

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

### МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з  
різним вмістом природних радіонуклідів**

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-22мз  
спеціальності

192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Черних Я.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

(вчений ступінь, посада)

Лялюк О.Г.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 7 травня 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент

(вчений ступінь, посада)

Степанова Н. Д.

(прізвище та ініціали)

« 7 » 4 травня 2024 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри БМГА  
к.т.н., доцент В.В. Швець

(прізвище та ініціали)

« 10 » 4 травня 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Будівництва, теплоенергетики та газопостачання  
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри БМГА  
Швець В. В.  
15 березня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Черних Ярославу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Експертно-модельюча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів**

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри БМГА Лялюк О.Г.

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" 03 2024 року № 81

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2024 року

3. Вихідні дані до роботи: плани та карта місцевості, результати попередніх досліджень, результати огляду літературних джерел, законодавча – нормативна база.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація).

1. Огляд літературних джерел, Вітчизняний та зарубіжний досвід.

2. Методика для дослідження регламентованих радіаційних параметрів.

3. Експертно-модельюча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів

4. Технічна частина (геологічна будова родовища)

5. Технологія (розрахунок параметрів системи розробки кар'єру)

5. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту

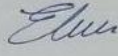


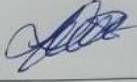



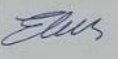
6. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки). Висновки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Науково-дослідний розділ – 6 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)

2. Технологічна части – 6 арк. (план розробки кар'єру, геологічна карта кристалічного фундаменту, розрізи кар'єру)

6. Консультанти розділів роботи

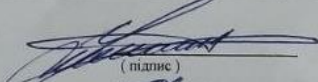
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Науковий розділ	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Технічна частина	Христич О.В., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Охорона праці та ЦЗ	Кобилянська І.М., к.пед. н., доц. Каф. БЖДПБ		
Економічна частина	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 15.03.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

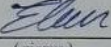
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	01.02-06.02.24	
2	Науково-дослідна частина	07.02-15.03.24	
3	Технічна частина	18.03-29.03.24	
4	Технологія	30.03-12.04.24	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	15.04-19.04.24	
6	Охорона праці та цивільний захист	16.04-21.04.24	
7	Економічна частина	22.04-30.04.24	
8	Оформлення МКР	01.05-12.05.24	
9	Подання МКР на кафедру для перевірки	13.05-17.05.24	
10	Попередній захист	3.06-6.06.24	
11	Опонування	7.06-10.06.24	

Студент

  
(підпис)

Черних Я.М.

Керівник роботи

  
(підпис)

Лялюк О.Г.

## АНОТАЦІЯ

УДК 614.876: 619.6

Черних Я.М. Експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2024. 135 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 41 назв; рис.: 11; табл. 32, 13 аркушів граф.частини.

В магістерській кваліфікаційній роботі запропонована експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів. Розглянуто розробку родовища граніту на ділянці Кропивницького району Кіровоградської області.

Складається дипломна робота з текстової та графічної частин. Текстова частина виконана на листах формату А4 і в свою чергу складається з розділів, які містять: аналіз та проблеми сучасного стану оцінки вмісту природних радіонуклідів на території України, дослідження способів вимірювання радіонуклідів, запропонована експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів, в технічній частині розглянуті якісні показники корисної копалини . Новопавлівського родовища граніту, орогідрографія та кліматичні умови району робіт. В розділі технологія розраховані ширини робочих майданчиків на розробці, норми виробки екскаваторами, бульдозерами, прогнозний термін відпрацювання Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту. Розглянуті вимоги до заземлення електроустаткування, вимоги пожежної безпеки та правила охорони праці під час проведення вибухових робіт Проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Пораховані загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та її оформлення.

Ключові слова: радіонукліди, граніти, нечітка логіка, будівельні матеріали, радіація.

## ABSTRACT

Chernykh Y.M. An expert modeling system for the use of building materials with different contents of natural radionuclides. Master's qualification work in the speciality 192 - "Construction and Civil Engineering". Vinnytsia: VNTU, 2024. 135 c.

In Ukrainian. Bibliography: 41 titles; Figures: 11; Table 32.

In the master's qualification work, an expert modeling system for the use of building materials with different contents of natural radionuclides is proposed. The development of a granite deposit in the area of Kropyvnytskyi district of Kirovohrad region was considered.

A thesis is composed of textual and graphic parts. The text part is made on A4 sheets and in turn consists of sections that contain: analysis and problems of the current state of assessment of the content of natural radionuclides in the territory of Ukraine, research on methods of measuring radionuclides, proposed expert modeling system for the use of building materials with different content of natural radionuclides, in the technical part, qualitative indicators of the mineral are considered. Novopavlivskoye granite deposits, orohydrography and climatic conditions of the work area. In the technology section, the widths of the working sites under development, production standards with excavators, bulldozers, and the estimated completion date of the Northern section of the Novopavlivskyi granite deposit are calculated. Considered requirements for grounding of electrical equipment, requirements for fire safety and rules of labor protection during blasting. Conducted commercial and technological audit of research work. The total costs for the completion of the scientific research work and its registration are calculated.

Key words: radionuclides, granites, fuzzy logic, building materials, radiation.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	<b>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО</b>
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО РИЗИКУ .....</b>	<b>11</b>
1.1 Основні джерела радіаційного випромінювання та забруднення.....	11
1.2 Нормативна база організаційно-технологічного забезпечення зниження радіаційної небезпеки.....	12
1.2.1. Потужність поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень .....	12
1.2.2. .Питома активність природних радіонуклідів в сировині та будівельних матеріалах.....	13
1.3 Сучасні підходи та технології для зниження рівня радіаційної загрози...	16
Висновки до першого розділу.....	19
<b>2 МЕТОДИКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ .....</b>	<b>20</b>
2.1. Програма та організація дослідження .....	20
2.2. Радіаційний контроль зовнішнього гамма-випромінювання і будівельних матеріалів .....	22
2.2.1. Визначення потужності поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання .....	22
2.2.2. Вимірювання ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах.....	24
3. Розробка методів багатofакторних досліджень для управління системою радіаційного захисту.....	27
Висновки до другого розділу	33
<b>2. ЕКСПЕРТНО-МОДЕЛЮЮЧА СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ.....</b>	<b>34</b>
2.1. Класифікація факторів, що впливають на вибір моделі управління проектами по зменшенню радіації.....	34

2.2.	Побудова функцій належності нечітких оцінок впливу факторів.....	40
3.3	Моделювання системи прийняття рішень на системному рівні.....	50
3.4	Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу .....	52
3.5.	Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням об'ємно-планувальних рішень. ....	54
3.6.	Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням типу будівельного матеріалу.....	56
	Висновки до третього розділу.....	59
3.	<b>ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>60</b>
4.1	Характеристика району робіт .....	60
4.2	Геологічна будова району робіт .....	64
4.3	Геологічна будова родовища .....	64
4.4	Якісні показники корисної копалини.....	66
	Висновки до четвертого розділу.....	70
4.	<b>ТЕХНОЛОГІЯ.....</b>	<b>72</b>
5.1	Вихідні дані для розрахунку параметрів системи розробки.....	72
5.2	Розрахунок параметрів системи розробки.....	73
5.3	Зведені параметри системи розробки .....	78
5.4	Технологія ведення гірничих робіт .....	78
5.4.1	Норма виробки бульдозеру на розкривних та відвальних роботах.....	80
5.4.2	Норма виробки екскаватору на розкривних роботах.....	82
5.4.3	Норма виробки екскаваторів на видобувних роботах.....	84
5.5	Відвальне господарство.....	86
5.6	Буровибухові роботи.....	87
5.6.1	Геологічна характеристика породи що підривається.....	88
5.6.2	Фізико механічні властивості корисної копалини.....	88
5.6.3	Бурові роботи.....	88
5.6.4	Вибір раціональних типів вибухових речовин.....	89
5.6.5	Визначення необхідної крупності дроблення.....	90

5.7	Термін відпрацювання кар'єру .....	91
	Висновки до п'ятого розділу .....	93
<b>5.</b>	<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.</b>	<b>94</b>
6.1	Загальні положення.....	94
6.2	Вимоги до працівників .....	95
6.3	Безпека ведення робіт .....	97
6.4	Механізація гірничих робіт.....	98
6.5	Розподільні пристрої і трансформаторні підстанції.....	103
6.6	Повітряні і кабельні лінії електропередачі.....	104
6.7	Вимоги безпеки до освітлення.....	105
6.8	Санітарно-побутові приміщення .....	107
6.9	Вимоги до заземлення електроустаткування .....	108
6.10	Пожежна безпека .....	109
6.11	Правила охорони праці під час проведення БВР .....	111
	Висновки до шостого розділу .....	113
<b>7.</b>	<b>ЕКОНОМІКА .....</b>	<b>114</b>
7.1.	Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	114
7.2.	Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	115
7.3.	Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	117
7.4	Розрахунок економічного ефекту .....	126
	Висновки до сьомого розділу.....	128
	<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>130</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>132</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	
	<b>ДОДАТОК А</b> Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	
	<b>ДОДАТОК Б</b> Відомість аркушів графічної частини	
	<b>ДОДАТОК В</b> Акт впровадження	



## ВСТУП

**Актуальність.** В контексті національної проблеми зі зменшення дози опромінення від природної радіоактивності, важливим є розробка комплексної програми для зниження радіаційної небезпеки в населених пунктах, розташованих на радіаційно небезпечних територіях. Управління радіаційною безпекою є ключовим аспектом виробничої діяльності в галузі будівництва. Цей процес включає такі взаємопов'язані формалізовані блоки: моніторинг радіаційної небезпеки; підготовка та розробка організаційно-технологічних рішень та управлінських рішень; впровадження таких рішень на етапах проектування, будівництва та експлуатації житлово-цивільних і промислових об'єктів. Нормативні документи та теоретичні дослідження спрямовують будівельні організації та установи на необхідну реалізацію ефективної системи контролю радіаційної безпеки та управління проектами, які пов'язані з розробкою і впровадженням заходів зі зниження рівня іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів.

Потреба у розробці Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту пов'язана з підвищенням попиту в регіоні та в країні на щебінь та камінь будівельний.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є покращити радіаційну якість будівельної продукції та підвищити ефективність захисту приміщень від радіації.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити залежності радіаційних характеристик об'єктів житлово-цивільного та промислового призначення від регламентованих радіаційних параметрів сировини, матеріалів та повітря приміщень;

- розробити ієрархічну систему математичних моделей з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу, з урахуванням об'ємно-планувальних рішень, з урахуванням типу будівельного матеріалу на основі нечіткої логіки та з врахуванням впливу кількісних і якісних факторів;

- створити експертно-моделюючу систему застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів.

