. Охорона праці.....	

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

4.1	Аналіз нормативно-правових документів, понять та визначень що регламентують дотримання вимог охорони праці.....
4.1.1	Значення охорони праці та її задачі.....
4.1.2	Небезпечні, шкідливі виробничі фактори при проведенні аналізу.....
4.1.3	Токсикологічна характеристика використовуваних речовин і матеріалів в дослідженнях.....
4.1.4	Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів.....
4.1.5	Характеристика наково-дослідницького приміщення.....
4.1.6	Метеорологічні умови.....
4.1.7	Характеристика виробничого освітлення.....
4.2	Пожежна безпека.....
4.2.1	Причини пожежі та вибуху.....
4.2.2	Пожежна безпека в лабораторії.....
4.2.3	Забезпечення протипожежного захисту.....
	ВИСНОВКИ.....
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....

## Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Аналіз оцінки радіаційної якості природної сировини

У природних умовах збільшену концентрацію радіонуклідів U, Th, і K мають калієві польові шпати, калійні солі, слюда, глауконіт, мінерали глин: бентоніт, каолініт, гідрослюда та ін., а також акцесорні мінерали: циркон, монацит, сфен і ін [4].

Як сировину, промисловість будівельних матеріалів використовує нерудні мінеральні ресурси, а також відходи галузей важкої промисловості (золу і шлаки теплових електростанцій, металургії). Деякі види сировини поширені майже всюди (глина, вапняки, щебінь), а інші тільки в окремих районах (цементні мергелі, кварцові-піски, крейда). Оскільки мінерально-будівельна сировина споживається промисловістю будівельних матеріалів у великих обсягах, то сировинний чинник є одним із найважливіших при розміщенні підприємств.

Видобуток мінеральної будівельної сировини ведеться практично на всій території України. Найбільше піску і бутового каміння видобувається у Житомирській, Вінницькій, Запорізькій, Кіровоградській та Закарпатській областях. Тут є основні родовища, де видобувають граніт, мармур, лабрадорит та інші природні камені. Із глин, доменних шлаків виготовляють наповнювачі для пористих легких бетонів. Підприємства, що їх виробляють, орієнтуються на споживача, а тому розміщені переважно у великих містах.

В нових стандартах на технічні умови для будівельних матеріалів [2] одним з параметрів їх екологічної безпеки затверджений показник радіаційної якості. Критерієм для прийняття рішень про можливість використання будівельних матеріалів та виробів служить показник „питомої ефективності активності штучних радіонуклідів". Дуже важливо відмітити, що вимоги радіаційно-екологічної оцінки введено в стандарти і на будівельну сировину.

Рівень фону гамма-випромінювання у середині будівлі залежить в основному від радіоактивності будівельних матеріалів. Еквівалентна доза

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



опромінення від будівельних матеріалів та конструкцій становить 55 – 60% від загального опромінювання. Будівельні матеріали можуть містити такі радіонукліди, як уран – 238, торій – 232 і калій – 40. Уран – 238 за геохімічними властивостями та періодом напіврозпаду поділяється на дві групи: уранову та радієву (від радію – 226 до свинцю – 206). В свою чергу продуктом розпаду радію – 226 є радон – 222.

У трьох радіоактивних сімействах: урану (238U), торію (232Th) і актинія (235Ac) в процесах радіоактивного розпаду постійно утворюється 40 радіоактивних ізотопів. Середня ефективна еквівалентна доза зовнішнього опромінення, яку людина одержує за рік від земних джерел, становить близько 0.35 мЗв, тобто трохи більше середньої індивідуальної дози, обумовленої опроміненням з-за космічного фону на рівні моря [5].

Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) в будівництві нормуються наступні радіаційні параметри:

- ефективна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах та в мінеральній будівельній сировині;
- потужність поглиненої в повітрі дози (ППД) гамма-випромінювання в приміщеннях будинків і споруд;
- середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність (ЕРОА) ізотопів радону-222 та торону в повітрі приміщень.

Класифікація будівельних матеріалів відповідно до допустимих рівнів сумарної питомої активності природних радіонуклідів виконується на підставі Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), Системи норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві (ДБН В.1.4-0.01-97, ДБН В.1.4-0.02-97, ДБН В.1.4-1.01-97, ДБН В.1.4-2.01-97) та Вимог до цінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини, які затверджені наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин № 105 від 15 грудня 1997 р.

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Клас будівельної сировини, згідно з нормативними документами, встановлюється за максимально визначеною величиною сумарної питомої активності природних радіонуклідів (Асум) та величиною ПЕД гаммавиpromінювання гірських порід.

До першого класу відноситься будівельна сировина з  $A_{\text{сум}} \leq 370$  Бк/кг (ПЕД  $\leq 20$  мкР/год), котра може бути використана в усіх видах будівництва без обмежень.

До другого класу відноситься будівельна сировина з  $370 \text{ Бк/кг} < A_{\text{сум}} \leq 740$  Бк/кг (ПЕД  $\leq 40$  мкР/год), котра може бути використана для будівництва доріг та промислового будівництва в межах населених пунктів та зон перспективної забудови.

До третього класу відноситься будівельна сировина з  $740 \text{ Бк/кг} < A_{\text{сум}} \leq 1350$  Бк/кг (ПЕД  $\leq 60$  мкР/год), котра може бути використана для будівництва доріг за межами населених пунктів, гребель та підземних споруд, що покриті шаром ґрунту понад 0,5 м.

Оцінка радіаційної якості природньої сировини як будівельного матеріалу показує, що сумарна питома ефективна активність природних радіонуклідів  $A_{\text{еф}}$  в його складі менше 370 Бк/кг [4]. Це дозволяє відповідно до чинних будівельних норм [5] віднести природну сировину з радіаційного якості до будівельних матеріалів першого класу, які придатні для всіх видів будівництва без обмеження.

Але якщо величина сумарної питомої активності радіонуклідів в матеріалі перевищує 1350 Бк/кг, питання про можливе застосування таких матеріалів вирішують у кожному випадку окремо при узгодженні з органами охорони здоров'я.

Для виробництва будівельних матеріалів використовуються: магматичні, метаморфічні та осадові породи, які характеризуються різними вмістами природних радіонуклідів (урану, радію, торію та калію). Уран та торій знаходяться в гірських породах (за винятком родовищ та рудопроявів) у розсіяному стані в породоутворюючих та акцесорних мінералах. У акцесорних мінералах уран та торій концентруються у вигляді ізоморфних домішок (ортит, циркон, пірохлор, ксенотим, сфен та інші). Крім того, ці елементи можуть

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

знаходиться у сорбційному стані у фосфатах, лімонітах, глауконітах, органічних сполуках та цеолітах. Уран завжди супроводжується радієм.

Калій є складовою частиною слюд та польових шпатів у магматичних та метаморфічних породах, а також калійних солях, глауконіті, алуніті та інших мінералах осадових порід. Радіоактивний ізотоп K40 складає 0,012% від загального калію.

Осадові та метаморфічні породи, які вміщують фосфатні та органічні домішки і мають підвищену природну радіоактивність, можуть використовуватися лише для виробництва будівельних матеріалів другого та третього класів.

Переважає більшість родовищ будівельної сировини, які пов'язані з піщано-глинистими відкладами четвертинного віку, практично не мають підвищеного вмісту природних радіонуклідів. В той же час, деякі осадові породи четвертинного віку характеризуються підвищеним вмістом природних радіонуклідів:

- піски та пісковики полтавської серії;
- глини, пісковики, алевроліти сарматського ярусу нижнього неогену в межах Житомирської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей;
- менілітові пісковики олігоцену Львівської області;
- пісковики нижнього девону Тернопільської області;
- пісковики венду Вінницької області;
- бучакські відклади, складені переважно вуглистими пісками та глинами, а також бурим вугіллям.

Докембрійські породи, що складають УЩ, поділяються на три групи: породи з низькою природною радіоактивністю, середньою та високою.

До порід із низькою природною радіоактивністю відносяться:

- середньопротерозойські перидотити, діабазити, габро-діабазити;
- нижньопротерозойські габро-анортозити, габро-піроксеніти;
- архейські плагіомігматити та плагіограніти;
- архейські мігматити плагіоклаз-роговообманкові, діорити та гранодіорити, серпентиніти, актиноліти та піроксеніти;

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- нижньопротерозойські кварцитовидні пісковики, гнейси біотитпіроксенові, кварцити, сланці тальк-карбонатні актинолітові, кварцити та роговики.

До порід із середньою радіоактивністю відносяться:

- нижньопротерозойські граніти Клесівського, Осницького та Рокитнянського районів, монзоніти Клесівського району, пегматити та пегматоїдні граніти чарнокітового комплексу, граніти аплітоїдні дрібно- та середньозернисті з блакитним кварцом поміж чарнокітів, мігматити діоритового складу, граніти гранат-біотитові чудновобердичівські, чарнокіти;

- архейські плагіоклазові мігматити, гіперстенові плагіограніти;

- середньопротерозойські кварцові порфіри, метадіабази, порфірити, та сланці;

- нижньопротерозойські адамелітові кератофіри, гнейси біотитові, гранат-біотитові, піроксен-біотитові, графіт-біотитові. До порід з високою радіоактивністю відносяться:

- нижньопротерозойські граніти рапаківі, пегматити та граніти кіровоградського, новоукраїнського, житомирського, уманського та токарівського комплексів;

- середньопротерозойські граніти, метасоматити Пержанської зони. Незалежно від віку підвищений вміст природних радіоактивних елементів спостерігається в зонах порушень, який пов'язаний з проявами епігенетичних та накладених метасоматичних процесів.

Комплекс робіт з радіаційно-гігієнічної оцінки корисних копалин включає: визначення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання гірських порід в природному заляганні та визначення величини сумарної питомої активності радіонуклідів в пробах, відібраних на родовищі, яке обстежується.

Потужність експозиційної дози випромінювання гірських порід визначається гамма-методом шляхом вивчення їх радіоактивності у  $2\pi$  – геометрії вимірювань в гірських виробках та керну свердловин, а також у  $4\pi$  – геометрії вимірювань при каротажі свердловин та шурфів.

Сумарна питома активність радіонуклідів визначається за формулою:

$$A_{\text{сум}} = AU + 1.31A_{\text{Th}} + 0.085A_{\text{K}}, \quad (1.1)$$

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

де: Асум – сумарна питома активність будівельної сировини;

AU, ATh, Ак питома активність урану, торію та калію відповідно, що визначаються лабораторними дослідженнями.

За ступенем радіоактивності та характером розподілу порід з різним вмістом природних радіонуклідів родовища будівельної сировини поділяються на три групи.

I група – родовища, що складені породами з низькою природною радіоактивністю, які відносяться до першого класу.

II група – родовища, що складені породами з низькою природною радіоактивністю і вміщують жили, дайки, прошарки, лінзи з підвищеною радіоактивністю другого та третього класу.

III група – родовища, що складені, переважно або цілком, породами з підвищеною природною радіоактивністю, які відносяться до другого або третього класу. В окремих випадках можливий селективний видобуток порід з низькою радіоактивністю.

У випадках, коли на родовищах II та III груп уступи, що плануються до видобутку в поточному році, відносяться до I класу, як правило, необхідно проводити каротаж шпурів, пробурених під вибухові роботи.

## **1.2 Радіаційні показники - основа екологічної оцінки будівельних матеріалів**

Радіаційна безпека є одним з найважливіших гігієнічних критеріїв екологічної безпеки матеріалу. Проведені дослідження доводять, що більше ніж 75% часу людина проводить у тих чи інших приміщеннях (вдома, на роботі, у навчальних закладах, магазинах, медичних закладах тощо), тому до числа чинників, що істотно впливають на її здоров'я, відноситься ступінь екологічності (біопозитивності) середовища будівель, особливо житлових. Під біопозитивністю в даному дослідженні будемо розуміти екологічну безпеку компонентів середовища; тобто огорожувальних конструкцій будівлі, матеріалів, що

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

використовувалися в процесі їх обробки, елементів декору, предметів меблів, тощо.

Згідно з [1, 2] вимоги до санітарного стану житла зросли не тільки у зв'язку з посиленням забруднення зовнішнього середовища, але і у зв'язку із значним розширенням асортименту будівельних матеріалів, що вживають як державні, так і приватні будівельні організації. Наприклад, якщо будинки, що були побудовані в радянський час, зводилися лише з матеріалів, які передбачені ДСТУ і будівельними нормами, то сьогодні більше ніж 50% всіх будівельних матеріалів на внутрішньому ринку не можна назвати безпечними для здоров'я. Багатьом з них не під силу пройти навіть найпростішу екологічну експертизу. Зокрема використовуючи керамограніт та лицювальну керамічну плитку як основний продукт сучасного ринку будівництва, необхідно визначати вимоги не тільки до їх основних будівельних характеристик, але й до показників їх екологічності. Відомо, що гранично допустимий рівень радіації для України складає 10-20 мкР/ч [14]. У природі цей рівень рідко перевищує вказану норму. Але якщо додати сюди випромінювання від будівельних матеріалів і конструкцій (бетону, граніту, цегли, штукатурки, шпатльовки, кераміки, керамзиту, облицювальної плитки та ін.), то рівень підвищиться у декілька разів.

Проведений аналіз показує, що існуюча на сьогодні система контролю за екологічними параметрами будівельних матеріалів, не є вдосконаленою і потребує своєї доробки, зокрема в частині моніторингу властивостей цих матеріалів. Тому в сучасних умовах України дуже важливим є оцінювання будівельних матеріалів за показниками екологічності. На рисунку 1.1 наведено класифікацію екологічних властивостей матеріалу. З екологічної точки зору, будівельні матеріали характеризуються радіаційно-екологічними та еколого-гігієнічними показниками. В свою чергу, як видно з рис. 1.1 радіаційно-екологічна характеристика поділяється на ефективну питому активність природніх радіонуклідів (ПРН), емануючу здатність матеріалу, величину радоновиділення, годову ефективну еквівалентну дозу та дозу за рахунок еманції радону, а еколого-гігієнічна на токсичність і канцерогенність відповідно.

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



Рис.1.1 Класифікація екологічних властивостей будівельних матеріалів [4]

Так як людина більшу частину свого життя проводить в будівлі, то крім природного радіоактивного випромінювання він відчуває і навантаження від техногенно зміненого середовища проживання і, в першу чергу, від будівельних матеріалів, які використані при будівництві будинків. Наочно про навантаження на людину будівельних матеріалів, з яких зроблені стіни будівлі, можна судити по наведеним нижче даними.

- в цегляному будинку - від 50 до 100 мбер;
- в бетонному будинку - від 70 до 100 мбер;
- в дерев'яному будинку - від 30 до 50 мбер.