**Об'єкт дослідження** - експертно-моделююча система застосування

будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів.

**Предмет дослідження** – система прийняття рішень по зменшенню ризиків опромінення

**Новизна:**

- отримано подальший розвиток у визначенні залежності регламентованих радіаційних параметрів будівельних об'єктів від багатофакторних показників на радіаційно небезпечних територіях України

- розроблені моделі управління по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу, з урахуванням об'ємно-планувальних рішень, з урахуванням типу будівельного матеріалу ;

- вперше створена експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів, що дає можливість диференційовано керувати проектами радіаційного захисту будівель на основі доступної експертної інформації.

**Методи дослідження.** У магістерській роботі використовувався метод пошуку в існуючій методичній та науковій літературі, аналізувався знайдений матеріал, порівнювалися результати, встановлювалися причинно-наслідкові зв'язки, систематизувались результати. На основі теорії багаторівневих ієрархічних систем була створена ієрархічна система математичних моделей багатофакторного аналізу керування організаційно-технологічними рішеннями, спрямованими на зниження радіаційної небезпеки. Процес прийняття рішень щодо зменшення небезпеки від радіації моделюється за допомогою теорії нечіткої логіки.

**Практичне значення одержаних результатів.**

Впровадження запропонованих методик та алгоритмів прийняття рішень у практику управління проектами в будівництві зменшить колективну дозу опромінення населення. Результати роботи впроваджені на підприємстві ПАТ «КІРОВОГРАДГРАНІТ»., що засвідчено актом впровадження (Додаток В).

**Апробація результатів дослідження.** За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 2 тези конференцій: 1. Виступ на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України 2023», який відбувся 21-23 листопада 2023 року. 2. Виступ на 53-ій Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ м. Вінниця, 21-23 березень 2024 р.

#### **Публікації:**

1. Я. М. Черних, О. Г. Лялюк. Шляхи вирішення проблем з енергоресурсами на прикладі Дружбівського кар'єру. *Енергоефективність в галузях економіки України 2023*: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції., м. Вінниця, 21-23 листопада 2023 р. Вінниця, 2023. С.248-251. [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/eg2023/paper/view/19499>
2. Я. М. Черних, О. Г. Лялюк. Методика обстеження гранітних кар'єрів на наявність та кількісну характеристику природних радіонуклідів. 53-а Всеукраїнська науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ.. м. Вінниця, 21-23 березень 2024 р. С. 1492-1494 [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/832/1453/2726-1>

**Структура та обсяг магістерської кваліфікаційної роботи.** Робота складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, додатків та 13 листів графічної частини. Загальний обсяг роботи становить 139 сторінок, 11 рисунків, таблиць 32 та 3 додатків

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО РИЗИКУ

## 1.1 Основні джерела радіаційного випромінювання та забруднення

Радіація є неодмінною складовою нашого життя і одним із багатьох факторів, що оточують нас. Тому повністю уникнути колективної дози радіаційного випромінювання неможливо. Ми можемо лише передбачити цю дозу та зменшити радіаційну небезпеку за допомогою організаційно-технологічних заходів, зрозумілих у своїх витратах.

Дія іонізуючого випромінювання на організм людини викликає складні фізичні, хімічні та біологічні процеси у тканинах. Ці процеси можуть мати як позитивний, так і негативний вплив, залежно від дози опромінення та тривалості дії. Для зменшення ризику для здоров'я людини важливо спочатку визначити всі можливі джерела випромінювання та їхній внесок у загальну дозу опромінення населення.

У середньому тривалості життя для населення нашої країни основним джерелом опромінення є природна радіація. Це пояснюється тим, що 60% території України розташовано на кристалічному щиті з підвищеним вмістом природних радіонуклідів [1]. Значна частина відкритих родовищ граніту також знаходиться на цьому щиті. Наведені дані є узагальненими даними Наукового центру радіаційної медицини АМН України і можуть варіюватися для населення конкретного регіону. Середньорічна ефективна доза опромінення населення України від джерел природної радіоактивності складає 5,3 мЗв/рік. [2]. Найбільшу небезпеку для людини становить опромінення, яке вона одержує від радонової складової – 78,2% [ 2 ] .

Відповідно до [ 3 ] регламентованими радіаційними параметрами в будівництві є:

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів (ПРН) радію-226, торію-232, калію-40 в сировині та будівельних матеріалах (Бк/кг, Беккерель на кілограм) і визначається із виразу:

$$A_{\text{эф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31A_{\text{Th}} + 0,085 A_{\text{K}}, \quad (1.1)$$

де  $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{K}}$  – питома активність радію-226, торію-232, калію-40 відповідно;

1,31 і 0,085 – вагові коефіцієнти для торію-232 і калію-40 по відношенню до радію-226.

- потужність поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень (мкГр/год, мікрогрей за годину);
- середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність (ЕРОА) радону-222 (Бк/м<sup>3</sup>, Беккерель в кубічному метрі повітря приміщення).

## 1.2 Нормативна база організаційно-технологічного забезпечення зниження радіаційної небезпеки

### 1.2.1. Потужність поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень

Згідно з вимогами ДБН В.1.4-1.01.97, перед введенням об'єкта в експлуатацію потрібно виміряти потужність поглиненої дози (ППД) гамма-випромінювання в кожному приміщенні будинку до завершення опоряджувальних робіт. Результати цих вимірювань оформлюються у вигляді акту, в якому зазначається використаний прилад і дата його останньої державної перевірки. Один примірник такого акту додається до документів приймально-здавальної комісії при здачі будівлі в експлуатацію, а другий, за потреби, передається в територіальну санітарно-епідеміологічну станцію.

Під час регулярних радіаційних обстежень результати вимірювань мають бути занесені і збережені в базах даних електронних обчислювальних машин. Це необхідно для використання їх при обґрунтуванні контрольних рівнів радіаційних параметрів об'єктів будівництва та для загальної оцінки якості

будівництва. ДБН В.1.4-1.01-97 встановлює допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень для наступних типів об'єктів будівництва:  $ППД \leq 30$  мкР/год – для побудованих, реконструйованих та капітально відремонтованих об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення при введенні їх в експлуатацію;

$ППД \leq 50$  мкР/год – для об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення, які введені в експлуатацію до 01.01.1992 року.

Якщо потужність поглиненої дози (ППД) в приміщеннях будинків та споруд, де постійно перебувають люди, перевищує 50 мкР/г, то необхідно проводити протирадіаційні заходи. Ці заходи необхідні у випадках, коли підвищений рівень гамма-фону пов'язаний з використанням матеріалів для засипки або будівництва цоколів фундаменту з підвищеним вмістом природних радіонуклідів, які можна видалити. Якщо такі матеріали використовуються у стінах та перекриттях, єдиним заходом може бути зміна призначення приміщень або всього будинку. Радіаційну якість приміщень, де ППД перевищує 50 мкР/г, можна покращити шляхом нанесення на будівельні конструкції плівок та сумішей з відповідними захисними властивостями.

В середньому на території України потужність дози гамма-випромінювання у приміщеннях зовні будинків становить 6–25 мкР/г (нормальний радіаційний фон). Для приміщень цегельних будинків середня потужність дози гамма-випромінювання становить 15 мкР/г, а для панельних - 25 мкР/г.

На практиці в Україні контроль за потужністю поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання у приміщеннях вже впроваджено.

1.2.2. Питома активність природних радіонуклідів в сировині та будівельних матеріалах

Будівельні матеріали виготовляються з природної сировини, яка містить природні радіонукліди (радій-226, торій-232, калій-40)[5-14], що є джерелом зовнішнього гамма-випромінювання у будинках. Крім того, під час розпаду

радію-226 утворюється радіоактивний газ радон-222, який потрапляє в повітря приміщень. Всього ці два джерела дають до 65% в загальну дозу опромінення населення[2].

Кожне підприємство, яке виробляє або постачає сировину та будівельні матеріали (природного походження, промислового виробництва, відходи промисловості), обов'язково проводить оцінку їх радіоактивності або повинна мати сертифікат радіаційної якості, який видається спец. лабораторією.

Залежно від концентрації радіонуклідів будівельні матеріали поділяються на три класи, і використання кожного класу регулюється державними будівельними нормами ДБН В1.4-1.01-97:

1 клас. Ефективна сумарна питома активність ( $A_{\text{еф}}$ ) ПРН не повинна перевищувати 370 Бк/кг. Будівельні матеріали використовуються для всіх видів будівництва без обмежень.

2 клас. Будівельні матеріали з  $A_{\text{еф}} = 370-740$  Бк/кг можуть використовуватися для дорожнього та промислового будівництва.

3 клас. Будівельні матеріали з  $A_{\text{еф}} = 740-1350$  Бк/кг можуть використовуватися для таких об'єктів:

- промислового призначення, де виключається перебування людей;
- дорожнього призначення поза населеними пунктами;
- дорожнього призначення в межах населених пунктів за умовою покриття шаром ґрунту або іншого матеріалу товщиною не менше ніж 0,5м.

Для використання будівельних матеріалів з  $A_{\text{еф}} > 1350$  Бк/кг у всіх випадках необхідно одержати дозвіл Мінохоронздоров'я України.

Дослідження підтверджують значну радіаційну експозицію населення України. За оцінками Наукового комітету по дії атомної радіації (НКДАР) ООН, радон-222 разом з його дочірніми продуктами відповідає за близько 3/4 щорічної індивідуальної ефективною еквівалентної дози опромінення, отримуваної населенням від земних джерел радіації. Приблизно половина цієї дози надходить в організм людини разом з повітрям, яке вона вдихає, особливо у не провітрюваних приміщеннях. Активність радону-222 в повітрі вимірюється в

беккерелях на кубічний метр (Бк/м<sup>3</sup>).

Щодо води, за оцінками НКДАР ООН, менше 1% населення Землі вживає воду з питомою радіоактивністю нижче 1 млн. Бк/м<sup>3</sup>, а менше 10% випиває воду з концентрацією радону-222, що перевищує 100 000 Бк/м<sup>3</sup>. Хоча концентрація радону-222 у воді зазвичай незначна, вода з глибоких артезіанських свердловин може містити надзвичайно велику кількість радону-222. Основна небезпека полягає не в самому споживанні води, а в тому, що пари води з високою концентрацією радону-222 потрапляють у легені людини під час вдихання повітря, особливо у ванній кімнаті.

Будівельні матеріали, приблизно на 10% від усієї потужності джерел радіонуклідів у будинку площею 100 м<sup>2</sup>, виготовляються з природної сировини. Щорічно з земної кори разом з породою виділяється [ 15 ] торія-232 –  $55,5 \cdot 10^4$  і урану-238 -  $333 \cdot 10^4$  ГБк.