Для порівняння людина за рік отримує також дозу природного випромінювання:

- від космічних променів - 45 мбер;
- від ґрунту - 15 мбер;
- від води, їжі, повітря - 25 мбер;
- від рентгенівської діагностики (флюорографія) - 370 мбер;
- при перельоті літаком на відстань 2400 км - 1 мбер;
- щоденний протягом року 3-годинний перегляд ТБ - 0,5 мбер.

При розгляді наведених вище даних і враховуючи, що відповідно до норм радіаційної безпеки (НРБ-76/87) [45] для працюючих в контактi з радіоактивними випромінюваннями встановлена гранично допустима доза за рік 5 бер, видно, що перераховані в прикладі навантаження знаходяться в межах природного радіаційного фону. Серед будівель за цим показником сприятливо виділяється дерев'яний будинок.

До основних радіаційних показників для екологічної оцінки будівельних матеріалів відноситься ефективна питома активність  $A_{\text{еф}}$ , використовувана для порівняльних оцінок радіоактивності будматеріалів. Згідно з якою всі досліджувані матеріали відносяться до певного класу радіаційної небезпеки будматеріалів і можуть використовуватися в будівництві без обмежень.

Величина річної ефективної еквівалентної дози  $\gamma$ -опромінення  $D_{\text{пом}}$  і величина дози, отриманої за рахунок  $\gamma$ -випромінювання будматеріалів  $\Delta D_{\text{ГР}}$  Результати розрахунків яких показують, що  $D_{\text{пом}}$  і  $\Delta D_{\text{ГР}}$  досить великі і мало залежать від  $A_{\text{еф}}$ , тому в основному вони визначають активність шлаку.

Досліджувані матеріали оцінювалися за величиною радоновиділення, а саме по максимальній концентрації  $^{222}\text{Rn}$  в порах зразків матеріалів  $C_{\text{Rnmax}}$ . Також концентрацією радону в повітрі приміщення  $C_{\text{Rn}}$ , максимальне значення якої становить  $0,01 C_{\text{Rnmax}}$ , що пов'язано з присутністю відходів в будматеріалах, головним чином, у вигляді добавок.

Для невентильованого приміщення розраховується середня річна тканинна (легенева) доза опромінення людини за рахунок радону  $D_{\text{лег}}$ , яка не повинна перевищувати середнє значення  $D_{\text{лег}}$  по СНД [3]. Тільки тоді досліджені

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



матеріали можуть бути рекомендовані в якості наповнювачів, використовуваних для спорудження житлових будинків, де повітрообмін не інтенсивний.

Перевищення фону можна виявити, якщо просумувати радіаційне навантаження в будівлі матеріалів з іншими переліченими вище навантаженнями. Особливу безпечність необхідно проявляти при виборі будівельних матеріалів мінерального складу, не використовуючи будівельний матеріал з підвищеною радіаційною активністю. В таблиці 1.1 наведено показники  $A_{\text{ef}}$  (ефективна питома активність) найбільш розповсюджених будівельних матеріалів [20].

Таблиця 1.1

**Показники ефективної питомої активності будівельних матеріалів**

Оздоблювальні матеріали	$A_{\text{ef}}$ , Бк/кг
Шпаклівка	40,2
Затирка для швів	14,5
Клей	90,2
Суміш, що сама вирівнюється	136,7
Суха клейова суміш	24,4
Штукатурка мілкозерниста	33,9
Гіпс	168
Гіпсокартон	51,0
Мармур	137,2
Бордюр кафельний	324,0
Керамічна плітка	273,4

Виходячи з таблиці 1.1 можна зробити наступний висновок, що з найбільш використовуваних оздоблювальних матеріалів у господарстві та будівництві найбільшою питомою активністю володіє саме керамічна плітка 273 Бк/кг. Тому слід приділяти найбільшу уваги саме цьому будівельному матеріалу та відповідність його нормам використання.

Встановлення класу матеріалу з радіаційної безпеки в даний час зводиться тільки до визначення ефективної питомої активності природних радіонуклідів (ПРН).

Радіоактивність матеріалу може бути пов'язана з його родовищем або отримана додатково з використанням сировини з каменоломень, кар'єрів тощо, розташованих поблизу зон техногенного радіаційного забруднення літосфери.

Таким чином, радіаційне забруднення будівельних матеріалів може бути обумовлено не тільки його походженням, а й привнесенням в нього з навколишнього середовища радіоактивних речовин-забруднювачів. У кожному разі це негативна властивість можна діагностувати за хімічним складом матеріалу. Наприклад, слід уникати застосування будівельних матеріалів, що містять важкі метали та ін. Тому вже при проектуванні потрібно знати характеристики радіаційної небезпеки матеріалу і при виборі будівельних матеріалів намагатися уникати використання будівельних матеріалів з високими показниками радіаційної активності, в першу чергу для житлових і громадських будівель [25].

### **1.3 Радіаційна безпека житлових будівель в комплексі показників якості жилого середовища**

Дотримання радіаційно-гігієнічних нормативів на підприємствах будіндустрії і об'єктах будівництва, а також в існуючих будинках і спорудах покладається на підприємства і організації всіх форм власності, що здійснюють проектування, будівництво і експлуатацію об'єктів промислового і цивільного будівництва, виробництво і постачання будівельних матеріалів, мінеральної будівельної сировини і відходів виробництва, що використовуються у будівництві.

Найбільший внесок в величину ефективної дози опромінення (до 70%) вносять техногенно-підвищені джерела природного походження (ТППП), серед яких домінують іонізуючі випромінювання природних радіонуклідів (ПРН) в будівельних матеріалах огорожувальних конструкцій і в підстилаючих ґрунтах

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

під будівлями. З урахуванням того, що вплив іонізуючих джерел будівного виробництва піддається практично все населення, просте забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівельним суспільством приділяється особлива увага. Іонізуючі джерела будівельного виробництва є результатом діяльності нашої століття, тому він може і повинен впливати на інтенсивність іонізуючих випромінювань радіонуклідів

Основою для вирішення завдання радіаційного захисту людини служать рекомендації Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ), в яких провідні вчені світу відображають новітні досягнення в галузі досліджень природи іонізуючих джерел, їх впливу на організм людини, узагальнюють результати досліджень радіаційної обстановки в регіонах різних країн світу, формують положення сучасної концепції радіаційного захисту людини (КРЗЧ) і ін.

Домінуючий внесок джерел випромінювання будівельного виробництва в величину сумарної ефективної дози опромінення наочно видно на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Внесок основних іонізуючих джерел природного походження (НЦРМ АМН) в величину середньої річної ефективної дози опромінення населення України

Обов'язковому радіаційному контролю підлягають:

- будинки, що здаються в експлуатацію;
- дитячі дошкільні та освітні установи;
- санаторно-курортні та лікувально-оздоровчі заклади;
- перші поверхи та підвальні приміщення, що використовуються в середніх та вищих загальноосвітніх та соціально-культурних закладах.

Ефективна доза опромінення в приміщеннях будівель залежить від концентрації природних радіонуклідів (радію-226, торію-232, калію-40) в будівельних матеріалах і становить в середньому 1,4 мЗв Ч рік-1. Матеріали, що застосовуються в будівництві, повинні відповідати таким умовам:

- бути екологічно чистими;
- виготовлятися з дешевого і місцевої сировини;
- мати високі експлуатаційні властивості, що забезпечують довговічність і зниження трудомісткості при їх застосуванні;
- забезпечувати умови комфортності в приміщеннях будівлі;
- бути безпечними в умовах експлуатації і переробки.

#### **1.4. Забезпечення радіаційної безпеки житлових будівель**

За результатами проведених широкомасштабних досліджень у країнах світу оцінки різних антропогенних іонізуючих джерел і їх впливу на організм людини МКРЗ в 90-х роках минулого століття сформувала основні положення сучасної концепції радіаційного захисту людини (КРЗЧ), яка може бути застосована для кожної країни з урахуванням її особливостей. Так сучасна концепція радіаційної безпеки населення України визначена в основних положеннях НРБУ-97, в основу яких покладено рекомендації МКРЗ (1989-1996 рр.), Позитивний досвід

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

використання НРБ-76/87, досвід ліквідації аварії на ЧАЕС, наукові розробки вітчизняних і закордонних фахівців в даній області.

Мета концепції полягає в збереженні здоров'я людини від можливої шкоди, що завдається впливом іонізуючого випромінювання, забезпеченні безпечної роботи з іонізуючого випромінювання і охорони навколишнього середовища.

У НРБУ-97 введено такі сучасні концептуальні

положення:

- концепція ефективної дози;
- дві групи категорій осіб, які схильні до опромінення [Персонал (категорія А і Б) і населення (категорія В)];
- система чотирьох груп радіаційно-гігієнічних регламентів III:
- обмеження опромінення при нормальному функціонуванні індустриальних джерел;
- обмеження при медичному опроміненні;
- аварійне опромінення населення;
- хронічне опромінення від техногенно-підвищених джерел природного походження.

В основу поділу природних регульованих антропогенних іонізуючого випромінювання, які є результатами різних видів діяльності людини щодо забезпечення життєдіяльності, на чотири групи належить їх пряме призначення і рівень апріорної інформації про параметри джерел. Для груп індустриальних та медичних джерел характерно, що властивості іонізуючих випромінювань джерел в них використовуються безпосередньо для вирішення завдань життєзабезпечення людини (електроенергія, тепло, лікування людини та ін.). Функціонування цих двох груп III практичної діяльності людини можливо тільки на основі знання конкретного складу III і вмісту радіонуклідів в них. Це дозволяє визначити створювану активність джерела і параметри іонізуючих випромінювань, якими супроводжується розпад кожного міститься радіонукліда. Такий рівень апріорної інформації про параметри індустриальних та медичних III дозволяє контролювати

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

і прогнозувати створювану ними дозу опромінення, встановлювати для них ліміти дози, їх допустимі і контрольні рівні, виходячи з мети забезпечення радіаційної безпеки.

Для тих же видів діяльності людини, які пов'язані з використанням земних надр для забезпечення умов життєдіяльності (житло, вода, продукти харчування та ін.), Але в них безпосередньо не використовується енергія іонізуючих випромінювань радіонуклідів, характерно, що в одержуваній продукції виробництва збільшується концентрація природних радіонуклідів і доступність їх впливу на організм людини (будівельні матеріали, джерела водопостачання, виробництво мінеральних добрив, викиди вугільних теплових електростанцій та ін.). Саме в виробленій продукції таких видів діяльності людини, в яких не використовується енергія містяться іонізуючих джерел, характерний створюваний техногенно підвищений природний радіаційний фон, і їх називають техногенно-підвищеними джерелами природного походження (ТППП). Рівень апріорної інформації про параметри ТППП не дозволяє забезпечити прогнозованість і контрольованість створюваної радіаційної обстановки, що робить процес оцінки їх впливу непрогнозованим і неконтрольованим. Для цих груп III встановлено лише допустимі рівні їх радіаційних параметрів, виходячи з дотримання умови - виключення виникнення детермінованих порогових ефектів у опромінюються і обмеження ймовірності проявища стохастичних безпорогової ефектів на допустимому рівні (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

### Радіаційно-гігієнічні регламенти за НРБУ-97

Ефективна питома активність природних радіонуклідів (Аеф)	Рекомендації до застосування	Клас радіаційної безпеки
$A_{ef} \leq 370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$	Використовуються у всіх видах будівництв без обмеження	I клас
$A_{ef} > 370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$	Використовуються для: - для промислового будівництва - для дорожнього будівництва	II клас

									Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата	<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>				

$740 < A\alpha \leq 1350$ Бк·кг-1	Використовуються для - будівництва підземних споруд, покрытих шаром ґрунту не менше 0,5 м. Час перебування в них не повинен перевищувати 50 % від робочого дня	ІІІ клас
$A\alpha \leq 3700$ Бк·кг-1	Використовуються для: - оздоблювальних матеріалів, які мають естетичну цінність; - для внутрішнього і зовнішнього оздоблювання будівель громадського призначення	VІ клас за дозволом Міністерства охорони здоров'я

НРБУ-97 встановлюють два принципово різних підходи щодо забезпечення протирадіаційного безпеки:

- при всіх видах практичної діяльності в умовах нормальної експлуатації індустриальних та медичних джерел іонізуючого випромінювання здійснюватиме;
- при ситуаціях, які пов'язані з опроміненням населення в умовах аварійного опромінення, а також при хронічному опроміненні за рахунок впливу техногенно-підвищених джерел природного походження. Радіаційно-гігієнічні регламентовані величини характерних ситуацій опромінення (НРБУ-97) приведені в табл. 1.2.

Рівень вмісту природних радіонуклідів (ПРН) в будівельному виробництві домінує за вкладом в сумарну ефективну дозу серед інших ТППП. Для забезпечення радіаційної безпеки будівельного виробництва відповідно до положень КРЗЧ необхідно визначити параметри іонізуючих джерел виробництва, особливо по радонопоступленню і параметри створюваного ними радіаційного фону в приміщеннях будівлі на основі експериментально-розрахункових моделей; розробити комплекс протирадіаційних захисних заходів будівельного виробництва з оцінкою їх соціально-економічних показників і ін.

### 1.5 Контроль радіаційних показників у природній сировині та будівельних конструкціях

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Згідно чинного законодавства України (закон «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання») [6] захист людини від радіонуклідів, що містяться у будівельних матеріалах, забезпечується рядом заходів, у т.ч. радіаційними дослідженнями земельних ділянок під будівництво, веденням виробничого контролю за вмістом радіонуклідів, що містяться у будівельних матеріалах та прийняттям будинків та споруд з урахуванням рівня вмісту в них радону і рівня гамма-випромінювання.

Підприємства та організації, що здійснюють виробництво, постачання будівельних матеріалів та сировини, а також підприємства, відходи яких використовуються для виготовлення будівельних матеріалів або як будівельні матеріали повинні забезпечити радіаційний контроль згідно розділу 8 норм радіаційної безпеки України, основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України та системи норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів у будівництві. Крім того, введення в експлуатацію об'єктів (споруджених, капітально відремонтованих, реконструйованих) без проведення радіаційного контролю вважається незаконним.

У відповідності з будівельними нормами залежно від концентрації радіонуклідів будівельні матеріали діляться на три класи [4]:

1-й клас. Сумарна питома активність радіонуклідів не перевищує 370 Бк/кг. Ці матеріали використовуються для всіх видів будівництва без обмежень.

2-й клас. Сумарна питома активність радіонуклідів знаходиться в діапазоні від 370 до 740 Бк/кг. Ці матеріали можуть бути використані для дорожнього та промислового будівництва в межах території населених пунктів і зони перспективної забудови.