.Розповсюдженими будівельними матеріалами є дерево, цегла і бетон, які видають відносно мало радіонуклідів. У зарубіжних країнах середня питома радіоактивність будівельних матеріалів становить: дерево (Фінляндія) – 1,1; природний гіпс (Великобританія) – 29; цегла (Німеччина) – 126; пісок і гравій (Німеччина) – 34. Пемза та граніт, які часто використовуються як будівельні матеріали, мають велику питому радіоактивність[16-21].

Дифузія радіонуклідів в будівельних матеріалах відбувається через пори різного діаметру. Тому вихід атомів радону-222 з матеріалу відбувається з усього його об'єму, протікаючи швидко через великі пори та повільно через дрібні. Один із методів визначення довжини (коефіцієнта) дифузії базується на порівнянні швидкостей ексхаляції радону-222 з тонкого та товстого зразків одного й того ж матеріалу. Швидкість ексхаляції із товстого зразка пропорційна довжині дифузії радону-222 в матеріалі  $l_0$ , а із тонкого зразка  $q_2$  - його товщині  $d_2$  [3 ]:

$$l_0 = (q_1/q_2) d_2 \quad (1.2)$$

Ця формула справедлива з точністю  $\pm 10\%$ , якщо виконується умова:

$$d_1 \geq 1,5 l_0 \quad \text{та} \quad d_2 \leq 0,5 l_0 \quad (1.3)$$

Ґрунт. В українському кристалічному щиті знаходяться відклади граніту з



високою концентрацією природних радіонуклідів. Якщо для населення, яке проживає в районах з нормальним радіаційним фоном, потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на поверхні ґрунту становить від 3 до 7 мкР/г, то для значної частини території України цей рівень на порядок вищий.

У Хельсінкі були виявлені максимальні концентрації, що перевищують середню в зовнішньому повітрі більш ніж на 5000 разів, в будинках, де основним джерелом радіації може бути ґрунт. Навіть у Швеції, де використовували глиноземні цемента при будівництві будинків, головною причиною радіації є ґрунт. Це підтверджено при огляді будинків, побудованих на теренах у Флориді, регенерованих після добування фосфатів. В будинках Чікаго з земляними підвалами були виявлені концентрації радіонуклідів, що перевищують середній рівень в зовнішньому повітрі в 100 разів, хоча питома радіоактивність ґрунту була нормальною.

### 1.3 Сучасні підходи та технології для зниження рівня радіаційної загрози

У більшості розвинених країн наявні органи державної служби, які проводять перевірки двічі на рік для визначення концентрації радіонуклідів у підвалах та житлових приміщеннях перших поверхів, надаючи відповідні рекомендації щодо їх зниження. Згідно з факторами, які впливають на рівень ефективної дози опромінення від радіонуклідів в повітрі приміщень, та вимогами державних будівельних норм України, можна використовувати наступні методи зменшення радіаційної небезпеки:

- архітектурно-планувальна організація з урахуванням ландшафтних умов забудови;
- герметизація перекриттів під підлогою;
- створення підвищеного тиску в приміщеннях;
- вентиляція під підлогою;
- зменшення тиску в підвалі.

Архітектурно-планувальна організація з урахуванням ландшафтних умов забудови реалізується в процесі проектування та будівництва. Це передбачає вибір та підготовку ділянок забудови з урахуванням вмісту радіонуклідів, а також розробку заходів для зменшення виходу радіонуклідів і їх концентрації під будівлею. Якщо передбачається, що ефективна доза опромінення в повітрі підвальних приміщень перевищує 100 Бк/м<sup>3</sup>, то підвали не будуються або використовуються як приміщення для короточасного перебування людей.

Метод створення підвищеного тиску полягає в підвищенні тиску в приміщеннях до рівня, що перевищує звичайний. Це досягається за допомогою створення надлишкового тиску в приміщенні порівняно з атмосферним, що змушує повітря струмувати назовні через підлогу. Однак цей метод має обмежену ефективність у холодний період року, оскільки потребує додаткових енергозатрат на опалення приміщень внаслідок великого припливу холодного повітря.

На вибір методу зменшення радіаційної безпеки впливає термін перебування людей в приміщенні та їх архітектурно-планувальне розміщення. Класифікація приміщень за режимом використання людиною та ймовірністю накопичення радіонуклідів і відповідні заходи по зменшенню радіонуклідів на рис. 1.1. Радіаційні служби контролю повинні забезпечити виконання вимірювання ЕРОА природних радіонуклідів в приміщеннях будинків, які здаються в експлуатацію відповідно до “Методики визначення еквівалентної рівноважної об’ємної активності радону в повітрі приміщень” (розділ 5 Посібника до ДБН В.1.4-2.01-97). Результати вимірювань оформляються у вигляді акту. Перший примірник акту - до документів приймально-здавальної комісії, коли будівля здається в експлуатацію, а другий - передається в територіальну санітарно-епідеміологічну станцію (СЕС). Забезпечення систематичного технічного контролю, що включає прогнозування та зменшення радіаційного забруднення, здійснюється двома способами:

- разові радіаційні обстеження, спрямовані на підтримку нормативного рівня радіаційних параметрів та управління якістю відповідно до чинних норм;

- регулярні радіаційні обстеження, спрямовані на створення умов для постійного покращення якості та зниження дози випромінювання до мінімально можливого рівня шляхом використання контрольних рівнів випромінювання як нормативних.

Контрольні рівні випромінювання визначаються адміністрацією підприємств у співпраці з органами державного санітарного нагляду.



Рисунок 1. 1- Класифікація приміщень залежно від того, як людина використовує їх та наскільки ймовірне накопичення радіонуклідів і відповідні заходи по їх зменшенню

## Висновки до першого розділу

1. Проаналізували зарубіжний й вітчизняний стан організаційно-технологічного забезпечення зниження радіаційної небезпеки на об'єктах будівництва, що дає можливість зробити висновок про актуальність вирішення проблеми радіоекології. Виявлено, що основним джерелом опромінення для населення нашої країни є природна радіація, яка становить 5,3 мЗв/рік за рахунок величин природних радіонуклідів в сировині кар'єрів регіону та еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222..

2. Виявлено, що існуюча нормативно-технічна база оцінювання та прогнозування радіаційного забруднення, яка включає зовнішнє гамма-випромінювання, питому активність природних радіонуклідів у сировині та будівельних матеріалах, а також еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону, не забезпечує повного контролю радіаційних параметрів. Через недостатність цього контролю не вдається забезпечити належний радіаційний захист населення.

3. Дослідження показали, що практично відсутня методологія вибору методів та заходів для зменшення радіаційної небезпеки з урахуванням природно-географічних, планувально-архітектурних, інженерно-технологічних факторів та соціальних умов. Існуючі методи оптимізації управління організаційно-технологічними заходами для зниження радіаційної небезпеки в будівництві потребують значної кількості експериментальних даних, які здебільшого важко отримати, і ці методи не є достатньо репрезентативними. Крім того, відсутні надійні математичні моделі оцінки радіаційної небезпеки, що ускладнює перетворення некерованого процесу опромінення населення в керований. Важливе практичне значення має розробка методики управління організаційно-технологічними заходами для зменшення радіаційної небезпеки, яка б дозволяла враховувати вплив кількісних і якісних факторів при прийнятті рішень щодо зниження радіаційної небезпеки в будівництві.

## 2 МЕТОДИКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ

### 2.1. Програма та організація дослідження

Попри наявність в Україні нормативної бази для зменшення рівнів іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів у будівництві, фактично немає методики оптимізації організаційно-технічних заходів для зниження доз опромінення. В реальних умовах будівництва та експлуатації житлово-цивільних і промислових об'єктів доза опромінення населення визначається потужністю поглиненої дози гамма-випромінювання та радіаційним забрудненням сировини і будівельних матеріалів. (рис. 2.1)

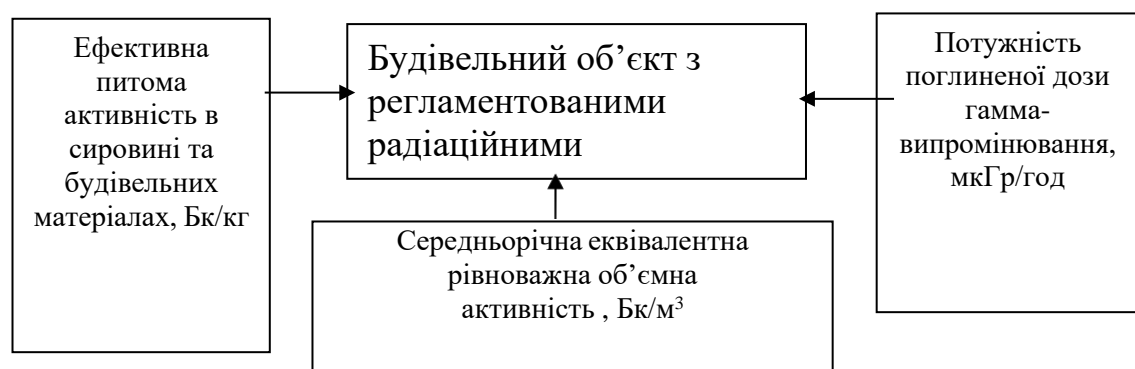


Рисунок 2.1- Структурна схема регламентованих радіаційних параметрів будівельного об'єкту

Структурна схема (рис. 2.1) підкреслює про складність об'єкта дослідження і його багатofакторність, що вимагає ретельного вивчення. Моделювання таких об'єктів є дуже складним, оскільки вхідні параметри можуть бути надійно контрольовані та прогнозовані лише за наявності великої кількості репрезентативних експериментальних даних. Оперативне управління радіаційним станом будівельних об'єктів для зниження колективної дози опромінення дозволяє перетворити некерований процес формування дози опромінення в керований. Управління заходами зі зменшення радіаційної небезпеки повинно здійснюватися з урахуванням всіх регламентованих

радіаційних параметрів у будівництві. Блок-схема управління радіаційним станом будівельного об'єкта для підвищення його якості наведена на рис. 2.2.