3-й клас. Сумарна питома активність радіонуклідів не перевищує 700, але нижче 1350 Бк/кг. Ці матеріали можна використовувати в дорожньому будівництві за межами населених пунктів - для основ доріг, дамб та ін У межах населених пунктів їх можна застосувати для будівництва підземних споруд,

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



покрытих шаром ґрунту товщиною більше 0,5 м, де виключено тривале перебування людей.

Однією з актуальних проблем радіаційного контролю є забезпечення приладами, що можуть ефективно працювати у пошуковому режимі: мати щонайменший час вимірювання та подавати результати вимірювань у найбільш прийнятний спосіб, приклади таких приладів наведені на рисунку 1.5.

Загальновідомо, що інформація у аналоговому вигляді сприймається та аналізується людиною – оператором більш ефективно ніж у цифровому вигляді. Саме тому дозиметричні прилади (ДП) [9] із таким представленням інформації не тільки можуть, а і повинні використовуватись при виконанні радіаційного контролю (РК) у пошуковому режимі. Однак, прилади, які б повною мірою задовольняли вимогам РК деяких об'єктів (об'єкти навколишнього середовища, транспортні засоби, металобрухт) в Україні не виробляються.

Такі сучасні ДП, як МКС-07М "Пошук – М", ДБГ-02М "Ритм – 1М" мають прийнятний, досить невеликий час вимірювання у пошуковому режимі (не більше 2,5 с), але цифрова форма представлення інформації при цьому значно ускладнює їх застосування для таких робіт [28].

Разом з тим, в Україні існує досить значний парк дозиметричних приладів типу СРП-68-01 з аналоговим (нецифровим) індикатором, за допомогою яких здійснювали гамма-обстеження територій. Територіальними органами Мінприроди останнім часом використовуються також аналогічні їм прилади Ludlum M19 (США). Прилади типу СРП-68-01 характеризуються високою надійністю, здатністю працювати у широкому діапазоні температур, атмосферного тиску і вологості (навіть при зануренні у воду) [16].

Комплекс польових робіт спрямовано на вирішення головного питання – всебічної радіаційної оцінки не тільки родовищ взагалі, а й на встановлення ступеню та характеру розподілу порід з різними рівнями вмісту радіонуклідів. Згідно з "Вимогами до оцінки природної радіоактивності..." ДКЗ України, 1997р. при проведенні польових робіт виконуються наступні дослідження: геологічна документація стінок (уступів) кар'єрів із радіометричними дослідженнями;

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

визначення потужності експозиційної дози (ПЕД) у різноманітних типах порід;  
 визначення концентрації радіонуклідів у різноманітних типах порід; визначення  
 потужностей експозиційної дози товарної продукції та встановлення в ній  
 концентрації радіонуклідів на підставі борозневого (пунктирної борозни)  
 випробування гірських порід.



ДБГ-02М "Ритм - 1М"



МКС-07М "Пошук - М"



СРП-68-01

Рис. 1.5 Пошукові прилади радіаційної розвідки

Геологічна документація стінок (уступів) здійснюється з радіометричними спостереженнями з використанням радіометра СРП-68.01 або інших засобів з подібними метрологічними параметрами, з метою виявлення ділянок з підвищеною радіоактивністю порід, та борозневого (пунктирна борозна) випробування для визначення сумарної питомої активності в стаціонарній лабораторії.

Виміри потужностей експозиційної дози на стінках уступів відробки виконуються при безперервному прослуховування та записом в журналі спостереження величини ПЕД у фіксованих точках з інтервалом 5 м в межах ділянок з нормальним гамма-фоном (до 20 мкР/год), зі згуцненням інтервалів

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

фіксованих вимірів ПЕД до 0,2-2 м на ділянках з підвищеним гамма-фоном (>20 мкР/год) з метою визначення їх границь. В фіксованих точках на уступах виробки вимір ПЕД виконується на двох рівнях – у підшві уступу та на висоті 2-3 м. Для виключення впливу бокового та розсіяного опромінення на блок детектора СРП-68-01 одягається екран із свинцю з товщиною стінок 3 мм та довжиною 140 мм, що дозволяє, в певній мірі, виключити вплив бокового підсвічування, тобто геометрія вимірювання наближається до 2-п геометрії вимірювання. За даними двох вимірів фіксується більше значення.

Вимір ПЕД гірських порід по дну гірничих виробіток за Z-подібними профілями здійснюється по профілях, орієнтованих в хрест простягання порід. Відстань між профілями в залежності від геологічної будови, розміру кар'єру та неоднорідності гамма-поля, може коливатися від 5 м до 30 м. Відстань між точками спостереження по профілях повинна бути від 1 м до 10 м і залежить від однорідності гамма-фона. Виявлені аномалії 5 деталізуються шляхом зменшення відстані між пунктами спостережень до 0,2-0,1 м з оконтуренням аномальних ділянок за межами профілю.

Контрольні виміри ПЕД гамма-випромінювання іншими радіометрами виконуються в обсягам не менше, ніж 10% від загальної кількості основних вимірів.

Дозиметричне дослідження проводилось при допомозі приладу дозиметра-радіометра гамма-бета-випромінювань пошукового МКС-07 "ПОШУК", який призначений для вимірювання еквівалентної дози (ЕД) і потужності еквівалентної дози (ПЕД) гаммат рентгенівського випромінювань (фотонного іонізуючого випромінювання), а також поверхневої щільності потоку бетачастинок. Робота проводилась в пошуковому режимі (прилад вимірює в трьох режимах: пошуковому, точному та «старт-стоп»). Відстань між точками замірів десь 1-2 м. Вимірювання еквівалентної дози випромінювання проводиться для з'ясування радіаційної небезпеки та шкідливих ефектів біологічної дії іонізуючого випромінювання при хронічному опроміненні людини, а також для оцінки поля іонізуючих випромінювань вільного складу. На основі отриманого матеріалу по

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

проведенню замірів біля кожного відвалу і проведення аналізу даних були з'ясовані максимальні, середні та мінімальні значення доз восьми відвалів [18].

Підприємства та організації, що здійснюють виробництво, постачання будівельних матеріалів та сировини, а також підприємства, відходи яких використовуються для виготовлення будівельних матеріалів або як будівельні матеріали повинні забезпечити радіаційний контроль згідно розділу 8 «Норм радіаційної безпеки України» (НРБУ-97) [45], основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України [9], система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів у будівництві [12].

Радіаційний контроль виконують державні і приватні контрольні служби: лабораторії, відділи, лабораторні центри у складі державних і приватних організацій і підприємств, а також окремі лабораторії, лабораторні центри (комплекси), які мають статус державного або приватного підприємства і акредитовані Держстандартом або МОЗ України. Вони визначають потужність експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) порід родовища, відбирають проби для визначення вмісту радіоактивних елементів в породах родовища, визначають сумарну питому активність радіонуклідів (СПАР) і за результатами проведених робіт складають звіт про радіаційно-гігієнічну оцінку, який затверджується спільним протоколом виконавця та замовника робіт [17].

З гігієнічної точки зору, своєчасно проведений радіаційний контроль та усунення чи зниження до нормативного рівня іонізуючого випромінювання збереже не тільки здоров'я, а й високу працездатність, так як знаходження тривалий час у приміщеннях з підвищеним радіаційним фоном чи рівнем радону в повітрі може привести до негативного впливу на стан здоров'я людей.

Державна установа проводить увесь комплекс радіологічних досліджень [28], а саме:

- виміри потужності експозиційної дози гамма-випромінювань на земельних ділянках під будівництво, зміні призначення та в ході експлуатації;

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- гамма-бета-спектрометричні дослідження питомої активності радіонуклідів в будь-яких будівельних матеріалах, сировині, відходах виробництва та технічній воді, що використовується у будівництві;

- визначення потужності поглиненої дози гамма-випромінювань у приміщеннях при введенні в експлуатацію об'єктів (споруджених, капітально відремонтованих, реконструйованих) та будь-яких приміщень в період експлуатації;

- визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радіоактивного газу радону-222 та його дочірніх продуктів розпаду у приміщеннях при введенні в експлуатацію об'єктів (споруджених, капітально відремонтованих, реконструйованих) та будь-яких приміщень в період експлуатації, в різні пори року та при різних умовах експлуатації;

- при необхідності – визначення поверхневого альфа- бета – активного забруднення;

- радіаційний контроль будь-яких полімерних та полімеровмісних матеріалів, виробів і конструкцій, що застосовуються у будівництві та виробництві меблів.

## **1.6 Оцінка радонобезпеки при виділенні радону з будівельних матеріалів**

До 1980 року в жодній країні світу не встановлювалися нормативи вмісту радону і його ДПР у приміщеннях. Лише в останні десятиліття, коли стало зрозуміло, що радонова проблема, а також питання нормування і зниження доз опромінення населення має важливе значення, було прийнято відповідні нормативи для існуючих і проєктованих будівель, рекомендовані Міжнародною комісією з радіологічного захисту (МКРЗ) (табл. 1) .В Україні при перевищенні наведених нормативів проведення контрзаходів для дитячих санаторно-курортних та оздоровчо-лікувальних закладів, а також громадських приміщень є обов'язковим. Для житлових приміщень протирадонні заходи проводяться в обов'язковому порядку за умови проживання в них дітей віком менше 14 років, а

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

в інших випадках – тільки за згодою власника житла. При цьому власнику житла повинна бути надана повна інформація про дози опромінення та ризики для здоров'я . Нормативи ЕРОА радону в повітрі житлових будинків наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

**Нормативи ЕРОА радону в повітрі житлових будинків, Бк/м<sup>3</sup>**

Країна	Для будинків		Примітки
	побудованих	що здаються у експлуатацію	
Швеція	100	100	Прийнято в 1984 р.
Фінляндія	400	100	Прийнято в 1986 р.
США	80	-	Прийнято в 1986 р.
Канада	400	-	Запропоновано в 1985р.
Німеччина	200	-	Запропоновано в 1986 р.
Великобританія	200	50	Запропоновано в 1987 р.
Росія	200	100	Прийнято в 1990 р.
Україна	100	50	Прийнято в 1991р.

Радон потрапляє в атмосферу приміщень шляхом:

- а) проникнення з надр Землі;
- б) виділення з будівельних матеріалів, використаних при спорудженні будинку (цегли, цементу, щебеню);
- в) привнесення з водопровідною водою, побутовим газом . Найбільше накопичення радону в приміщеннях відбувається внаслідок його виділення з ґрунтів та порід, на яких зведені будівлі.

Середній вміст урану-238 на материках близько 3 мкг/т. При цьому, результуюча активність тонни гірських порід становить приблизно 50 000 розпадів за секунду (50 000 Бк/т), що майже еквівалентно генерації 50 000 атомів радону.

У практиці геологічних досліджень частими є випадки, коли слаборадіоактивні породи у своїх порожнинах і тріщинах містять радон у кількостях, що є у сотні або тисячі разів більшими порівняно з високорадіоактивними гірськими породами. Спорудження будівель над такими ділянками спричиняє безперервне надходження потоку ґрунтового повітря з високою концентрацією радону і створює серйозну радіологічну небезпеку для людей, що перебувають у цих приміщеннях. Відомі випадки, коли у виробничих підвальних приміщеннях об'ємна концентрація радону досягала 8 000-10 000 Бк/м<sup>3</sup>, що перевищувало норму в 40-50 разів

Таким чином, джерелами надходження радону, безпосередньо пов'язаними із земними надрами, є:

- власне гірські породи. Радон надходить в будівлю за рахунок його високого геохімічного фону в породах (наприклад, сланцях, гранітах, сієнітах). Підвищений місцевий геохімічний фон може створити значні за площею радононосні ділянки, у межах яких концентрація радону може перевищувати нормативи у десятки разів (до 1000 Бк/м<sup>3</sup>);
- радононосні тектонічні зони, що характеризуються різко аномальними (у багато разів перевищуючи місцевий геохімічний фон) концентраціями радону, чітко вираженими лінійними розмірами (як правило, ширина таких зон дорівнює сотням метрів при довжині в декілька тисяч метрів). Концентрація радону в атмосфері будинків, що розташовуються над такими зонами, може досягати надзвичайно високих значень (десятки тисяч Бк/м<sup>3</sup>).

Процеси ексхаляції зумовлюють присутність радону в приміщеннях і за рахунок його виділення з будівельних матеріалів. Часто спостерігаються випадки, коли будинки, збудовані з порівняно слаборадіоактивних за гамма-випромінюванням матеріалів, є вкрай небезпечними за рахунок значного виділення радону та низького рівня вентиляції у приміщеннях. Класифікацію протирадонового захисту будівель наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## Класифікація протирадонового захисту будівель

Середнє значення ППР мБк/(м <sup>2</sup> ·с)	Клас необхідної протирадонового захисту (характеристика протирадонового захисту)
Менше 80	I протирадонового захист забезпечується за рахунок нормативної вентиляції приміщень
Від 80 до 200	II Помірна протирадонового захист
Більше 200	III Посилена протирадонового захист

Поряд з цим, цементи часто характеризуються підвищеним вмістом природного радіоактивного ізотопу калію-40, що у процесі розпаду генерує тільки гамма-випромінювання. У цьому разі, на фоні відносно високого рівня гамма-випромінювання, не буде спостерігатися підвищений рівень концентрації радону. Отже, контроль інтенсивності гаммавипромінювання будівельних матеріалів за допомогою гамма-радіометрів не гарантує якісного контролю за радоном для споруджуваних з цих матеріалів будівель. Небезпеку будівельних матеріалів за радоном необхідно контролювати безпосередньо за радоном.

Радон добре розчиняється у воді, тому він міститься у всіх природних водах, причому в глибинних підземних водах його вміст, як правило, більший ніж у поверхневих водостоках і водоймах. Наприклад, у підземних водах його концентрація може змінюватися від 4-5 Бк/л до 3-4 МБк/л, тобто в мільйон разів. У водах озер і рік концентрація радону, як правило, не перевищує 0,5 Бк/л, а у водах морів і океанів - 0,05 Бк/л.

Радон потрапляє з води у повітря за рахунок процесів ексхаляції-дегазації (з повітряних бульбашок, що містяться у воді). Найінтенсивніше цей процес відбувається при розбризкуванні, випаровуванні й кипінні води. У різних країнах накопичено значний обсяг інформації щодо вмісту радону в житлових і службових приміщеннях. Для більшості регіонів України основним джерелом надходження радону-222 в повітря житлових приміщень є підстилаючий ґрунт, що зумовлено його геохімічними особливостями. Понад третини території України розташовано на Українському кристалічному щиті, який

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



характеризується підвищеним вмістом трансуранидів. Екологічна безпека та природокористування нових елементів, продуктом розпаду яких є радон-222.