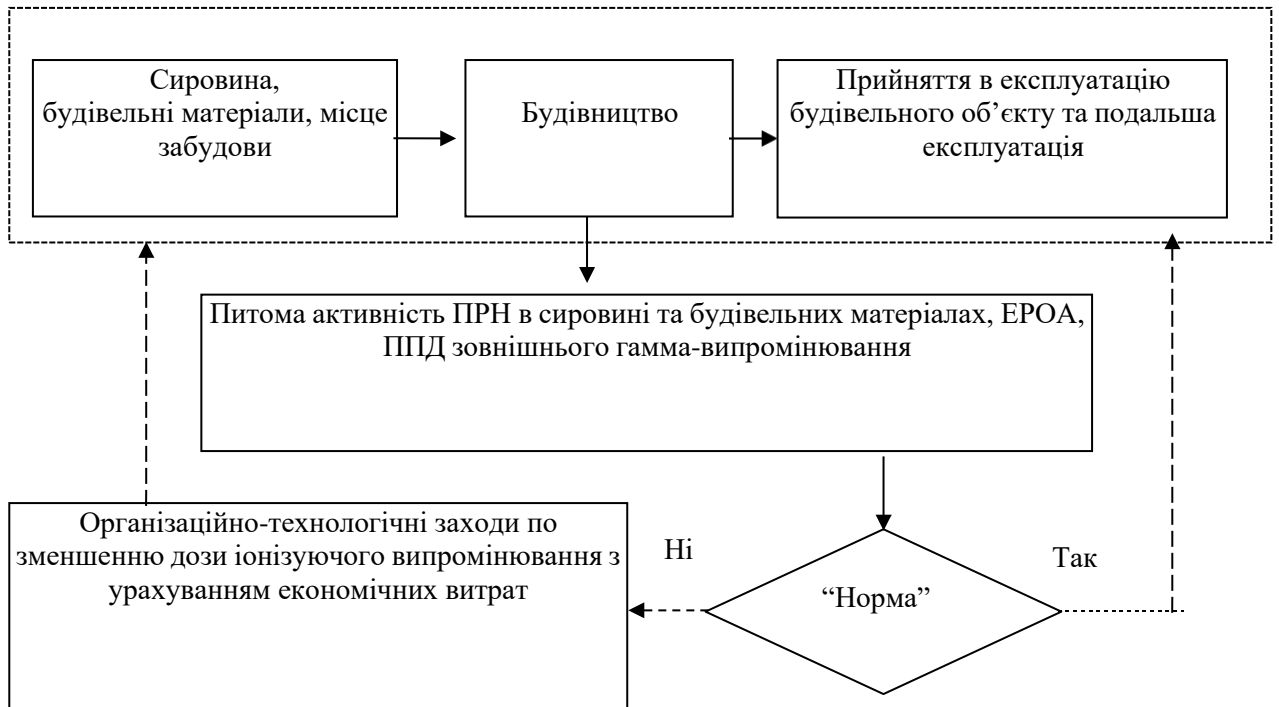


Рисунок 2.2 - Блок-схема управління радіаційним станом будівельного об'єкта

Проаналізувавши зарубіжний та вітчизняний досвід зниження радіаційної небезпеки в будівництві [ 1-21 ] та характер об'єкту програма дослідження може включати:

- збір та обробку даних про регламентовані радіаційні параметри на регіональному рівні;
- експериментальні дослідження потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в приміщеннях житлово-цивільного призначення в різних природно-географічних умовах з різноманітними архітектурно-планувальними та інженерно-технологічними рішеннями на регіональному та локальному рівнях;
- вивчення закономірностей формування концентрацій радіації;
- наукове обґрунтування методики оптимізації системи прийняття організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки;
- розробку організаційно-технологічних заходів по зменшенню радіаційної небезпеки та їх техніко-економічний аналіз.

Складність управління захистом населення від радіаційної небезпеки, яка включає планування, організаційно-технологічне проектування на основі відповідних критеріїв прийняття рішень, та реалізацію протирадіаційних заходів під час будівництва і експлуатації, вимагає створення системи моніторингу. Моніторинг радіаційної небезпеки повинен бути сигнальним, цільовим та комплексним. Завдання сигнального моніторингу - інформувати про необхідність детальних спостережень за територією чи певним об'єктом. Цільовий моніторинг має забезпечувати спостереження за станом найбільш радіаційно небезпечних об'єктів та територій (житловий фонд, громадські приміщення, підприємства харчової промисловості тощо). Комплексний моніторинг передбачає постійний та повний контроль стану радіаційної небезпеки території.

Моніторинг радіаційної небезпеки є невід'ємною частиною управління екологічним станом урбанізованих територій і включає систему спостережень, контролю, прогнозування та керування екологічними процесами [22-24]. Він складається з програмного комплексу, який об'єднаний у систему постійно діючих моделей, де зміни стану однієї з природних сфер або технічного навантаження відображаються у вигляді ідентифікованої реакції об'єкта управління. Моніторинг радіаційної небезпеки вимагає постійного накопичення та декомпозиції бази даних про регламентовані радіаційні параметри для будівельної галузі.

## 2.2. Радіаційний контроль зовнішнього гамма-випромінювання і будівельних матеріалів

### 2.2.1. Визначення потужності поглиненої дози зовнішнього гамма-випромінювання.

Для вимірювання потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в приміщеннях та на відкритій території використовувались дозиметричні прилади, які мають поріг чутливості не

більший за  $0.088 \text{ мкГр} \times \text{год}^{-1}$  (або  $10 \text{ мкГр} \times \text{год}^{-1}$ ) і максимальний рівень залежності реєстрації від випромінювання, що не перевищує 30% в діапазоні енергій від 30 кеВ до 3 МеВ [ 25 ].

Існують різні дозиметричні прилади, які вимірюють іонізуюче випромінювання, вони будуть відрізнятися видом детектора. Детектор є елементом приладу, який використовується для виявлення іонізуючих випромінювань, вимірювання їх енергій та інших властивостей [ 26 ]. До детекторів, що виявляють ефект іонізації в газі, належать іонізаційні камери та газорозрядні лічильники. В іонізаційних камерах електрони та позитивні іони, утворені випромінюванням, під дією електричного поля переміщуються до відповідних електродів, що викликає появу струму в зовнішньому ланцюзі. Величина цього струму є показником іонізаційного ефекту. . Іонізаційні камери заповнюються азотом чи аргоном, об'єм -  $0,01 \dots 0,02 \text{ м}^3$ , тиск -  $200 \dots 300 \text{ Па}$ . Недоліком цих приладів є значний об'єм і маса іонізаційних камер.

Спектрометричний метод вимірювання  $\gamma$ -випромінювання заснований на застосуванні сцинтиляційних чи напівпровідникових детекторів, які будуть реєструвати енергетичний спектр  $\gamma$ -випромінювання, що випромінюється радіонуклідами ряду урану або торію, а також калію-40. За формою спектра розраховується потужність дози. Недолік методу - складність обробки результатів та складна апаратура, до якої входить спектрометричний детектор, польовий багатоканальний аналізатор імпульсів і джерело живлення. В сцинтиляційному дозиметрі детектор -я повітряноеквівалентний пластмасовий сцинтилятор, який покривають сирнистим цинком. Перевагами приладу є портативність дозиметра, висока чутливість, майже відсутня енергетична залежність чутливості. У термолюмінесцентних дозиметрах детектори - на основі кристалів, особливості: дозиметр має найменшу енергетичну залежність дозової чутливості, потребує експозиції більше трьох місяців;  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  дозиметр має найбільшу чутливість і його можуть застосовувати при тижневій експозиції.



Радіаційний контроль рівнів ППД зовнішнього гамма-випромінювання в приміщеннях проводились на протязі всього року крім періодів, коли температура в приміщеннях об'єкту, що обстежується, нижча за  $-10^{\circ}\text{C}$ . Вимірювання ППД поза приміщеннями здійснюється в місцях з рівним рельєфом на висоті 1 м від поверхні ґрунту та на відстані не менше як 1 м від невисотних споруд і 30 м від висотних.

2.2.2. Вимірювання ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах.

Згідно з розробленою методикою, відбір проб є початковим етапом радіометричного аналізу. На місці розташування сировини, будівельних матеріалів або в ємностях для транспортування перевіряють однорідність продукції шляхом експрес-оцінки рівня  $\gamma$ -випромінювання за допомогою переносного радіометра або дозиметра. Результати вимірювань не повинні відрізнятися більш ніж у 2 рази у різних точках залягання матеріалу. У випадку виявлення неоднорідності продукцію слід розділити на декілька однорідних груп з близькими рівнями вимірних значень. З десяти різних ділянок партії одного виду відбирають проби вагою по 2 кг кожна, переміщують їх на піддоні за допомогою лопати і методом квартування виділяють проби об'ємом не менше 1  $\text{дм}^3$ . Проби, що відібрали, подрібнюють до розміру 1-2 мм, пакують у поліетиленові двійні пакети з паспортом, що розміщується між пакетами для збереження, і надсилають до лабораторного аналізу.

Питому активність природних радіонуклідів (ПРН) в будівельних матеріалах визначають методами: радіохімічними, радіометричними та гамма-спектрометричними. Частіше використовують гамма-спектрометричний метод. Радіометричний метод набув значного поширення завдяки його низькій трудомісткості, високій чутливості та точності.

Гамма-спектрометричний метод визначення кількості в пробах ПРН заснований на вимірюванні розподілення амплітуди імпульсів від досліджуваних радіонуклідів в енергетичних інтервалах, що фіксуються. Межами цих інтервалів для сцинтиляційних детекторів з енергетичним розрішенням 9,9...10,5% є такі

ділянки, які містять піки повного поглинання,  $M_{ев}$ : калій-40 — 1,4...1,54; радій-226 — 1,69...1,94; торій-232 — 2,45...2,75 [25].

Радіометричний метод передбачає вимірювання гамма-випромінювання за допомогою гамма-радіометрів у закритих опалюваних приміщеннях при температурі повітря від +10 до +35 °С і відносній вологості до 75% при температурі +35 °С. Для проведення вимірювань пробу в контейнері поміщають у колодязь сцинтиляційного детектора. Тривалість вимірювань гамма-випромінювання повинна бути не менше 20-30 хвилин. У гамма-радіометрі РУГ-91М всі необхідні розрахунки виконуються автоматично, а результати вимірювань питомої активності ізотопів радію-226, торію-232, калію-40, цезію-137, та сумарної ефективної питомої активності відображаються на цифровому індикаторі (Бк/кг) з урахуванням фонових значень. Також автоматично розраховується абсолютна статистична похибка для кожного типу радіонуклідів та сумарної ефективної питомої активності. Результати вимірювання питомої активності радіонуклідів радію-226, торію-232 та калію-40 на гамма-радіометрі рекомендується фіксувати за встановленою формою в робочому журналі або на спеціальному бланку. Подальше використання будівельного матеріалу здійснюється відповідно до класифікації сировини та будівельних матеріалів за класами використання (розділ 1.2). Якщо величина питомої активності будь-якого з радіонуклідів або сумарна ефективна активність з урахуванням допустимої основної відносної похибки перевищують допустимі рівні для відповідного класу матеріалу або сировини, наприклад:

$$A_{\text{торія-232}} = 145 \pm 43, \text{ Бк/кг}; \quad A_{\Sigma\text{эф}} = 245 \pm 37, \text{ Бк/кг},$$

необхідно розширити тривалість вимірювання для зменшення похибки або передати пробу для  $\gamma$ -спектрометричного аналізу.