### 1.7. Висновки за літературним оглядом

1. В сучасних умовах України дуже важливим є оцінювання будівельних матеріалів за показниками екологічності. Використання вторинної сировини, такої як шлак, сприяє суттєвому підвищенню ефективності роботи підприємств хімічної промисловості і спрямована на охорону навколишнього середовища, є одним із шляхів хімізації виробництва будівельних матеріалів, зниження витрат, інтенсифікації технологічних процесів, розширення асортименту та підвищення якості будівельних виробів.

2. Так як, більше ніж 75% часу людина проводить у тих чи інших приміщеннях (вдома, на роботі, у навчальних закладах, магазинах, медичних закладах тощо), які побудовані з будівельних матеріалів з певним вмістом природних радіонуклідів які на протязі тривалого часу негативно впливають на мешканців будівель.

Своєчасно проведений радіаційний контроль та усунення чи зниження до нормативного рівня іонізуючого випромінювання збереже не тільки здоров'я, а й високу працездатність людини.

3. Радіаційний контроль виконують державні і приватні контрольні служби: лабораторії, відділи, лабораторні центри у складі державних і приватних організацій і підприємств, а також окремі лабораторії, лабораторні центри (комплекси), які мають статус державного або приватного підприємства і акредитовані Держстандартом або МОЗ України.

4. До основних радіаційних показників для екологічної оцінки будівельних матеріалів відноситься ефективна питома активність  $A_{ef}$ , використовувана для порівняльних оцінок радіоактивності будматеріалів. Згідно з якою всі досліджувані матеріали відносяться до певного класу радіаційної небезпеки будматеріалів і можуть використовуватися в будівництві без обмежень. В

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

5. Встановлено, що важливими показниками є радіаційно-екологічна характеристика матеріалів. Величина річної ефективної еквівалентної дози  $\gamma$ -опромінення  $D_{\text{пом}}$  і величина дози, отриманої за рахунок  $\gamma$ -випромінювання будматеріалів  $\Delta D_{\text{пр}}$  визначають активність шлаку.

6. При високих значеннях об'ємної активності радону в приміщенні повинні проводитися захисні заходи, спрямовані на зниження надходження радону в повітря приміщень і поліпшення вентиляції приміщень. Оскільки в більшості випадків вміст радону в повітрі приміщень значною мірою залежить від інтенсивності виходу радону з ґрунту під будівлею, а також стін будівлі (природного радіонукліда) - ефективним способом її зниження є герметизація поверхонь і підпільного простору і статі, аналізу будматеріалу на етапі проектування, а також пристрій пасивних систем захисту - бетонних бар'єрів і мембран.

7. Так як будівельна галузь є однією з найбільш розвинутих галузей промисловості України, вона потребує глибокого і детального контролю за показниками якості, безпеки та екологічності, при використанні будівельних матеріалів а також сировини та відходи яких використовуються для виготовлення будівельних матеріалів згідно розділу 8 «Норм радіаційної безпеки України» (НРБУ-97), та чинного законодавства України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання».

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## **Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1. Характеристика сировинних матеріалів і підготовка зразків**

В даному дослідженні радіаційних властивостей природньої сировини, використовували у якості вихідної сировини використовувалися природний сировинний матеріал: глина зелена Залютинського родовища, глина «Технік-1» Андріївського родовища Донецької області, глина Південної ділянки родовища «Червона Гора» Донецької області. Дані про хімічний склад сировини, що застосовується, наведені в таблицях 2.1

Глина зелена Залютинського родовища. На вигляд сировина має зеленувате забарвлення. За мінералогічним складом глина відноситься до гідрослюдисто-монтмориллонітової з домішками каолініту і хлориту.

Глина Андріївського родовища «Технік-1». У природньому стані сировина має світло-сірий колір. У мінералогічному складі містить: каолініт- 40 %, гідрослюду (ілліт) – 28 %, кварц – 22 %, інших мінералів – 10 %.

А для виготовлення безпечних будівельних матеріалів у якості вихідної сировини використовувалися обраний глинисту сировину та твердий техногенний матеріал, а саме – сталеплавильних шлаків – відходи виробництва сталі киснево-конвертерним (СШК).

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Для підготовки шихти висушені сировинні компоненти підсушували, подрібнювали і просіювали до повного проходження крізь сито № 1 і № 05 для глини і шлаку відповідно.

					<b>НУЦЗУ.СХ та ХТ</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Таблиця 2.1

## Хімічний склад сировини

Найменування сировини	Вміст компонентів, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п
Глина зелена Залютинського родовища	75	7,73	0,69	6,42	0,42	1,12	2,12	0,23	5,48
глина родовища «Червона Гора»	54,4	19	1,34	7,5	1,95	3,14	2,9	0,79	8,56
Андріївська глина «Техник-1»	65	27	1,5	2,0	0,5	0,6	2	0,4	8,3

					НУЦЗУ.СХ та ХТ	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Далі їх зважували і змішували у кількостях, які відповідають шихтовому складу. Маса захворювалися водою до вологості 10 %. Зразки виготовлялись методом напівсухого пресування у металевій формі у вигляді кубів. Сушіння зразків спочатку проводилось у звичайних умовах, а потім у сушильній шафі при максимальній температурі 110 °С. Для випалу використовувалась лабораторна муфельна піч. Максимальна температура випалу становила 1000 °С. Властивості сировини та зразків визначалися за методиками, наведеними нижче. Схема виробництва зразків наведена на рис. 2.1

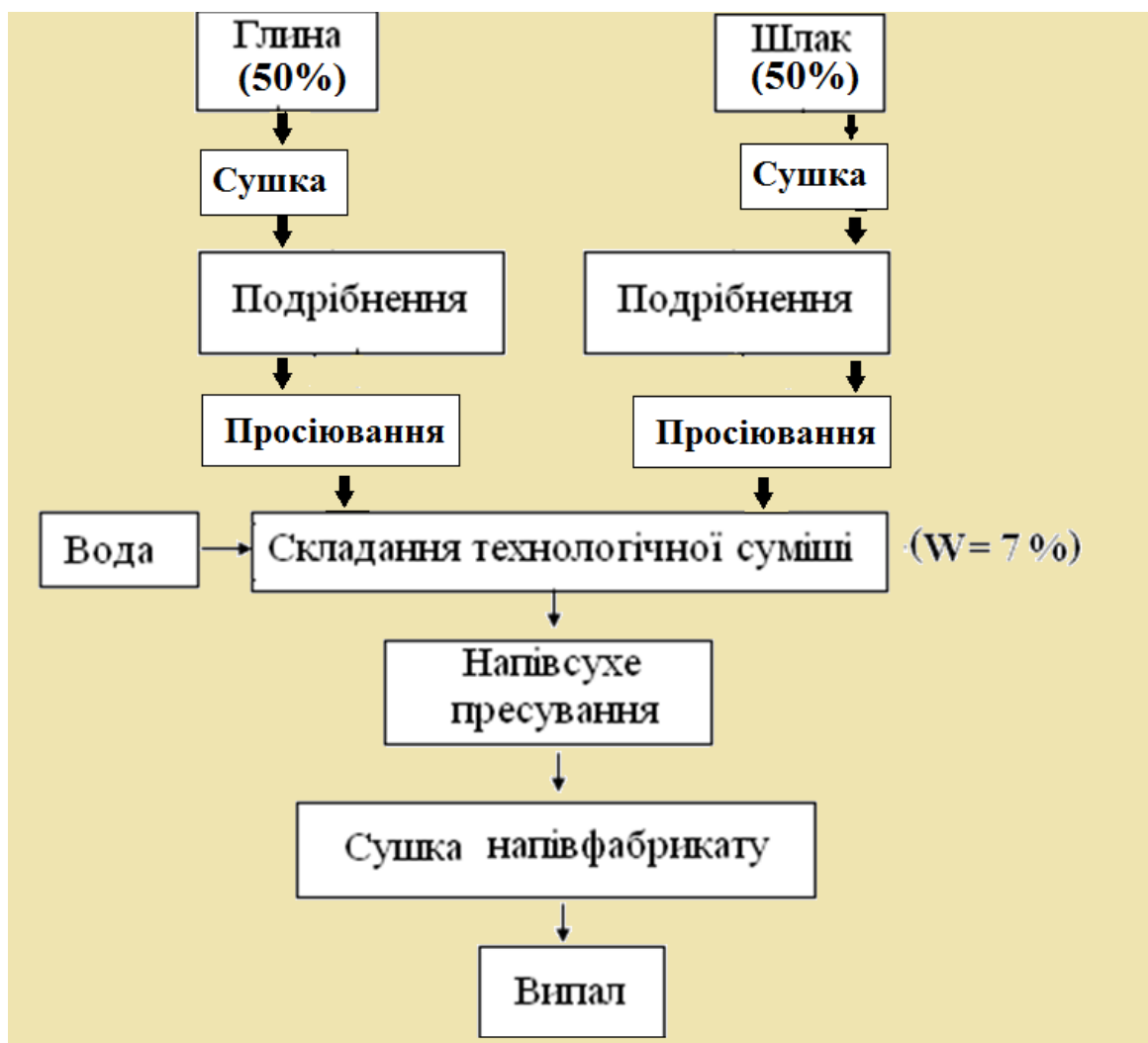


Рис. 2.1 Технологічна схема виготовлення керамічної цегли

## 2.2 Методики досліджень та апаратура

2.2.1 Гамма-спектрометричний аналіз проводився на сцинтиляційному гамма-спектрометрі СЕГ-001 "АКП-С" з діапазоном енергій гамма-випромінювання, що вимірюється, від 50 до 3000 кэВ. Спектрометр енергій гамма-випромінювання СЕГ-001 "АКП-С" призначений для визначення якісного та кількісного складу гамма-випромінюючих радіонуклідів у продуктах харчування, об'єктах навколишнього середовища, сільськогосподарської продукції, будівельних матеріалах, радіоактивних відходах [16].

Прилад складається з блоку детектування гамма-випромінювання у складі детектора (діаметром 63 мм) і багатоканального аналізатора імпульсів.

Пасивний низькофоновий захист детектора (свинець 5см). Персональний IBM-сумісний комп'ютер з принтером. Програмне забезпечення "AKWin". Набір вимірювальних судин. Даний прилад має низку особливостей, а саме: спектрометр дозволяє визначити широкий набір гамма-випромінюючих радіонуклідів; конструкція захисту зручна в експлуатації і транспортуванні; прилад може застосовуватися як для експертних вимірювань, так і для експрес-контролю на НЕ перевищення допустимих рівнів за дуже короткий час - хвилини і секунди.

Дослідна проба поміщалася у вимірювальну судину Марінеллі об'ємом 1 л, яка охоплює блок детектування з боків і з торцевої частини, чим досягається 4 $\pi$ -геометрія вимірювання. Час вимірювання активності природних радіонуклідів в середньому складав 2 години. Межа основної погрішності вимірювання активності, що допускається, для геометрії "Марінеллі" (при довірчій вірогідності  $P=0,95$ ) не більше 25%. Для обробки результатів вимірювань використовувалось програмне забезпечення Akwin. Вид приладу наведено на рис 2.2

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



Рис. 2.2 Гамма-спектрометр СЕГ-001 "АКП-С"

Спеціалізоване програмне забезпечення, встановлене в ПК, призначене для управління режимами роботи спектрометра, відображення накопиченої інформації, обчислення активності та похибки вимірювання гамма-випромінюючих радіонуклідів в геометріях вимірювання, ведення електронного журналу результатів вимірювань. У ході вимірювань здійснюється попередній аналіз радіонуклідного складу проби. Обчислення активності здійснюється за результатами ідентифікації присутніх в контрольованій пробі радіонуклідів [16, 22].

2.3.2 Визначення водопоглинання зразків проводили у відповідності до ГОСТ 27180-86 [23]. Водопоглинання – це здатність матеріалу або виробу вбирати і утримувати в порах і капілярах воду. Масове водопоглинання чисельно виражається у відсотках як відношення маси води, поглиненої зразком при повному насиченні, до маси сухого зразка. Об'ємне водопоглинання виражається у відсотках як відношення обсягу поглиненої зразком води до його об'єму у водонасиченому стоянні. Як правило, водопоглинання погіршує властивості матеріалу, збільшує теплопровідність і середню щільність, зменшує міцність.

Водопоглинання зразків визначалося методом насичення керамічного матеріалу у воді. Методика визначення водопоглинання в основному зводиться до

					<p>НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05</p>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



наступного. Зразки у кількості трьох штук висушували до постійної ваги зважували з точністю до 0,01 г, після чого зразки заливали водою і давали змогу насичуватися протягом двох діб. Після чого зразки знову зважували.

Вимірювання водопоглинання кип'ятінням проводили наступним чином. Зразки розташовували у посудині та заливали водою вище рівня зразків. Воду в посудні доводили до слабкого кип'ятіння та кип'ятили протягом 3 год. У процесі кип'ятіння воду доливали по мірі її википання до вихідного рівня (зразки мають бути постійно вкриті водою). Потім зразки залишали у воді на 24 години, після чого їх обтирали вологою губкою та зважували. Водопоглинання розраховували за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \% \quad (2.1)$$

де  $W$  – водопоглинання зразка, %;

$m_1$  – маса зразка при кип'ятінні, г;

$m$  – маса висушеного зразка, г.

2.3.3 Дослідження на морозостійкість цегли проводять у відповідності з ГОСТ 7025-91 [24]. Морозостійкість – це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багатократне поперемінне заморожування і відтавання без видимих ознак руйнування і без значного пониження міцності. Основна причина руйнування матеріалу під дією низьких температур - розширення води, що заповнює пори матеріалу, при замерзанні. Морозостійкість залежить головним чином від структури матеріалу: чим вище відносний обсяг пір, доступних для проникнення води, тим нижче морозостійкість. У відповідності з вимогами цього стандарту для проведення досліджень необхідна камера морозильна з примусовою вентиляцією та автоматично регулюємою температурою від мінус 15 °С до мінус 20 °С. Крім того, об'єм зразків, які завантажують в камеру, не повинен перевищувати 50 % її корисного об'єму.

У відповідності з вимогами ГОСТ 7025-91 перед дослідженням цегли на морозостійкість її необхідно повністю наситити водою. При заморожуванні такої цегли при температурі мінус 15-20 °С частина води замерзає у порах з утворенням

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

льоду. Так як можна рахувати, що черепок повністю насичений водою, в структурі черепку виникає внутрішній тиск, який зв'язаний з переходом води з рідкого стану в твердий із збільшенням об'єму приблизно на 9 %, що призводить до поступового руйнування зразку. Якщо керамічний черепок недонасичений водою й маються вільні пори, то вони можуть виконувати роль компенсаторів і тим самим знижати внутрішній тиск у виробі.

Також морозостійкість можна оцінювати за коефіцієнтом структурності  $K_{стр}$  [26]. Цей коефіцієнт являється величиною, згідно якої можна орієнтовно судити про морозостійкість керамічних матеріалів. Його значення визначається по відношенню водопоглинання насиченням до водопоглинання кип'ятінням керамічних матеріалів. Прийнято вважати морозостійкими ті матеріали, коефіцієнт насичення яких більше 0,85.