Експрес-оцінка будівельних матеріалів може проводитися на місці знаходження будівельної сировини або в контейнері для транспортування за допомогою дозиметрів та гамма-радіометрів, які вимірюють потужність експозиційної дози. Після віднімання фону гамма-випромінювання на місці

вимірювання значення приладу слід помножити на калібрований коефіцієнт. Цей коефіцієнт відображає відношення показів конкретного приладу від одного і того ж виду будівельної сировини в стандартній упаковці до вимірювань сумарної питомої активності того ж матеріалу за допомогою гамма-спектрометричного обладнання в лабораторних умовах. Оскільки експрес-оцінка класу будівельної сировини є орієнтовною, у разі перевищення нормативу для першого класу партія сировини не відправляється замовнику. Представницька проба цієї сировини направляється для  $\gamma$ -спектрометричних досліджень в лабораторію з метою точного визначення класу будівельної сировини за різними видами використання.

Гамма-спектрометричний аналіз будівельних матеріалів є складним і дорогим процесом, оскільки він включає передварне сортування продукції, відбір проб та проведення вимірювань в спеціальних лабораторних умовах.

Розроблено новий метод вимірювань природних радіонуклідів, який використовує детектор у вигляді сцинтиляційного кристалу, що наклеєний на фотоприймач. У сцинтиляційному кристалі при впливі фотонного іонізуючого випромінювання виникає світловий спалах оптичного діапазону, інтенсивність якого пропорційна енергії поглиненого фотона. Ці світлові імпульси реєструються фотоприймачем, утворюючи апаратний спектр випромінювання речовини. Активність радіонукліда розраховується за певним алгоритмом на основі швидкості зчитування в різних енергетичних областях спектру. Маса проби складає 1,5 кг. Детектор розміщено в свинцевому коліматорі, що захищає його від зовнішнього фону. Для підвищення чутливості вимірювання виконуються два режими: з відкритим коліматором та з коліматором, який закрито свинцевою заглишкою. Цей метод дозволяє проводити контроль будівельних матеріалів безпосередньо на місці їх розташування без відбору проб і контролювати готові будівельні матеріали і споруди без їх порушення. Маса приладу - 13 кг (маса детекторної частини - 10 кг). Тривалість одного вимірювання для будівельного матеріалу з  $A_{\text{ef}} = 100$  Бк/кг (при похибці 30%) не перевищує 10 хвилин.

### 2.3. Розробка методів багатофакторних досліджень для управління системою радіаційного захисту

Науково обґрунтований підхід до проблеми зменшення радіаційної небезпеки для населення базується на теорії системи радіаційного захисту, що включає такі принципи:

- нормування – це встановлення контролю ризиків в разі потенційного опромінення, що направлений на те, щоб жодна людина, що підпадає під опромінення, не отримала недопустиму дозу;

- оптимізація – полягає у пошуку найбільш ефективної системи організаційно-технологічних заходів, щоб звести до можливого мінімуму радіаційні ризики для здоров'я людей;

- обґрунтування системи профілактичних заходів - це дозволить забезпечити перевищення користі для об'єкта опромінення над шкодою, що йому спричиняється, із врахуванням соціальних наслідків і економічних затрат на реалізацію радіаційного захисту.

Стохастичний ефект дії іонізуючого випромінювання обґрунтовує необхідність пошуку заходів зниження доз опромінення навіть у тих випадках, коли вони не перевищують нормованих величин. Причиною цього є ризик кров'яного ураження, що обумовлений небезпекою виникнення віддалених наслідків опромінення (злоякісні пухлини, генетичні зміни тощо) [ 18 ].

Стратегія пошуку оптимальних організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки базується на формуванні пакету методів та заходів, при реалізації яких зменшиться вплив іонізуючого випромінювання на організм людини [ 28]. При цьому наступним етапом є відбір найбільш ефективних критеріїв зниження дози опромінення з врахуванням економічних, соціальних та інших факторів.

Предмет дослідження такого багатофакторного об'єкта як організація будівельного виробництва за умов дії регламентованих радіаційних параметрів

і технологічний процес управління радіаційною якістю готової будівельної продукції може бути представлений у вигляді “чорного ящика” (рис. 2.6.)

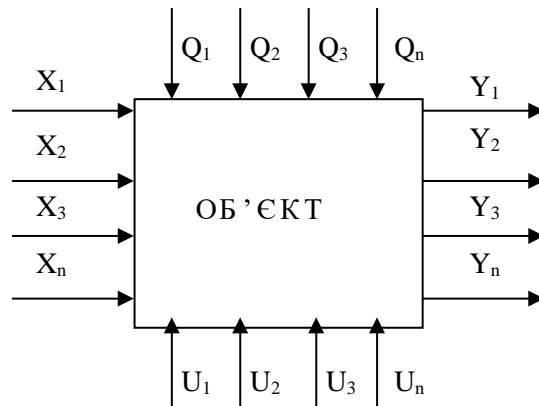


Рисунок 2.3 - Структурна модель управління системою радіаційної якості будівельної продукції

Об’єкт моделювання – радіаційна якість готової будівельної продукції визначається залежністю від таких факторів як некерована величина, керуючі змінні, збуруючі впливи та вихідні параметрами. Ці фактори оцінюються кількісними та якісними параметрами і характеризуються значною варіантністю на всіх етапах інвестиційного циклу в будівництві.

Некеровані величини  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  – регламентовані радіаційні параметри будівельного об’єкту, що можуть лише контролюватися в процесі будівництва і експлуатації, але їх цілеспрямоване змінювання не завжди економічно й технічно доцільно.

Збуруючі впливи  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$  – параметри, фізична природа яких, інтенсивність і характер змінення у часі та прикладання до об’єкту визначається неточністю вихідних даних.

Керуючі змінні  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$  – параметри, що характеризують організаційно-технологічні рішення по зменшенню радіаційної небезпеки в будівництві. Ці фактори є компонентами системи управління радіаційним станом будівельного об’єкту з метою зниження колективної дози опромінення

населення.

Вихідні параметри  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$  характеризують радіаційну якість товарної будівельної продукції та економічні показники ефективності організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки.

Завдання багатофакторних досліджень для управління системою радіаційного захисту вирішуються за допомогою методів, що базуються на теорії планування експерименту, байєсовському підході, методі фазового інтервалу, логічному програмуванні та інших [29].

Методи, що ґрунтуються на теорії планування експерименту [ 29 ], передбачають реєстрацію вихідного показника, тобто регламентованого параметра іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів в будівництві, при різних значеннях параметрів, що впливають на його величину. На основі встановлених вхідних і вихідних кількісних факторів визначаються залежності регресії, які можуть бути лінійними або нелінійними. Використання цього методу вимагає обробки великої кількості експериментальних даних для отримання достовірних результатів моделювання. Умови експерименту значно впливають на значення вихідного параметра, тому екстраполяція рівнянь регресії на об'єкти з параметрами, що відрізняються від тих, для яких була розроблена модель, може призводити до недостовірних результатів.

Байєсовський підхід [30] дозволяє перетворювати апостеріорні ймовірності різних прогнозів на апостеріорні, використовуючи інформацію про вхідні фактори, стан яких визначається вектором параметрів прогнозу. Після обчислення апостеріорних ймовірностей всіх можливих прогнозів вибирається той, який має найбільшу ймовірність. Однак цей підхід має певні обмеження. Накопичення необхідної статистичної інформації вимагає великої кількості експериментальних даних про регламентовані радіаційні параметри будівельного об'єкта. При прогнозуванні за байєсовським підходом кожне ймовірне значення має свій набір факторів, що не перетинаються, але ця умова не завжди виконується, оскільки однакові групи факторів можуть зустрічатися при різних прогнозах. Значні труднощі виникають при додаванні нової інформації, оскільки

потрібно повторно обчислювати всі ймовірності.

Метод фазового інтервалу та його модифікації [31] передбачають визначення прогнозу на основі обчислення відстані між двома точками в фазовому просторі. Створюється n-мірний простір, де кожна координата відповідає одному з факторів, у нашому випадку рівню іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів. На основі експериментальних даних і характеристик об'єкта дослідження в фазовому просторі виділяються множини точок, що відповідають певним прогнозам. Цей метод не потребує великої кількості статистичних даних, але його використання обмежено лише кількісними та бінарними параметрами факторів, що впливають на об'єкт дослідження.

В експертних системах ми рекомендуємо використовувати метод логічного програмування [32], де в якості мови високого рівня використовується логіка предикатів першого порядку. Мова логічного програмування Пролог, теоретичною основою якої є апарат висловлювальних функцій, дозволяє виконувати пошук ланцюга правил, що ведуть від факторів до прогнозу або від прогнозу до факторів. Цей метод дозволяє не лише здійснювати прогнозування, але й пояснювати причини прийняття рішення. Для реалізації дедуктивного логічного висновку в Пролозі існує операція пошуку "ЯКЩО-ТО". Однак, мова Пролог не забезпечує можливості логічного висновку в проміжних точках, що характеризують параметри дослідження. Внаслідок цього, зберігання в базі знань необхідної інформації про всі допустимі значення параметрів дослідження та їх обробка з метою отримання логічного висновку є дуже трудомісткими.

Ряд наукових досліджень, спрямованих на побудову експертно-моделюючих систем для управління складними процесами, базується на теорії нечітких множин [33,34] та лінгвістичних змінних. Експертна частина цієї системи ґрунтується на механізмі нечіткого логічного висновку і базі знань, що побудована з використанням експертно-логічних правил типу "ЯКЩО-ТО". Моделююча частина передбачає можливість комп'ютерного моделювання для спостереження за зміною параметрів об'єкта дослідження при варіації

впливаючих на нього факторів.

Універсальна множина (U) є повною множиною, що охоплює всю проблемну область. Нечітка множина F множини U визначається через функцію належності  $\mu_F(u)$ , де u - елемент множини U, тобто  $u \in U$  [ 34 ].