2.3.4 Для характеристики марочності цегли визначалася межа міцності на стиск випалених зразків. Зразки для цього виду досліджень мали форму кубів. Руйнуюче навантаження пресу при стиску ( $\text{кг}/\text{см}^2$ ) визначали за наступною формулою:

$$R_{сж} = \frac{P}{S} \cdot 100 \quad (2.3)$$

де  $P$  – навантаження, визначене при випробуванні зразка, кН;

$S$  – площа перетину зразка,  $\text{см}^2$ .

Після випробувань розраховували середнє арифметичне значення межі міцності на стиск трьох дослідних зразків. Дослідні зразки за своїми характеристиками відповідають вимогам стандарту для цегли [25].

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## Розділ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Вибір напрямку досліджень

Геологічні умови розташування України і характер її основних галузей промисловості обумовили те, що середньорічна ефективна еквівалентна доза опромінення населення за рахунок джерел природного походження складає 6 мЗв/рік-1.

При цьому домінуючий внесок природних радіонуклідів (ПРН) будівельного виробництва у величину створюваного дозового навантаження (до 80%) пояснюється як високою радіотоксичністю радіонуклідів, так і тим, що людина в приміщеннях житлових та виробничих будинків проводить до 80% часу. За даними Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ) внесок внутрішньої складової в сумарну ефективну еквівалентну дозу складає 65-76%, а зовнішньої - 24-35%.

Одним із складових сировинних матеріалів, які використовуються при виготовленні будівельної цегли, є глинисті породи, що містять природні радіонукліди калію-40, радію-226, торію-232 в вигляді самостійних мінералів, аморфних домішок або розсіяних частинок. Ставлячись до материнськими радіонуклідам, вони розпадаються на ізотопи, що дають небезпечне для людини альфа- і бета-опромінення. Залежно від складу і походження мінеральної сировини, концентрація нуклідів в використовуваному сировину варіює в широких межах.

Відомо, що глини містять велику кількість урану, торію, калію і їх радіонуклідів-лидов, особливо високий вміст калію - до 6,5%, який знаходиться в ній як в мінеральній, так в сорбованій формі. Це пояснюється підвищеною здатністю глиняних порід поглинати катіони радіоактивних елементів, і перебувати тривалий час у вигляді колоїд-них фракцій, схильних акумулювати і накопичувати радіонукліди. Згідно з дослідженнями, проведеними Силантьєвим в 1999 році, зміст природних ізотопів в глинах істотно відрізняється: глибоководні глинисті опади відрізняються більш високим вмістом радіоактивних-них

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

елементів, ніж глинисті сланці, що видобуваються на континенті; стародавні глини володіють підвищеною концентрацією небезпечних радіонуклідів - торію-232 і радію-226; глинисті породи Курської і Ульяновської областей мають в своєму складі нукліди торію, радію і калію в кількості, що значно перевищує середній рівень [16]

Відомо, що в процесі термічного випалу радіоактивність глини істотно підвищується через збільшення концентрації радіоактивних ізотопів. Пояснюється це тим, що в процесі термічного спікання вона втрачає бульбашки повітря, набуваючи щільнішої і міцну структуру. Тому концентрація радіонуклідів в готових будівельних виробках, в порівнянні з вихідною сировиною, підвищується, іноді в кілька разів. Але особливо небезпечна будівельна цегла, оскільки людина в приміщеннях житлових та виробничих будинків проводить до 80% часу, а це дає великий внесок у сумарну дозу опромінення людини, ніж штучні джерела радіонуклідів.

Екологічна безпека будівельної продукції, виготовленої з використанням глини, визначається вмістом в них природних радіонуклідів, що характеризується величиною ефективної питомої активності  $A_{\text{ef}}$ . Згідно Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) величина  $A_{\text{ef}}$  для шлаку повинна бути нижчою або дорівнювати  $370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ , та належити до 1 класу радіаційної безпеки [ 23].

З метою дослідження радіоактивності сировинних матеріалів східних та центральних регіонів України, що можуть бути використовані при виготовленні будівельних матеріалів, є проведення досліджень в таких напрямках:

- експериментально дослідити радіаційні властивості природньої глинистої сировини України;
- зробити оцінку екологічної безпеки дослідних матеріалів та визначати клас радіаційної безпеки згідно Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) ;
- надати рекомендації щодо можливості подальшого використання природньої сировини в будівельній галузі;
- опрацювання технології виробництва безпечних будівельних матеріалів з використанням обраної безпечної сировини;

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- дослідження основних експлуатаційних властивостей розроблених екологічнобезпечних будівельних матеріалів;
- оцінка безпечності розроблених радіаційно-безпечних будівельних матеріалів.

### 3.2. Дослідження властивостей глинистої сировини

Основними джерелами опромінення людини є природні радіонукліди (ЕР) навколишнього середовища. До цих джерел, в першу чергу, належать будівельні матеріали, радіоактивність яких є головною складовою технологічно зміненого фону.

Доза  $\gamma$ -випромінювання в приміщенні визначається в основному ефективною питомою активністю ЕР у використовуваних будівельних матеріалах. А питома активність, у свою чергу, залежить від виду матеріалу; сировини, що використовується для його виробництва; типу родовища і інших причин. Важливою причиною останнім часом стало застосування в будівельній галузі різних відходів виробництва. Висока питома активність характерна для зол, шлаків, фосфогіпсу, червоного шламу та інших відходів. Результатом є підвищення дози  $\gamma$ -опромінення людей, що знаходяться в кам'яних будівлях.

Деякі мінерали (глини, глинисті сланці) мають здатність адсорбувати з оточуючого середовища радіоактивні елементи та ізотопи, що підвищує їх радіоактивність. Тому однією з важливих властивостей глини - це радіоактивність. Радій - головний радіоактивний елемент, що міститься в глині.

Як згадано вище, глинисті матеріали містять велику кількість природних радіонуклідів, а саме: урану, торію, калію і особливо високий вміст калію - до 6,5%. Причиною є підвищення здатність глиняних порід поглинати катіони радіоактивних елементів, і перебувати тривалий час у вигляді колоїдних фракцій, схильних акумулювати і накопичувати радіонукліди.

Нами досліджувались наступні природні матеріали: глина зелена Залютинського родовища, глина "Технік-1" Андріївського родовища Донецької

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

області та глина Південної ділянки родовища «Червона Гора» Донецької області. Дані про хімічний склад сировини, що застосовується, наведені в таблицях 2.1. Зовнішній вигляд наведено на рис. 3.1



глина зелена  
Залютинського  
родовища



глина «Технік-1»  
Андріївського  
родовища Донецької  
області



глина Південної ділянки  
родовища «Червона Гора»  
Донецької області

Рис. 3.1 Зовнішній вигляд досліджувальної глинистої сировини

Вимірювання активності ПРН зразків глини виконані за допомогою гамма-спектрометричного аналізу, проведеного на сцинтиляційному гамма-спектрометрі СЕГ-001 «АКП-С», методика виконання аналізу приведена в розділі 2. Визначено питомі активності природних радіонуклідів ( $C_i$ ) і  $C_{\text{еф}}$  різних видів глин  $C_{\text{еф}}$  розраховувалися за рівнянням [4] :

$$C_{\text{еф.}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}, \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1} \quad (3.1)$$

Експериментальна дані за питомими активностями ПРН дослідних матеріалів і величиною  $C_{\text{еф}}$  представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Результати гамма-спектрометричного аналізу і показники радіаційної небезпеки**

№	Вид глини	$C_{\text{еф.}}$ , Бк/кг	$C_i$ , Бк/кг (вклад, %)			$R_{\text{еф}}$ , Бк/кг
			$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	глина зелена	365	1120 (83,6)	160 (11,9)	59,9 (4,5)	374,9
2	«Червона гора»	278	934 (89,6)	40,6 (3,5)	101,2 (6,9)	175,2
3	техник-1	373	1150 (84,4)	108 (7,9)	104 (7,6)	347

Гамма-спектрометричним методом у складі дослідних матеріалів були виявлені ПРН  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ( $\alpha$ ,  $\gamma$ -випромінювачі) і  $^{40}\text{K}$  ( $\beta$ ,  $\gamma$ -випромінювач). Основний внесок у сумарну активність глин (понад 83%) вносить ізотоп  $^{40}\text{K}$ . Особливо високою радіоактивністю володіють шлаки, що містять, Бк/кг:  $^{40}\text{K}$  - 1120;  $^{226}\text{Ra}$  – 59,9;  $^{232}\text{Th}$  - 160.

Активність радію-226 для всіх зразків вища 95 Бк/кг, окрім глини зеленої. Аналогічна ситуація для  $^{232}\text{Th}$  - зразки характеризується достатньо високою активністю по даному радіонукліду, виняток складає глина «Червона гора - близько 40 Бк/кг. Розрахунки питомої радіоактивності наведені на рис. 3.2

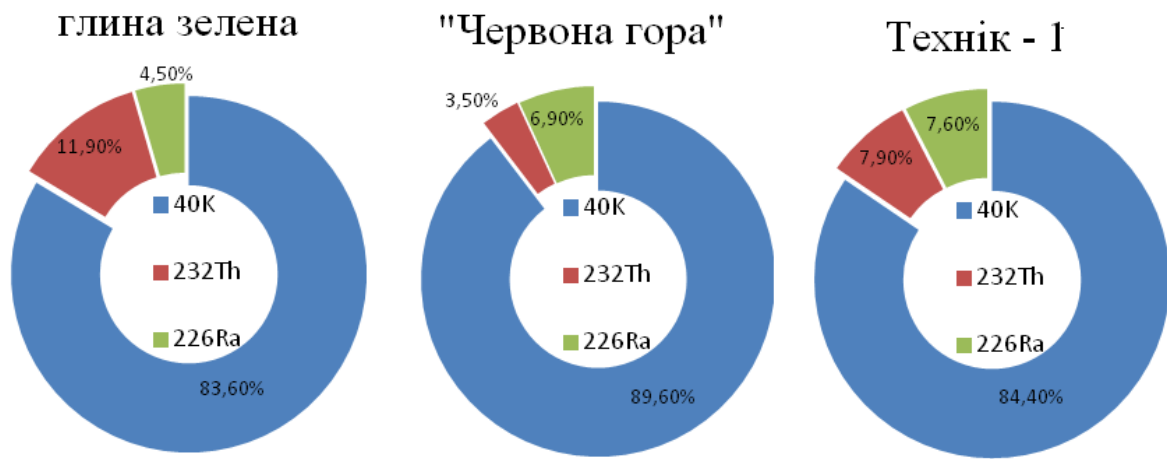
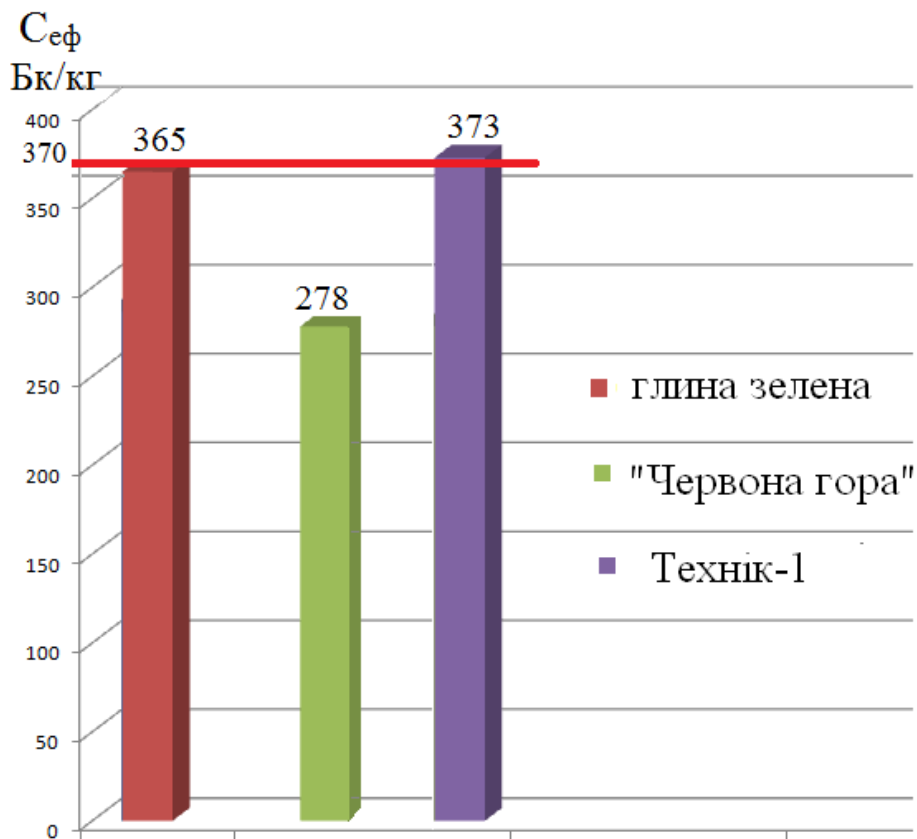


Рис. 3.2. Гамма-спектрометричні дослідження природньої сировини

Згідно з величиною  $C_{\text{еф}}$  всі дослідженні зразки, окрім «Червона гора» перевищують необхідний рівень. Тільки глина «Червона гора» відносяться до I класу радіаційної небезпеки будматеріалів, тому вона використовуваніх в будівництві без обмеження ( $C_{\text{еф}} \leq 370$  Бк/кг). Результати досліджень наведені на рис.3.3.





### Рис. 3.3. Питома радіоактивність глинистих матеріалів

Отже, за допомогою радіаційних досліджень було визнано, що гамма-випромінювання глини зеленої та «Технік-1» перевищує рекомендовані межі. Тому в подальших дослідженнях для розробки безпечних будівельних матеріалів використовували глину «Червона гора».

### 3.3. Застосування дослідної природної сировини для виготовлення безпечних будівельних матеріалів

#### 3.3.1. Отримання будівельних матеріалів зі застосуванням дослідних матеріалів

Попит на цеглу завжди високий - цей матеріал використовується в будівництві приватних і багатоквартирних будинків, комерційних, промислових і інших об'єктів. Матеріал пластичний і добре поєднується з іншими, тому її широко використовують в різних видах робіт. Глина тримає тепло, не пропускає всередину приміщення вологість і вважається повністю гіпоалергенною. Її можна використовувати в будь-яких типах приміщень незалежно від основного будівельного матеріалу.

Дослідження властивостей глини і різних шлаків [21] показали, що вони можуть бути використані в технології напівсухого пресування мас.

Дослідженнями [21] встановлено, що можливо отримання виробів фасадного призначення, в масах яких вводили 50 % різних шлаків чорної металургії. В якості пластичного компонента шихт використовувалися тугоплавкі глинисті породи помірної пластичності (глина і аргіліт) з високим вмістом  $Fe_2O_3$ , за своїм хімічним складом придатні для виготовлення керамічної цегли і черепиці. Тому подальші дослідження проводились з урахуванням цих досліджень.

Пластичні матеріали і шлаки подрібнювали до проходження крізь сита № 05 і № 01 відповідно. Зразки отримували напівсухим пресуванням порошку (вологість 10 %) при тиску пресування 10 МПа. Після випалу зразків при

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

температурі 1000 °С вивчалися показники їх водопоглинання і межі міцності при стиску.

Так як радіаційні властивості шлаку СШМ та зразки глини 2 перевищують рекомендовані межі і це може призвести до опромінення ефективною дозою більшою 1000 мкЗв/рік, то розробка безпечних будматеріалів виконується тільки з застосуванням шлаку СШК та глини 1

### 3.3.2. Дослідження властивостей отриманих матеріалів

Для отриманих матеріалів визначали водопоглинання насиченням  $W_n$  і кип'ятінням  $W_k$  (%); межу міцності при стиску  $\sigma_{ст}$  (МПа); коефіцієнт структурності  $K_{стр}$ . Середні арифметичні значення властивостей наведені в табл. 3.3. (температура випалу 1000 °С).

Таблиця 3.3

#### Властивості зразків отриманих при температурі випалу 1000 °С

Серія зразків	Середні значення властивостей зразків					
	$\rho, \text{г/см}^3$	$W_n, \%$	$W_k, \%$	$P_o, \%$	$K_{стр}$	$\sigma_{ст}, \text{МПа}$
50 мас. % глини + 50 мас. % шлаку	1,99	12,5	14,11	31,2	0,89	17,84

Аномальне зменшення густини шлаку СШК при збільшенні температури випалу, може бути пояснене особливостями спікання матеріалу і інтенсивним перебігом процесів дегазації, що може призводити до збільшення дрібних пор. Це явище проявляється і для показників водопоглинання, високотемпературні показники яких вищі. Загалом же, зі збільшенням температури значення водопоглинання покращуються для всіх матеріалів.

Значення показників водопоглинання кип'ятінням, як того і вимагають фізико-хімічні процеси, вищі від показників насиченням. Тобто, за умов

підвищення температури в'язкість води зменшується і вона стає здатною проникати і заповнювати набагато менші пори. Винятком стали показники для шлаків СШК при 1000 °С. Для шлаку СШК це пояснюється його незначним розсипанням у воді, оскільки повноцінного спікання ще не відбулося.

За значеннями коефіцієнта структурності можна припустити що всі керамічні матеріали, одержані при температурі 1000 °С, мають бути морозостійкими і придатними до роботи у кліматичних широтах з низькими температурами.

При великій кількості пор і їх значній величині може спостерігатись наступне: перетворюючись на льод, вода, за низьких температур, збільшується в об'ємі і починає тиснути на внутрішні стінки пор матеріалу, що може призвести до його руйнації. Проте, якщо пори значні за розмірами, то вони являються резервними (безпечними) і льод в таких порах має ніби запас ходу (люфт), не створюючи небезпеки. Згідно однієї з теорій, яку викладено у роботі [14], безпечні для керамічних виробів або крупні пори (200 мкм і більше), або пори дуже дрібного діаметру – до 0,25 мкм (в них вода не здатна проникнути взагалі). Тому можна припустити, що в отриманих зразках, в яких  $K_{стр}$  менше 0,85, можуть утворюватися саме небезпечні пори, які враховуються при розрахунку даного коефіцієнту. Отже, максимальне підвищення температури може бути небажаним.

Аналізуючи межу міцності при стиску встановлено, що за цю характеристику у зразках з комбінацій матеріалів відповідає глина. Очевидно, що додавання шлаків до глини лише зменшувало їх міцність. Лише порівняно кращі значення мали зразки на основі комбінацій глини із шлаками СШК

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що максимальне додавання шлаків загалом погіршує всі дослідні характеристики глини. Так, зі збільшенням їх кількості показники властивостей зменшуються

Більш повна інформація, яку можна отримати при статистичній обробці, надасть змогу оцінити вплив кожного із факторів і встановити оптимальні межі кожного з них у всьому факторному просторі. При цьому слід враховувати такі важливі експлуатаційні показники керамічних матеріалів, як водопоглинання,

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

межа міцності при стиску і коефіцієнт структурності, як непрямую величину оцінки морозостійкості. Аналізуючи експериментальні дані можна зробити висновки, що при використанні дослідних шлаків можна отримувати керамічні матеріали, властивості яких відповідають цеглі як рядового, так і фасадного призначення у достатньо широкій області.

Проте, з урахуванням необхідних вимог по енерго- та ресурсозбереженню, слід обирати найбільш оптимальні склади, в яких можна отримувати вироби з високими експлуатаційними характеристиками при максимально можливій утилізації шлаку і мінімальних температурах випалу. В даній роботі ми орієнтувалися на отримання морозостійкої ( $K_{стр} \geq 0,85$ ) фасадної цегли з такими експлуатаційними показниками: марочність не менше М 200, водопоглинання не вище 12 %, та рядової цегли з марочністю не менше М 100 і водопоглинанням не вище 16 %

З експериментальних даних для серії СШК виходить, що у комбінаціях глини з доменним гранульованим шлаком можна отримувати фасадну керамічну цеглу з марочністю М (200 – 250) в інтервалі температур (1000 – 1025) °С при кількості шлаку (35 – 40) %. Водопоглинання таких матеріалів знаходиться в межах (10 – 12) %, а  $K_{стр} \geq 0,85$ . При цьому рядову цеглу можна отримувати у досить широкому дослідному факторному просторі, який обмежений кількістю шлаку (10 – 35) % і температурами (1070 – 1100) °С.

Слід відзначити, що фактор температури в отриманих залежностях по  $\sigma_{ст}$  і  $W$ , % для СШК менш значимий. Тому підвищення температури не буде суттєво покращувати ці властивості керамічних виробів.

За зовнішнім виглядом зразків можна сказати, що з чистих шлаків серій СШК керамічні матеріали мали світлі тона. Сама глина є червоно-коричневою, оскільки має у складі оксиди заліза. Додавання у маси 50 % шлаку наближує колір зразків до кольору чистих шлаків.

Узагальнюючи експериментальні дані в роботі ми звузились до конкретних складів керамічних мас, які представлені в табл. 3.4.

Таким чином, обрано склади мас, з яких можна отримати вироби, які

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

відповідають заданим вимогам для фасадних і рядових виробів. Очевидно, що найбільша утилізація при найкращих показниках властивостей будуть спостерігатися для фасадної цегли, отриманої на основі шлаків СШК. Матеріали на основі цих шлаків також відповідають вимогам енергозбереження – температура випалу 1000 °С.

Таблиця 3.4

**Технологічні параметри отримання керамічної цегли та їх експлуатаційні властивості**

Тип цегли	Експлуатаційні властивості		
	Марочність, М	Водопоглинання, %	К <sub>стр</sub>
Фасадна	250	11	0,9

Найбільш перспективними в технології рядової цегли є також шлак СШК. При цьому слід відзначити шлак СШК, за умови використання якого марочність цегли може сягати М 150 при максимальному їх вмісті. За необхідності отримання виробів більшої марочності і меншого водопоглинання варто зменшувати кількість шлаку у масах та/або підвищувати температуру випалу.

В цілому використання всіх розглянутих шлаків чорної металургії в технології будівельної кераміки являється перспективним. Їх утилізація дозволяє не тільки економити якісні природні матеріали, але і отримувати вироби з високими експлуатаційними характеристиками при дотриманні умов енерго- та ресурсозбереження.

**3.4. Радіаційно-екологічна оцінка безпеки розроблених будівельних матеріалів**

Найважливішими компонентами природного опромінення людини є, по-перше, опромінення в приміщенні від будівельних матеріалів, виготовлених з

природної сировини, що містить в своєму складі природні радіонукліди (ПР)  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  [1, 2]; по-друге, радіоактивний газ радон, що утворюється при розпаді  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{232}\text{Th}$  і надходить у повітря приміщень зі стін і ґрунту під будівлею. Сумарно ці джерела вносять до 70% в загальну дозу опромінення населення [2]. Так як багато відходи виробництва концентрують природні радіонукліди, можуть зрости дози опромінення людей, що знаходяться в кам'яних приміщеннях.

Проведено дослідження радіаційних властивостей зразків будівельних матеріалів, результати яких наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

### Результати гамма-спектрометричного аналізу матеріалів

№	Матеріал	Сума питомих активностей, Бк·кг <sup>-1</sup>	Сеф <sup>(1)</sup> / Сеф <sup>(2)</sup> , Бк·кг <sup>-1</sup>
1	Глина	359	98,3
2	Вода	3,25	3,25
3	Шлак	159	167,1
4	Висушена цегла	53,7	11,3
5	Цегла після випалу	632	153

Всі досліджувані матеріали, для їх подальшого використання повинні відноситися до I класу радіаційної небезпеки будматеріалів, використовуваних в будівництві без обмежень. Для цього виконується наступні розрахунки відповідних показників радіаційної безпеки.

1. Величину річної ефективної еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання в кам'яному приміщенні  $D_{\text{пом}}$  розраховували за формулою (3.2):

$$D_{\text{пом.}} = 4,74 \bar{C}_{\text{эф.}}, \text{ мкЗв год}^{-1}, \quad (3.2)$$

Для цього розраховуємо  $\bar{C}_{\text{эф.}}$  з урахуванням масових вкладів його складових шлаку та глини та формулою (3.3):

$$\bar{C}_{\text{эф.}} = \frac{\sum (C_{\text{эф.}})_i \cdot m_i}{\sum m_i}, \text{ Бк·кг}^{-1}. \quad (3.3)$$

Де,  $m_i$  – масова доля компонента;

$$\bar{C}_{\text{эф.}} = \frac{98,3 \cdot 0,25 + 3,25 \cdot 0,5 + 167,1 \cdot 0,25}{1} = 68 \text{ Бк/кг};$$

Тоді  $D_{\text{пом}} = 4,74 \cdot 68 = 322,2 \text{ мкЗв/год};$

Величину дози, отриманої за рахунок  $\gamma$ -випромінювання природних радіонуклідів будматеріалів,  $\Delta D_{\text{ПР}}$  по різниці за формулою (3.4):

$$\Delta D_{\text{ПР}} = D_{\text{пом}} - 305, \text{ мкЗв/год} \quad (3.4)$$

$$\Delta D_{\text{ПР}} = 322 - 305 = 17,2 \text{ мкЗв/год}$$

Доза гамма-випромінювання для цегельних приміщень наближається до середньої еквівалентній дозі  $\gamma$ -випромінювання будівельних матеріалів в розвинених країнах (350 мкЗв/год) [3].

2. Середню річну легеневу дозу опромінення людини за рахунок радону ( $D_{\text{ЛЕГ}}$ ) для невентильованої приміщення розраховували за формулою 3.5 :

$$D_{\text{ЛЕГ}} = 5 \cdot 10^4 \cdot C_{\text{Rn}} = 1351,35 \cdot C_{\text{Rnmax}}, \text{ мкЗв/год} \quad (3.5)$$

Для цього розраховуємо максимальну концентрацію  $^{222}\text{Rn}$  в порах зразків матеріалів  $C_{\text{Rnmax}}$  за формулою 3.6:

$$C_{\text{Rnmax}} = \frac{C_{\text{Ra}} \cdot \rho \cdot \eta}{P}, \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}, \quad (3.6)$$

Де,  $\rho$  – густина матеріалу 0,00199 кг/м<sup>3</sup>

$\eta$  – коефіцієнт еманування для цегли 3,5

$P$  – пористість матеріалу 31,2 %

$$C_{\text{Rnmax}} = \frac{44 \cdot 0,00199 \cdot 3,5}{0,312} = 0,98 \text{ Бк/м}^3$$

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Звідси можемо розрахувати концентрацію радону в повітрі приміщення  $C_{Rn}$ , яка становить  $C_{Rn} = 0,01 C_{Rnmax}$  :

$$C_{Rn} = 0,01 * 0,98 = 0,0098 \text{ Бк/м}^3$$

Величина  $C_{Rnmax}$  визначає значення об'ємної активності радону в повітрі приміщень  $C_{Rn}$ . Остання, в свою чергу, залежить від швидкості повітрообміну. Концентрація радону в повітрі приміщення  $C_{Rn}$  становить  $0,01.C_{Rnmax}$ , що пов'язано зі склом-ефектом і присутністю відходів в будматеріалах, головним чином, у вигляді добавок. Причиною є зміна здатності матеріалу до емануванню радону при термічній обробці матеріалу. Сплавлення частинок і закупорювання пор призводить до зниження коефіцієнта еманування з 3,5% для висушеної цегли проти 0,4 % для обпаленої. Незначне підвищення пористості не може компенсувати даний ефект. Якщо пор і стає більше, то вони в основному замкнуті, що перешкоджає виходу радону, це підтверджують експериментальні дані по визначенню об'ємної активності радону. Виходячи з них, рівноважна концентрація радону в повітрі, що контактує зі будматеріалом, дорівнює 17 Бк/м<sup>3</sup> для обох зразків цегли. Це значення нижче гранично допустимої концентрації по радону 100 Бк/м<sup>3</sup>.

Розраховуємо середню річну легеневу дозу опромінення людини за рахунок радону ( $D_{ЛЕГ}$ ) :

$$D_{ЛЕГ} = 1351,35 * 0,0098 = 13,24 \text{ , мкЗв/год}$$

Досліджені матеріали можуть бути рекомендовані як наповнювачі в будівельні матеріали, які використовуються для спорудження житлових будинків, тому що не перевищено середнє значення  $D_{ЛЕГ}$  по СНД (50 мкЗв/год [8]) для приміщень з звичайним повітрообміном.

### 3.5. Висновки за експериментальною частиною

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



1. У зв'язку з тим, що глини містять велику кількість урану, торію, калію і їх радіонуклідів, що пояснюється підвищеною здатністю глиняних порід поглинати катіони радіоактивних елементів, і перебувати тривалий час у вигляді колоїдних фракцій, екологічна безпека будівельної продукції є актуальною проблемою. Саме тому були досліджені радіаційні властивості природних глинистих матеріалів, так як вони мають здатність адсорбувати з оточуючого середовища радіоактивні елементи та ізотопи, що підвищує їх радіоактивність.

2. За допомогою гамма-спектрометричного аналізу було проведено вимірювання активності ПРН зразків глин різних родовищ та визначено питомі активності природних радіонуклідів ( $C_i$ ) і  $C_{\text{еф}}$ .