Функція належності відображає елементи з множинами U на множині дійсних чисел в інтервалі (0,1), кожне з яких вказує на ступінь належності кожного елемента  $u \in U$  нечіткій множині  $F \in U$ . Нечітку множину представляють у вигляді:

$$F = \frac{\mu_F(u_1)}{(u_1)} + \frac{\mu_F(u_2)}{(u_2)} + \dots + \frac{\mu_F(u_n)}{(u_n)} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_F(u_i)}{(u_i)} . \quad (2.1)$$

Нечіткі відношення між множинами  $F \in U$  і  $G \in V$  при виконанні правила типу "ЯКЩО F, ТО G", що використовують нечіткі множини  $F \in U$  і  $G \in V$ , визначаються матрицею:

$$R = F \times G = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^m \left\{ \mu_F(u_i) \wedge \mu_G(V_j) \right\} / (u_i, V_j) , \quad (2.2)$$

в якій елемент, що знаходиться на перетині i-ої стрічки та j-ого стовпця визначається так:

$$\mu_R(u_i, V_j) = \mu_F(u_i) \wedge \mu_G(V_j) , \quad (2.3)$$

де  $\wedge$  - знак операції взяття мінімуму.

Лінгвістична змінна - це змінна, значення якої є слова або речення природної мови, тобто якісні терміни. Використовуючи поняття функцій належності, кожен із лінгвістичних термінів представляють у вигляді нечіткої множини, заданої на універсальній множині.

Згідно з принципом лінгвістичних знань, причинно-наслідкові зв'язки між факторами, що впливають на параметри об'єкта дослідження, описуються природною мовою, а потім формалізуються у вигляді сукупності нечітких



логічних висловлювань типу "ЯКЩО-ТО, ІНАКШЕ". Джерелом таких висловлювань є знання та досвід експертів. Особливістю нечітких висловлювань є те, що їх адекватність не змінюється при незначних змінах параметрів об'єкта дослідження, на відміну від традиційних моделей, що використовуються при багатofакторних дослідженнях і ґрунтуються тільки на кількісних оцінках.

Застосування принципу ієрархічності бази знань дозволяє подолати труднощі, пов'язані з різними розмірностями параметрів, що впливають на об'єкт. Щоб усунути проблеми, що виникають при побудові системи висловлювань про причинно-наслідкові зв'язки між великою кількістю факторів, виконують класифікацію всіх факторів у вигляді дерева логічного висновку. Це дерево визначає систему вкладених одне в одне висловлювань знань меншої розмірності.

Прогноз стану об'єкта, що досліджується, а саме управління системою радіаційного захисту, можна здійснювати з використанням узагальненого елемента нечіткого логічного висновку [ 34 ]. Цей елемент описує залежність  $b = f_b(a_1, a_2, \dots, a_n)$  за допомогою системи нечітких логічних висловлювань

$$\text{ЯКЩО } \bigcup_{p=1}^{K_j} \left[ \bigcup_{i=1}^n (a_i = A_i^{jP}) \right], \text{ ТО } b = V_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.4)$$

де  $V_j$  - нечіткий терм для оцінки  $j$ -ого рівня вихідної змінної  $b$ ;

$m$  - кількість термів для оцінки змінної  $b$ ;

$A_i^{jP}$  - нечіткий терм для оцінки вхідної змінної  $a_i$  в  $p$ -ому рядку матриці знань, що відповідає терму  $V_j$ ;

$p = \overline{1, k}$ ,  $K_j$  - кількість рядків, що відповідає терму  $V_j$ ;

$U((\cap))$  - символ операції АБО(І).

Застосування нечіткого логічного висновку в багатofакторних дослідженнях радіаційної небезпеки з подальшою дефазифікацією до ієрархічних впорядкованих систем лінгвістичних висловлювань із взаємозв'язками вхідних і вихідних параметрів процесу сприяє створенню експертно-моделюючої системи

управління радіаційним захистом на основі віртуального експерименту. Цей метод дозволяє використовувати наявну експертну інформацію в умовах, коли фізичне моделювання процесів захисту населення від іонізуючого випромінювання практично неможливе.

#### Висновки до другого розділу

1. Вивчення будівельних об'єктів з регламентованими радіаційними параметрами на рівнях регіонального і локального спрямоване на розуміння їх складності та багатофакторності. Аналіз цих об'єктів на всіх етапах інвестиційного циклу вимагає детального розгляду факторів, які впливають на вибір моделі управління проектами з радіаційного захисту. Отримані результати експериментальних робіт стають основою для теоретичних досліджень щодо обґрунтування організаційно-технологічних заходів для підвищення якості радіаційного захисту будівельних об'єктів.
2. Розроблені вимоги до технічного забезпечення методів та засобів контролю радіаційних параметрів в системі моніторингу радіаційної безпеки на об'єктах житлово-цивільного та промислового призначення.
3. Традиційні методи для аналізу складних еколого-економічних систем не здатні достатньо описати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами впливу та прогнозованою величиною за допомогою якісних показників. Використання теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних дозволяє на етапі техніко-економічного обґрунтування приймати оптимальні організаційно-технологічні рішення зі зменшення радіаційної небезпеки в будівництві.

## **3 ЕКСПЕРТНО-МОДЕЛЮЮЧА СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ**

3.1. Класифікація факторів, що впливають на вибір моделі управління проектами по зменшенню радіації

Система управління проектами по радіаційному захисту успішно функціонує тільки при активному обміні інформацією бази даних рівнів іонізуючого випромінювання на трьох основних рівнях: національному, регіональному та локальному.

Додержання основних принципів радіаційної безпеки є державною політикою України. Найбільшу частину (83.2%) з керованих компонентів радіаційної небезпеки в будівництві складають радіонукліди в будівельних матеріалах та радон в повітрі приміщень. Управління організаційно-технологічними заходами по зниженню радіаційної небезпеки базується на моніторингу радіаційного фактору в галузі [24]. Структурно-алгоритмічна модель моніторингу радіаційного фактору з врахуванням ефективної сумарної питомої активності радіонуклідів будівельних матеріалів ( $A_{\text{сф}}$ ) представлена на рис.3.1.

Моделювання багатфакторного процесу прогнозування ППД гамма-випромінювання в приміщенні житлово-цивільного та промислового призначення на базі даних, що реєструються як вихідні показники, при різних сполученнях факторів з використанням кореляційно-регресивного аналізу не дозволяє отримати в повній мірі достовірні результати. В зв'язку з цим прогнозування впливу природних радіонуклідів радія-226, торія-232, калія-40 на кінцевий рівень ППД гамма-випромінювання в залежності від факторів, що впливають на цей процес, повинно ґрунтуватися на основі експертних оцінок, які мають якісний характер. З метою створення експертно-моделюючої системи для багатфакторного аналізу був використаний математичний апарат, що базується на теорії нечіткої логіки [33-35].

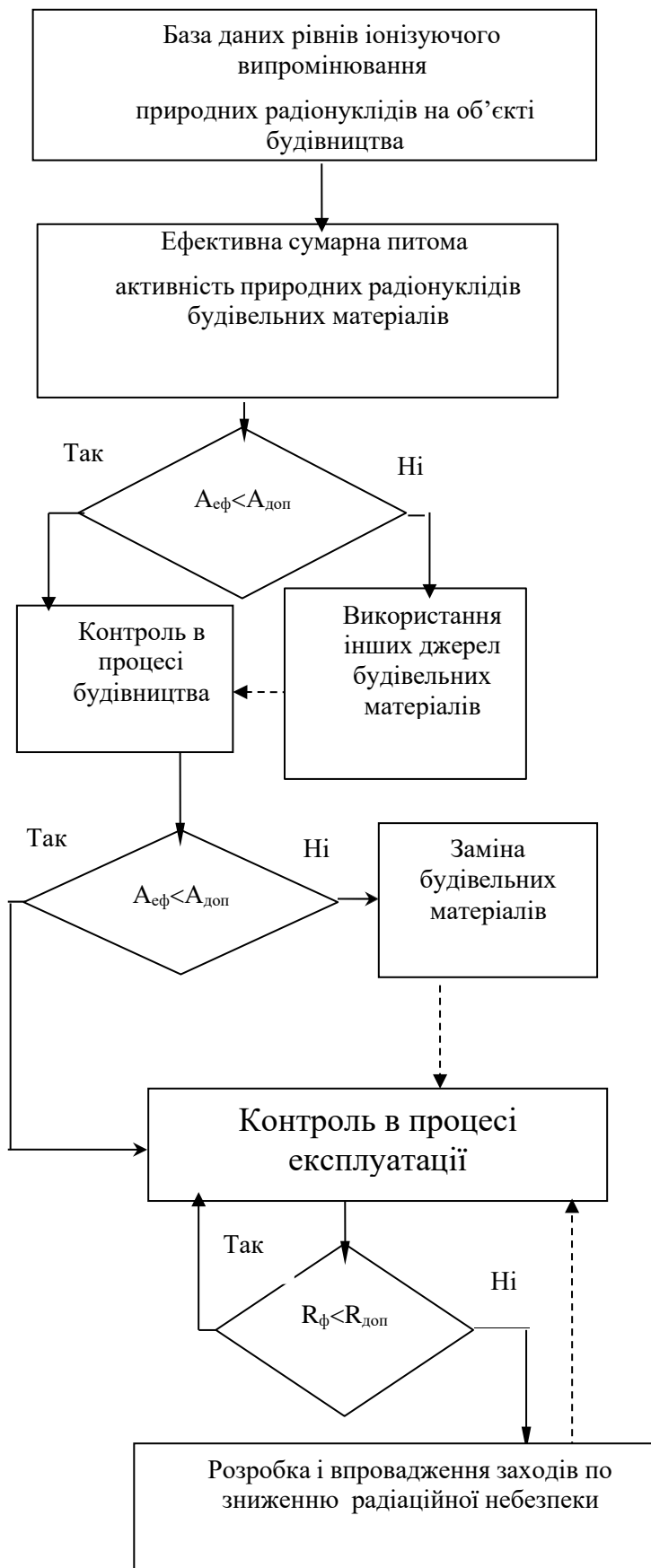


Рисунок 3.1 - Структурно-алгоритмічна модель моніторингу радіаційного фактору

Цей підхід представляє собою систему взаємопов'язаних математичних моделей, алгоритмів та формалізованих методик, які дозволяють використовувати експертну та лінгвістичну інформацію для передбачення рівнів поглиненої дози гамма-випромінювання в залежності від впливу різноманітних факторів. Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на величину ППД гамма-випромінювання в приміщенні, виконана їх класифікація (рис. 3.2).

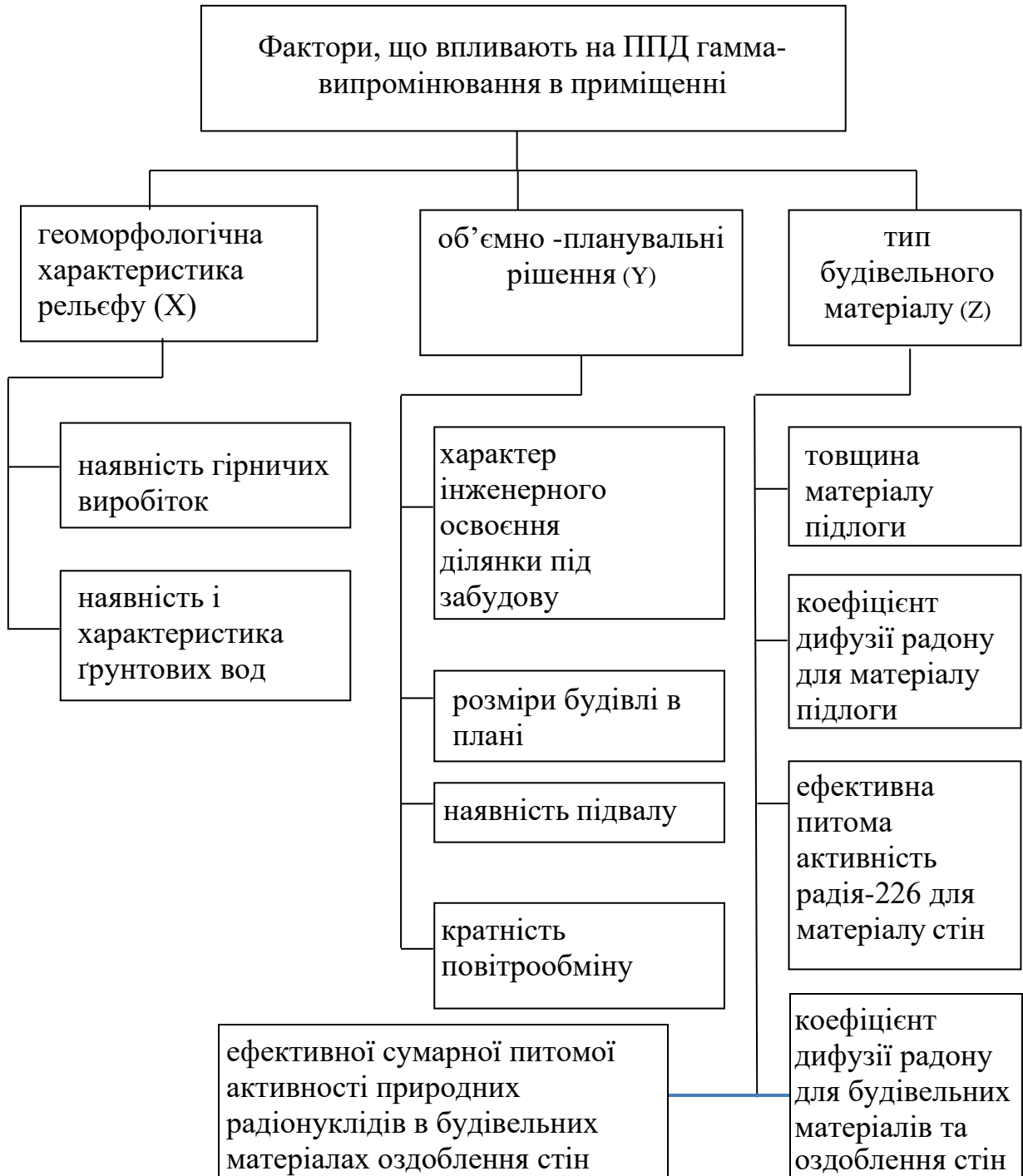


Рисунок 3.2 - . Класифікація факторів, що впливають на величину ППД гамма-випромінювання в приміщенні

Розглядаючи цей процес на системному рівні, лінгвістичну змінну  $C$ , що описує ППД гамма-випромінювання в приміщенні, можна представити у вигляді співвідношення:

$$C = f(X, Y, Z), \quad (3.1)$$

де  $X$  - лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує геоморфологічну характеристику рельєфу;

$Y$  - ЛЗ, що описує об'ємно -планувальні рішення;

$Z$  - ЛЗ, що описує тип будівельного матеріалу.

ЛЗ, що описує геоморфологічну характеристику рельєфу, може бути представлена співвідношенням:

$$X = f_x(x_1, x_2), \quad (3.2)$$

де  $x_1$  -- ЛЗ "наявність гірничих виробіток";

$x_2$  - ЛЗ "наявність і характеристика ґрунтових вод";

Лінгвістичну змінну, що описує об'ємно-планувальні рішення, можна розгорнути в співвідношення:

$$Y = f_y(y_1, y_2, y_3, y_4), \quad (3.3)$$

де  $y_1$  - ЛЗ "характер інженерного освоєння території";

$y_2$  - ЛЗ "розміри будівлі в плані";

$y_3$  - ЛЗ "наявність підвалу";

$y_4$  - ЛЗ " кратність повітрообміну "

Лінгвістичну змінну, що описує тип будівельного матеріалу, можна розгорнути в співвідношення:

$$Z = f_z(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5), \quad (3.4)$$

де  $z_1$  - ЛЗ "товщина матеріалу підлоги "

$z_2$  - ЛЗ "коефіцієнт дифузії радону для матеріалу підлоги";

$z_3$  - ЛЗ "ефективна питома активність радія-226 для матеріалу стін";

$z_4$ - ЛЗ "коефіцієнт дифузії радону для будівельних матеріалів та оздоблення стін"

$z_5$  - ЛЗ "ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах".

За результатами аналізу ієрархічної сукупності співвідношень (3.1) – (3.4) побудовано дерево логічного висновку (рис. 3.3), у вузлах якого позначені номери формул. Оцінка значень лінгвістичних змінних, які наведені в співвідношеннях (3.1) - (3.4), проводиться за допомогою системи якісних термінів: Н - низький; нС - нижче середнього; С - середній; вС - вище середнього; В - високий. Кожний з цих термінів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Для лінгвістичних змінних оціночні терми наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Фактори впливу — як лінгвістичні зміни

Позначення та назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
$x_1$ – наявність гірничих виробіток	(1...3) у.о.	Відсутні, часткові, значні
$x_2$ – наявність і характеристика ґрунтових вод	(1...3) у.о.	Глибокого залягання, середнього залягання, високого залягання
$y_1$ – характер інженерного освоєння території	0...20%	Низький, середній, високий
$y_2$ – розміри будівлі в плані	50...200 м <sup>2</sup>	Мала, середня, велика
$y_3$ – наявність підвалу під кімнатою	0...100%	Відсутній, частково, повністю
$y_4$ – кратність повітрообміну	0 ... 100 м <sup>3</sup> /год	Низька, середня, висока
$z_1$ - товщина перекриття	0,1 ... 0,4 м	Мала, середня, велика
$z_2$ – коефіцієнт дифузії радону для матеріалу підлоги	1 ... 1,3·10 <sup>6</sup>	Малий, середній, високий
$z_3$ - ефективна питома активність радія-226 для матеріалу стін	0,04 ... 7 Бк/кг	Низька, середня, висока
$z_4$ – коефіцієнт дифузії радону для будівельних матеріалів оздоблення стін	1 ... 1,3·10 <sup>6</sup>	Малий, середній, високий
$z_5$ - ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах	0.....1350 Бк/кг	Низька, середня, висока

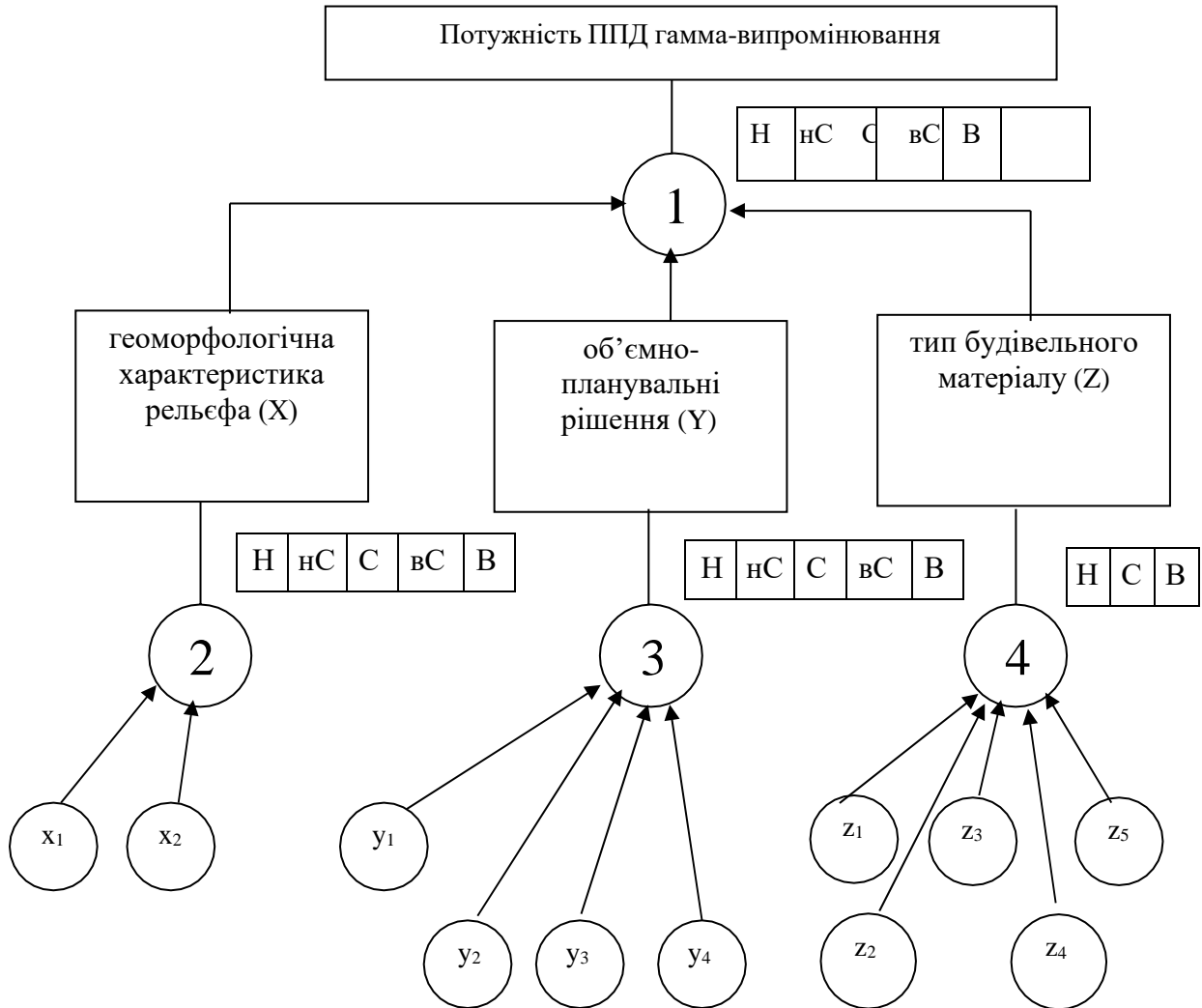


Рисунок 3.3 - Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів



Дерево логічного висновку (рис.3.3), що побудоване за класифікованими факторами впливу на величину ППД гамма-випромінювання, визначає систему вкладених одне в одного висловлювань, тобто їх ієрархічний зв'язок. Корінь дерева логічного висновку відповідає ППД гамма-випромінювання, а висячі вершини – фактором, що впливають на її величину.