3. Аналіз експериментальних даних показав, що активність радію-226 для всіх зразків нижче 95 Бк/кг. Аналогічна ситуація для  $^{232}\text{Th}$  - більшість зразків характеризується активністю по даному радіонукліду.

4. Згідно з величиною питомою активності природних радіонуклідів ( $C_{\text{еф}}$ ) досліджені та визнані зразки, що відносяться до I класу радіаційної небезпеки будматеріалів та використовуються в будівництві без обмеження ( $C_{\text{еф}} \leq 370$  Бк/кг).

5. З експериментальних даних виходить, що у комбінаціях глини зі стелеплавильним шлаком можна отримувати фасадну керамічну цеглу з марочністю М (200 – 250) при температурі 1000 °С при кількості шлаку (35 – 40) %. Водопоглинання таких матеріалів знаходиться в межах (10 – 12) %, а  $K_{\text{стр}} \geq 0,85$ . Дані властивості відповідають цеглі фасадного призначення у достатньо широкій області.

6. Розрахунок радіаційно-екологічних характеристик цегли та показники радоновиділення задовольняють радіаційним нормам СНД.

7. Аналізуючи експериментальні дані можна зробити висновки, що при використанні дослідних шлаків можна отримувати радіаційно-безпечні будівельні матеріали, властивості яких відповідають параметрам екологічної та радіаційної безпеки.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Так як, більше ніж 75% часу людина проводить у тих чи інших приміщеннях, які побудовані з будівельних матеріалів з певним вмістом природних радіонуклідів, на протязі тривалого часу вони негативно впливають на мешканців будівель. Своєчасно проведений радіаційний контроль та усунення чи зниження до нормативного рівня іонізуючого випромінювання збереже не тільки здоров'я, а й високу працездатність людини.

3. За допомогою гамма-спектрометричного аналізу було проведено вмірювання активності ПРН зразків глин різних родовищ України та визначено питомі активності природних радіонуклідів (Ci) і  $C_{\text{еф}}$ . Згідно з величиною питомою активності природних радіонуклідів ( $C_{\text{еф}}$ ) досліджені зразки глини родовища «Червона гора» відносяться до I класу радіаційної небезпеки будматеріалів, використовуваних в будівництві без обмеження ( $C_{\text{еф}} \leq 370$  Бк/кг).

4. З експериментальних даних виходить, що у комбінаціях глини зі стелеплавильним шлаком можна отримувати фасадну керамічну цеглу з марочністю М (200 – 250) при температурі 1000 °С при кількості шлаку (35 – 40) %. Водопоглинання таких матеріалів знаходиться в межах (10 – 12) %, а  $K_{\text{стр}} \geq 0,85$ . Дані властивості відповідають цеглі фасадного призначення у достатньо широкій області.

5. Розрахунок радіаційно-екологічних характеристик цегли та показники радоновиділення задовольняють радіаційним нормам СНД.

6. Аналізуючи експериментальні дані можна зробити висновки, що при використанні природніх глинистих матеріалів можна отримувати радіаційно-

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

безпечні будівельні матеріали, властивості яких відповідають параметрам екологічної та радіаційної безпеки.

7. Робота проводилась з урахуванням вимог, які наведені в розділі “Охорона праці”.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз нормативно-правових документів, понять та визначень що регламентують дотримання вимог охорони праці

### 4.1.1 Значення охорони праці та її задачі

Охорона праці — це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що гарантують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Цілком безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Реальні виробничі умови характеризуються наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Завдання системи охорони праці звести до мінімуму ймовірність ураження чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням якомога більш комфортних умов при максимальній продуктивності праці, а також формування у працівників, у тому числі й ОВС, знань і навичок, які сприяють гарантуванню безпеки праці, охороні власного життя і здоров'я, життя і здоров'я підлеглих і людей, що перебувають поруч [25].

Охорона праці щільно пов'язана з економічною сферою. Створення безпечних і здорових умов праці сприяє підвищенню її продуктивності і зниженню собівартості продукції. Підвищення продуктивності відбувається за рахунок регулярного виходу на роботу, зниження стомлюваності працюючих протягом робочого часу, його раціонального використання. Собівартість робіт збільшується при збільшенні витрат на компенсацію втрат робочого часу у зв'язку з тимчасовою чи постійною непрацездатністю, санаторним і амбулаторним

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

лікуванням, на оплату інвалідності, а також при зниженні витрат на оплату пілг за роботу в несприятливих умовах.

Соціальне значення охорони праці проявляється у зростанні якості та продуктивності праці, збереженні трудових ресурсів і підвищенні соціально-економічних показників об'єкта. Зростання якості та продуктивності праці відбувається за рахунок підвищення фонду робочого часу, що настає в результаті скорочення внутрішніх змінних простоїв шляхом зниження кількості або ліквідації мікротравм, обумовлених несприятливими умовами праці, а також шляхом запобігання передчасному стомленню за рахунок оптимізації умов праці, режимів праці і відпочинку та інших заходів, які сприяють підвищенню ефективності використання робочого часу[26].

Збереження трудових ресурсів відбувається за рахунок покращення стану здоров'я і підвищення середньої тривалості життя в результаті покращення умов праці, що супроводжується високою трудовою активністю і підвищенням виробничого стажу. Знижується напруження в колективі, покращуються взаємовідносини між співробітниками. Підвищується професійний рівень за рахунок зростання кваліфікації та майстерності.

У цілому соціально-економічне значення охорони праці полягає у:

- реалізації конституційного права громадян на охорону власного життя і здоров'я в процесі трудової діяльності;
- регулюванні за участю відповідних державних органів відносин між власником підприємства, установи і організації та працівником з питань безпеки, гігієни праці й виробничого середовища;
- встановленні єдиного порядку організації охорони праці в Україні;
- наданні права працівникові відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або навколишнього середовища;
- зберіганні середнього заробітку за період простою не з вини працівника;
- переведенні працівника за його згодою на легшу роботу відповідно до медичного висновку і стану здоров'я;

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- обов'язковому соціальному страхуванні власником усіх працівників від нещасних випадків і професійних захворювань;
- виплаті сум на надання одноразової допомоги, що належать потерпілому працівникові за період його тимчасової непрацездатності;
- наданні працівникам пільг і компенсацій за важкі та шкідливі умови праці;
- забезпеченні працівників спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту, змиваючими та знешкоджуючими засобами;
- відшкодуванні власником моральної шкоди, заподіяної працівникові;
- забезпеченні комплексного розв'язання завдань охорони праці жінок, неповнолітніх та інвалідів [27].

#### 4.1.2 Небезпечні, шкідливі виробничі фактори при проведенні аналізу

У процесі життєдіяльності людина піддається впливу різних небезпек, під якими зазвичай розуміють явища, процеси, об'єкти, здатні в певних умовах наносити шкоду здоров'ю людини безпосередньо або опосередковано, тобто викликати різні небажані наслідки.

Людина піддається впливу небезпек і у своїй трудовій діяльності. Ця діяльність здійснюється в просторі, називається виробничим середовищем. В умовах виробництва на людину в здебільшого діють техногенні, тобто пов'язані з технікою, небезпеки, які прийнято називати небезпечними і шкідливими виробничими факторами.

Небезпечним виробничим фактором (НВФ) називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або іншого раптового різкого погіршення здоров'я. Травма - це пошкодження тканин організму і порушення його функцій зовнішнім впливом. Травма є наслідком нещасного випадку на виробництві, під яким розуміють випадок небезпечного впливу виробничого фактора на працюючого при виконанні ним трудових обов'язків або завдань керівника робіт.

Шкідливим виробничим фактором (ШВФ) називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

захворювання або зниження працездатності. Захворювання, які виникають під дією шкідливих виробничих факторів, називаються професійними.[28]

У якості основного спецодягу були застосовані халати, шапочки, плівковий одяг (нарукавники, фартух), виготовлений з поліхлорвінілу. Для захисту очей від альфа - і бета-випромінювань користувались стеклами звичайних окулярів;

Небезпечні та шкідливі фактори (ГОСТ 12.0.003-74\*), які виникають під час проведення експериментальних досліджень, приведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників і їх джерела**

Небезпечний, шкідливий виробничий фактор ГОСТ 12.0.003-74*[29]	Нормативно-технічний документ, що регламентує вимоги безпеки	Джерело виникнення	Характер дії фактору на організм
1	2	3	4
Висока електрична напруга (220 В, 380 В)	ПУЭ-87 [30]	Кульовий млин, муфельна піч, сушильна шафа	Електричний струм, що проходить крізь організм людини спричиняє: термічну, електролітичну, біологічну та механічну дію. Можливі два види ураження: електрична травма та електричний удар.
Запиленість, шихта	ГОСТ 12.1.005-88[31] ГОСТ 12.1.007-76 [32]	Завантаження та вивантаження кульового млина	Пил, потрапляючи на шкіру викликає подразнення шкіри та слизової оболонки, засмічення верхніх органів дихальних шляхів, проникає в легені, викликаючи хвороби
Шум	ГОСТ 12.1.003-83*[33] ДСН 3.3.6.037-99[34]	Вентиляція, кульовий млин	При дії шуму на організм людини від 30 до 60 дБ, $f = 1000$ Гц спостерігається психологічна дія на ЦНС, 60-90 дБ психологічна та фізіологічна дія (головний біль, роздратування, порушення сну), шумова хвороба, 130 дБ больовий поріг, 150 дБ механічний розрив барабанних перетинок
Вібрація	ДСТУ 12.1.012:2008 [35] ДСН 3.3.6.039-99[36]	Вентиляція, кульовий млин	Загальна вібрація 0,7 Гц – качка, 4-6 Гц – коливання голови, плечей відносно основи у положенні сидячи, 6-9 Гц – вібраційна хвороба, дія на ЦНС. Локальна вібрація викликає спазми судин

Несприятливий мікроклімат (підвищена температура повітря, нагріта поверхня матеріалів і обладнання)	ГОСТ 12.1.005-88 [37] ДСН 3.3.6.042-99 [38]	Муфельна піч, сушильна шафа	Викликає порушення терморегуляції людини
Статична електрика	НПАОП 0.00-1.29-97 [39] ГОСТ 12.1.018-93[40]	Кульовий млин, сушильна шафа, вентиляція	Впливає на ЦНС, викликає втому, порушення сну, погіршення апетиту тощо

#### 4.1.3 Токсикологічна характеристика використовуваних речовин і матеріалів в дослідженнях

У виробничих умовах важливим чинником негативного впливу на працівників є продукти виділення із будівельних матеріалів.

Небезпечність таких речовин зумовлюється токсичністю речовин, що потрапляють з них у навколишнє середовище і можуть негативно впливати на здоров'я людини. Ці шкідливі властивості зумовлені складом та особливостями хімічної будови.

Всі речовини, які негативно впливають на тварин і людей, підрозділяють на групи за ступенем їх гострої або хронічної токсичності, рівню функціональної або матеріальної кумуляції і хімічної приналежності.

Токсикологічна оцінка ґрунтується на принципах послідовності експерименту, внаслідок якого отримується інформація про кількісний і якісний склад мігруючих з матеріалу хімічних речовин, про кінетику їх виділення залежно від часу, температури та інших факторів виробничого середовища.

Токсикологічна характеристика речовин і матеріалів, які утворюються у процесі дослідження, заходи безпеки наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

#### Токсикологічна характеристика застосованих матеріалів

Найменування речовини (матеріалу, продукту)	Клас безпеки – ГОСТ 2.1.007-76[41]	ГДК в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup> ГОСТ 12.1.005-88 [42]	Характер дії речовин на організм людини	Перша допомога і заходи безпеки

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05		Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата			

1	2	3	4	5
Глина	4	6	Захворювання органів дихання, засмічення верхніх органів дихальних шляхів. Викликає захворювання силікоз легень	Періодичний медогляд. Забезпечення спецодягом, протипиловими респіраторами ШБ-1 "Пелюстка", застосування місцевої вентиляції (СНиП 2.04.05-91*)
Шлак	3	4	Кашель, хронічний бронхіт, пневмоконіоз, бронхопневмонія	
SiO <sub>2</sub>	3	1	Силікоз, поразка легень, подразнення верхніх дихальних шляхів, очей та шкіри	
CaO	4	6	Викликає чихання и кашель, сухість та жорсткість шкіри	
MgO	4	6	Подразнення шкіри, верхніх дихальних шляхів, очей	

#### 4.1.4 Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів

Важливе значення для визначення рівня пожежної безпеки і вибору засобів та заходів профілактики і гасіння пожежі мають пожежовибухонебезпечні властивості речовин і матеріалів.

Пожежовибухонебезпека речовин та матеріалів - це сукупність властивостей, які характеризують їх схильність до виникнення й поширення горіння, особливості горіння і здатність піддаватись гасінню загорянь. За цими



показниками виділяють три групи горючості матеріалів і речовин: негорючі, важкогорючі та горючі.[43]

У нашій лабораторії робота з горючими речовинами і газами не проводилася, тому їх характеристика в роботі не приводиться.

#### 4.1.5 Характеристика наково-дослідницького приміщення

При плануванні виробничих приміщень необхідно враховувати санітарну характеристику виробничих процесів, дотримуватись норм корисної площі для працюючих, а також нормативів площ для розташування устаткування і необхідної ширини проходів, що забезпечують безпечну роботу та зручне обслуговування устаткування. Робота з дослідженими речовинами які природнім шляхом виділяють радіонукліди проводиться в спеціально обладнаних приміщеннях, до яких пред'являються особливі санітарні і технічні вимоги. Радіохімічні витяжні шафи відрізняються від звичайних більшою герметичністю, їхні робітники отвори оснащено рукавичками, через які вводять руки усередину шафи.

В нашій установі, де проводяться роботи з радіоактивними речовинами і джерелами іонізуючих випромінювань, незалежно від їхньої кількості, службою радіаційної безпеки здійснюється дозиметричний і радіометричний контроль.

Для видалення певних радіоактивних забруднень були застосовані різні способи (іноді в сполученні): змивання (водою, водою під тиском, парою), чищення (щітками і ін.), випар.

Науково-дослідна робота проводилася в Українському науково-дослідному інституті вогнетривів ім. А.С. Бережного. Приміщення лабораторії відносяться по вибухонебезпечній і пожежній небезпеці, згідно НАПБ Б.03.002-2007 [44] до категорії В, термічне відділення до категорії Г (проводиться обробка негорючих речовин в розжареному стані, процес супроводжується виділенням променистого тепла).

Згідно з ДБН В.1.1-7-2002 [45] за ступенем вогнестійкості будівля, де знаходиться лабораторія, відноситься до III, IV ступенів вогнестійкості, тому що конструкції виготовляються з цегли та залізобетону. Клас за ступенем небезпеки

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

ураження електричним струмом згідно ПУЭ-87 [46] з підвищеною небезпекою, так як є можливість одночасного доторкання до металоконструкцій будівель, які мають з'єднання з землею, з однієї сторони та металічним корпусом електроустаткування з іншої, термічне відділення до особливо небезпечних, так як, крім указанного фактору, температура повітря підвищена.

Зони, розташовані в приміщенні лабораторії, згідно НПАОП 40.1-1.32-01 [47] відносяться до класу П-П і П-Па. Будівля чотириповерхова (найбільш допустима кількість поверхів будівлі категорії В – 10 поверхів), найбільш допустима площа поверху між протипожежними стінами необмежена.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до евакуаційного виходу – 15 м. Площа лабораторії – 90 м<sup>2</sup>. Площа лабораторії, що доводиться на одну людину - 8,5 м<sup>2</sup>, що згідно ДНАОП 0.03-3.01-71 [26] (не менше за 4,5 м<sup>2</sup> на одну людину). Об'єм лабораторії, що доводиться на одну людину - 24,5 м<sup>3</sup>, що відповідає ДНАОП 0.03-3.01-71 [48] (не менше за 15 м<sup>3</sup> на людину).

#### 4.1.6 Метеорологічні умови

Метеорологічні умови виробничого середовища (робітників приміщень, виробничих цехів, відкритих робочих площадок і ін.) залежить від фізичного стану повітряного середовища і характеризується наступними основними метеорологічними елементами: температурою, вологістю, швидкістю руху повітря, а також тепловим випромінюванням від нагрітих поверхонь устаткування й оброблюваних матеріалів і виробів. Сукупність цих факторів, характерних для даної виробничої ділянки, називається виробничим мікрокліматом.

Роботи, що виконуються в лабораторії по енерговитратам організму і періоду року, відносяться до категорії II а середньої важкості. Згідно ГОСТ 12.1.005-88 [49] та ДСН 3.3.6.042-99 [50] з урахуванням категорії робіт по енергозатратам при виконанні відповідних технологічних операцій та періоду року вибираємо допустимі і оптимальні параметри мікроклімату, які зводимо в таблицю 4.3.

Фактичні параметри мікроклімату в лабораторії: температура (17–23) °С, відносна вологість (44–53) %. Згідно СНіП 2.04.05-91\* [51] для нормалізації параметрів мікроклімату в лабораторії передбачено застосування вентиляції,

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

кондиціонування, опалення в холодний період року, теплоізоляція печей.

Таблиця 4.3

**Параметри мікроклімату в лабораторії**

Категорія робіт по енерговитратам організму	Період року	Температура, °С		Відносна вологість, %, не більше.		Швидкість руху повітря, м/с, не більше.	
		Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна
1	2	3	4	5	6	7	8
Середньої важкості, Па	Холодний	17-23	18-20	75	40-60	≤ 0,3	0,2
	Теплий	18-27	21-23	65 при 25 °С	40-60	≤ 0,2-0,4	0,3
	Теплий	18-27	21-23	65 при 25 °С	40-60	≤ 0,2-0,4	0,3

**4.1.7 Характеристика виробничого освітлення**

Правильно спроектоване і раціонально виконане освітлення виробничих приміщень робить позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому і травматизм, зберігає високу працездатність.

У денний час дня в лабораторії передбачене застосування природного освітлення, а у вечірнє – штучне. Природне освітлення – бічне одностороннє, здійснюється через світлові отвори в зовнішніх стінах будівлі.

Характеристика виробничого освітлення ДБН В.2.5-28-2006 [52] приведена у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**Характеристика виробничого освітлення**

Характеристика зорової роботи	Розряд, підрозряд зорової роботи	Природне освітлення		Штучне освітлення		Джерела світла, тип світильника
		вид	$e_{H}^{III}, \%$	вид	$E_{min}, лк$	
Середньої точності	IV <sub>Г</sub> (контраст великий, фон світлий)	бокове одностороннє	1,5	загальнє	150	$H \leq 6$ м. Люмінесцентні лампи: Лампа ЛД 40-4 Світильник ЛСП 012×40

Так як приміщення лабораторії розташоване в IV смузі світлового клімату, то

$$e_N = m_N \cdot e_n^{III}, \quad (4.1)$$

де  $m_N$  – коефіцієнт світлового клімату, рівний 0,9 (вікна на північ);

$e_n^{III}$  – нормоване значення КПО в залежності від розряду зорових робіт, виду освітлення;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

$$e_2 = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \%$$

## 4.2 Пожежна безпека

### 4.2.1 Причини пожежі та вибуху

Можливими причинами пожежі та вибуху в лабораторії при виконанні науково-дослідної роботи можуть бути: недотримання правил пожежної безпеки в лабораторії, порушення правил експлуатації електрообладнання, коротке замикання тощо.

### 4.2.2 Пожежна безпека в лабораторії

Згідно ГОСТ 12.1.004-91\* [29], ДСТУ 2272:2006 [53] та НАПБ А.01.001-2004 [45] пожежна безпека в лабораторії забезпечується системою пожежного захисту, системою запобігання пожежі і організаційно-технічними заходами.

### 4.2.3 Забезпечення протипожежного захисту

Для забезпечення протипожежного захисту передбачено проведення наступних заходів:

- 1) автоматичне відключення апаратів і комунікацій;
- 2) засоби оповіщення про пожежу (електрична пожежна сигналізація, телефонний зв'язок, радіозв'язок тощо);
- 3) наявність застосувань засобів пожежогасіння (зовнішній водопровід, внутрішній водопровід);

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

4) первинні засоби пожежогасіння. Для категорії В це повітряно-пінний ВПП-10 (1 од.) та вуглекислотний ВВК-2А (1 од.) вогнегасники, ящик з піском, розміром 2\*1,5 м, вогнетривкі підставки.

#### 4.2.4 Первинні засоби пожежогасіння.

Вибрані первинні засоби пожежогасіння, характеристика яких (вид, кількість, розміщення) наведена в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

#### Перелік первинних засобів, обов'язкових в лабораторії при виконанні НДР

Приміщення (споруда, обладнання)	Площа, м <sup>2</sup>	Первинні засоби пожежогасіння (найменування, тип)	Кількість, шт.	Вогнегасячий ефект
1	2	3	4	5
Виробнича лабораторія	11 м <sup>2</sup>	Ящик з піском	1	Пісок, нанесений на поверхню твердих матеріалів, ізолює зону горіння від надходження легкозаймистих речовин, що веде до припинення горіння
Дослідницька лабораторія	17 м <sup>2</sup>	Вуглекислотний вогнегасник ВВК-2А	1	Знижують концентрацію у зоні горіння, а бром етил (флегматизатор) перешкоджає реакції горіння, тверда (снігоподібна) вуглекислота охолоджує об'єкт, що горить, і знижує концентрацію кисню в зоні горіння
		Повітряно-пінний вогнегасник ВПП-10	1	Піна нанесена на поверхню твердих матеріалів, ізолює зону горіння від надходження легкозаймистих речовин, що веде до припинення горіння

Висновок: приведені вище заходи дозволяють забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці у лабораторії при проведенні науково-дослідної роботи.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05		Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата			

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атаманчук П.С. Інтегрований курс безпеки життєдіяльності (теоретичні основи) / Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г.: навч. посіб. - Кам'янець-Подільський, 2009. - 200 с.
2. Безпека життєдіяльності, цивільна оборона та охорона праці. Інтегрована навчальна програма. - Київ: Освіта України, 2005. - 24 с.
3. Васильчук М.В. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності / Васильчук М.В., Медвідь М.В., Сачков Л.С. - К.: Фенікс, 2000. - 896 с.
4. Волинко О. В. Вимірювання характеристик природного гамма-фону. Робота фізичного практикуму / Волинко О. В., - 2005. – 14 с. – (Фізика та астрономія в школі).
5. Гандзюк М.П. Основи Охорони праці : підруч. [для студ. вищих навч. закл.] / Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. – Львів: 2003. - 408 с.
6. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення” від 24.02.1994 № 4004.
7. Закон України “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку” від 08.02.1995 № 39/95-ВР.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

8. Ткачук К. Н. Основи охорони праці / Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Полукаров О. І., Зеркалов Д. В.: підручник. – К.: «Основа» - 2011. – 448 с.
9. Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та Іншими джерелами іонізуючого випромінювання: ДНАОП 0.03-1.72-87. – [Чинний від 1987-04-11]. – М: Госстандарт ССРСР, 1987. – 71 с.
10. Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань: ОСП-72/87. – [Чинний від 2003-01-05]. – Львів., - 2003 – 86 с.
11. Система стандартів безпеки праці: ГОСТ 7503-3:1989 - ГОСТ 7503-3:1989 – [Чинний від 1989-17-03] – А.: ГОСТ ССРСР, 1989 – 172 с.
12. Строительные нормы и правила: СНП-12/25. – [Чинний від 1991-17-02]. – Днепропетровск., 1991 – 54 с.
13. В. Р. Сердюк. Збірник законодавчих та нормативних актів з питань охорони праці / В. Р. Сердюк. – Вінниця : Континент-ПРИМ, 1995. – 231 с.
14. Охорона праці. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. – 1998. – 29 с.
15. Масікевич Ю.Г. Техноекологія: навчальний посібник / Масікевич Ю.Г., Гринь Г.І. – Чернівці: Зелена Буковина, 2006 – 25 с.
16. Зубик С.В. Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища: Навч. посібник / Зубик С.В. – Львів: Оріяна-Нова, 2007 – 17 с.
17. Відходи промисловості для будівельних виробів. Терміни та визначення.: ДСТУ Б А.1.1-26-94. – [Чинний від 1994-27-09]. – К: Держстандарт України, 1994. – II, 116 с. – (Національний стандарт України).
18. Элинзон М.П. Шлаки / Элинзон М.П. – М.: Госстройиздат, 1959. – 18 с.
19. Федоренко О.Ю. Технологія виготовлення клінкерних керамічних виробів на основі відходів вуглевидобування. Екологія и промышленность / Федоренко О.Ю. – 2009. – 46 с.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

20. Виговская А.П. Температурный режим обжига стеновых керамических изделий из отходов флотации углей: Дис канд. техн. наук. 05.23.05. – Киев, 1986.
21. Хоботова, Э.Б. Радиационно-химическая оценка металлургических шлаков как сырья для строительной индустрии / Э.Б. Хоботова, М.И. Уханёва, И.В. Грайворонская, А.В. Соколова, Е.Н. Соколова-Роша. – 2009. – 365 с.
22. Хоботова, Э.Б. Утилизация металлургических шлаков в качестве технических материалов : зб. наук. ст. / Э.Б. Хоботова, М.И. Уханева, И.В. Грайворонская, Ю.С. Калмыкова. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – т1. – 114 с.
23. Хоботова, Э.Б. Радиационно-химическое обоснование использования твердых промышленных отходов в качестве технических материалов / Э.Б. Хоботова, М.И. Уханёва, И.В. Грайворонская, Ю.С. Калмыков. Х.: ХНАДУ, 2011. – 256 с.
24. Смирнов В.П. Радиационный фон естественных радионуклидов строительных материалов. Строительные материалы / Смирнов В.П., Игнатов С.М., Уруцкоев Л.И., Чесноков А.В. - 1999. - 17 с.
25. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений / Крисюк Э.М. Титов В.К., Лучин И.А., Лашков Б.П. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 120 с.
26. Пархоменко В.И. Радиоактивность различных строительных материалов. Радиационная гигиена / Пархоменко В.И., Еркин В.Г., Лебедев О.В., Балонов М.И.- Ленинград, 1980.- 22 с.
27. Флора Л. С. Журнал „L’Informatore del Marmista” / Флора Л. С. : пер. з італ.- № 468, 2001. – 39 с.
28. Матеріали і вироби будівельні. Визначення питомої ефективної активності природних радіонуклідів. – ГОСТ 30108-94. – [Чинний від 1995-01-01.] - М.: МНТКС, 1994. - 32 с.
29. ГОСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введен 01.01.76.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



30. Крисюк Э.М. Нормирование радиоактивности строительных материалов при разном виде их использования. / Крисюк Э.М., Карпов В.И. – Б.: 2000. – 205 с.
31. ГОСТ 12.1.005-88. ССБ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введен 01.01.89.
32. Рывкин С.М. Полупроводниковые детекторы ядерного излучения // Полупроводниковые приборы и их применение. Полупроводниковые детекторы ядерного излучения: сборник. / Рывкин С.М., Матвеев О.А. – М., 2001. – 286с.
33. Крикунов Г. Н. Безопасность жизнедеятельности / Крикунов Г. Н. , Беликов А. С., Залунин В. Ф., Довгаль В. Н. – Днепропетровск: Уко ИМА-пресс.- 1995. - ч.3. - 196 с.
34. Запрудин В. Ф. Радиационная безопасность зданий с учетом инновационных направлений в строительстве / Запрудин В. Ф., Беликов А. С., Гупало О. С., Пилипенко А. В., Савицкий Н. В. - Д.: Баланс-Клуб, 2009.- 352с.
35. Гупало О. С. Радиационная безопасность применяемых строительных материалов. Строительство, материаловедение, машиностроение, Гупало О.С., Беликов А. С., Денисенко В. И., Шаломов В. А.- 2008.- Вып.46.- 21 с.
36. Бака, Н.Т. Облицовочный камень / Н.Т. Бакка, И.В. Ильченко. – М.: Недра, 1999. – 303 с.
37. Нормы радиационной безопасности Украины. – К., 2001. – 159 с.
38. Бокий, Г.Б. Рентгеноструктурный анализ / Г.Б. Бокий, М.А. Порай-Кошиц. – т1. М.: Изд-во МГУ, 2000. – 620 с.
39. Арбузов, С.И. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие / С.И. Арбузов, Л.П. Рихванов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 300 с.
40. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 120 с.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

41. Арбузов, С.И. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие / С.И. Арбузов, Л.П. Рихванов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 300 с.
- 42.ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введен 01.01.77.
- 43.НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою. – Діє з 03.12.2007.
- 44.ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Діє з 01.01.03.
- 45.Правила устройства электроустановок. ПУЭ-87. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
- 46.НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – Діє з 01.07.01.
- 47.ДНАОП 0.03-3.01-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – Введен 01.01.72.
- 48.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К., 2000.
- 49.СНиП 2.04.05-91\*.У.Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Стройиздат, 1992. – 64 с.
- 50.ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд, 2006. – 78 с.
- 51.ГОСТ 12.1.004-91\*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введен 01.07.95.
- 52.ДСТУ 2272:2006. ССБП. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. – Діє з 01.01.07.
- 53.НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – Діє з 01.01.2005.

					НУЦЗУ.2.15-065.СХ та ХТ.РПЗ-05	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		