### 3.2. Побудова функцій належності нечітких оцінок впливу факторів.

Одним з джерел інформації для розробки експертно-моделюючої системи прийняття рішень по зменшенню радіації є експертні оцінки, які мають якісний характер і доступні проектувальникам. Запропонований метод побудови функцій належності передбачає перетворення нечітких оцінок впливу факторів у відповідні нечіткі терміни, які визначаються на певних універсальних множинах під час етапу фазифікації.

Нечітка множина, за допомогою якої формалізується терм  $\tilde{S}$ , є сукупність пар [103]:

$$\tilde{S} = \left\{ \frac{\mu_s(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_s(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_s(u_n)}{u_n} \right\}, \quad (3.5)$$

де  $\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = U$  - універсальна множина, на якій задається нечітка множина  $S \in U$ ;

$\mu_s(u_i)$  - ступінь належності елемента  $u_i \in U$  до нечіткої множини  $\tilde{S}$ .

Невідому функцію належності буде складати сукупність значень  $\mu_s(u_i)$  для всіх  $i = \overline{1, n}$ , яку необхідно визначити. Метод розв'язання цієї задачі базується на ідеї розподілу ступенів належності універсальної множини згідно їх рангам. Під рангами елемента  $u_i \in U$  розуміється число  $r_s(u_i)$ , яке характеризується значимістю цього елемента в формуванні властивості, що описується нечітким термом  $\tilde{S}$ . При цьому виконується припущення, що чим більше ранг елемента, тим більше ступінь його належності.



$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \dots & \frac{r_n}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \dots & \frac{r_n}{r_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{r_1}{r_n} & \frac{r_2}{r_n} & \frac{r_3}{r_n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \quad (3.9)$$

За відомими елементами одного рядка матриці (3.9) знаходяться елементи всіх інших рядків. Довільний елемент  $a_{ij}$ , якщо відомі елементи  $a_{kj}$ ,  $k, i=\overline{1, n}$  певного  $r$ -ого рядка, обчислюються так

$$a_{ij} = a_{kj} / a_{ki}, \quad i, j, k = \overline{1, n} \quad (3.10)$$

Для експертної оцінки елементів матриці (3.9) користуються 9-ти бальною шкалою Сааті [ 102 ], яка формується так

$$a_{ij} = r_i / r_j = \begin{cases} 1, & \text{при відсутності переваги } r_i \text{ над } r_j; \\ 3, & \text{при слабкій перевазі } r_i \text{ над } r_j; \\ 5, & \text{при суттєвій перевазі } r_i \text{ над } r_j; \\ 7, & \text{при явній перевазі } r_i \text{ над } r_j; \\ 9, & \text{при абсолютній перевазі } r_i \text{ над } r_j; \\ 2, 4, 6, 8 & - \text{ проміжні порівняльні оцінки.} \end{cases}$$

Запропонований метод реалізується за допомогою алгоритму побудови функції належності (рис.3.4).

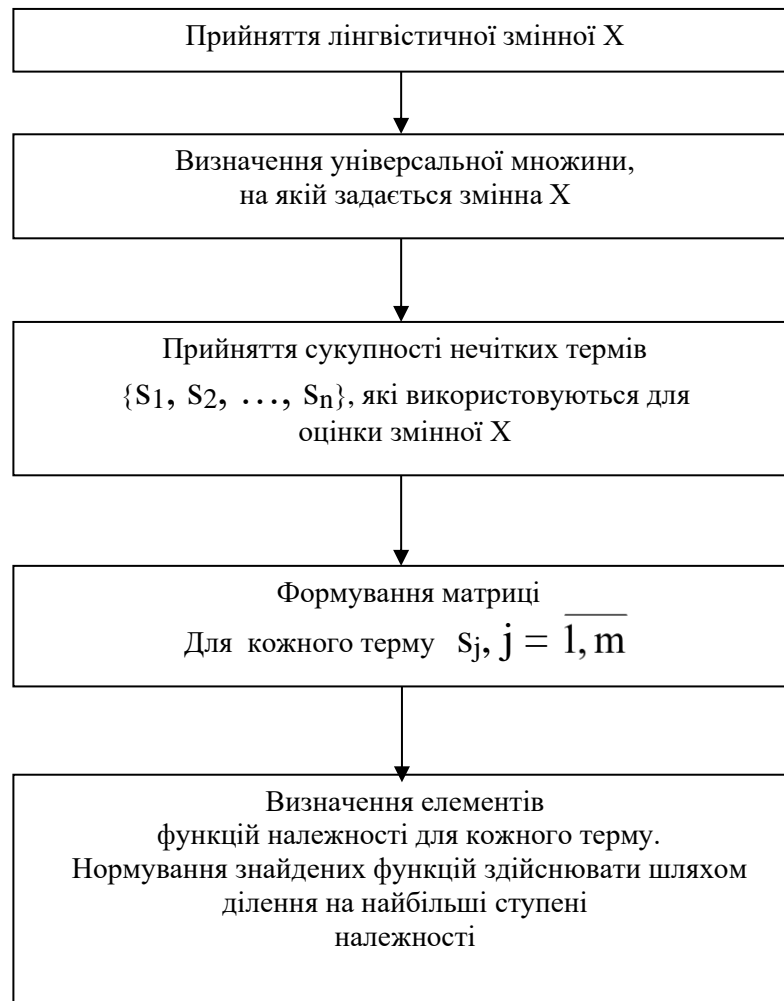


Рисунок 3.4 - Алгоритм побудови функції належності

Запропонована методика побудови функції належності детально розглядається на прикладі фактору  $z_5$  - ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах. Для решти факторів, що впливають на величину ПІД гамма-випромінювання наводяться тільки кінцеві результати у вигляді функцій належності (рис.3.5 - 3.8).

1. Фактор  $z_5$  - ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах

$$U(x_1) = [ 0,1350 ] \text{ Бк/кг} .$$

Для лінгвістичної оцінки фактора  $z_5$  використовується терм-множина :

$T(x_1) = \langle \text{низька, менше середнього, середня, більше середнього, висока} \rangle$ .

Матриця, що відображає парні порівняння різних величин з точки зору їх близькості до терму "низька", має вигляд

$$A_{\text{"низька"}}(z_1) = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ u_1 & 1 & 7/9 & 5/9 & 3/9 & 1/9 \\ u_2 & 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 & 1/7 \\ u_3 & 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 & 1/5 \\ u_4 & 9/3 & 7/3 & 5/3 & 1 & 1/3 \\ u_5 & 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \end{array} \\ \end{array} \quad (3.11)$$

При формуванні цієї матриці експертно визначалися тільки елементи п'ятої стрічки, елементи інших стрічок підраховувалися відповідно до рівняння (3.10).

Застосувавши співвідношення (3.8) до матриці  $A_{\text{"низька"}}(z_1)$ , отримуємо ступені належності елементів  $u_1 \dots u_5$  до терму "низька":

$$\mu_{\text{"низька"}}(u_1) = \frac{1}{1 + \frac{7}{9} + \frac{5}{9} + \frac{3}{9} + \frac{1}{9}} = 0,36;$$

$$\mu_{\text{"низька"}}(u_2) = \frac{1}{\frac{9}{7} + 1 + \frac{5}{7} + \frac{3}{7} + \frac{1}{7}} = 0,28;$$

$$\mu_{\text{"низька"}}(u_3) = \frac{1}{\frac{9}{5} + \frac{7}{5} + 1 + \frac{3}{5} + \frac{1}{5}} = 0,20;$$

$$\mu_{\text{"низька"}}(u_4) = \frac{1}{\frac{9}{3} + \frac{7}{3} + \frac{5}{3} + 1 + \frac{1}{3}} = 0,12;$$

$$\mu_{\text{"низька"}}(u_5) = \frac{1}{9 + 7 + 5 + 3 + 1} = 0,04.$$

Аналогічно визначаємо матриці парних порівнянь для термів "менше середнього", "середній", "більше середнього", "високий" та відповідні ступені

належності. Результати наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Матриці парних порівнянь та ступенів належності

Терми для оцінки	Матриця парних порівнянь	Ступені належності																									
менше середнього	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>6/4</td><td>1</td><td>2/4</td><td>1/4</td></tr> <tr><td>4/6</td><td>1</td><td>4/6</td><td>2/6</td><td>1/6</td></tr> <tr><td>1</td><td>6/4</td><td>1</td><td>2/4</td><td>1/4</td></tr> <tr><td>4/2</td><td>6/2</td><td>4/2</td><td>1</td><td>1/2</td></tr> <tr><td>4</td><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	1	6/4	1	2/4	1/4	4/6	1	4/6	2/6	1/6	1	6/4	1	2/4	1/4	4/2	6/2	4/2	1	1/2	4	6	4	2	1	$\mu(u_1) = 0,24$ $\mu(u_2) = 0,35$ $\mu(u_3) = 0,24$ $\mu(u_4) = 0,12$ $\mu(u_5) = 0,08$
1	6/4	1	2/4	1/4																							
4/6	1	4/6	2/6	1/6																							
1	6/4	1	2/4	1/4																							
4/2	6/2	4/2	1	1/2																							
4	6	4	2	1																							
середня	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>7/5</td><td>9/5</td><td>7/5</td><td>1</td></tr> <tr><td>5/7</td><td>1</td><td>9/7</td><td>1</td><td>5/7</td></tr> <tr><td>5/9</td><td>7/9</td><td>1</td><td>7/9</td><td>5/9</td></tr> <tr><td>5/7</td><td>1</td><td>9/7</td><td>1</td><td>5/7</td></tr> <tr><td>1</td><td>7/5</td><td>9/5</td><td>7/5</td><td>1</td></tr> </table>	1	7/5	9/5	7/5	1	5/7	1	9/7	1	5/7	5/9	7/9	1	7/9	5/9	5/7	1	9/7	1	5/7	1	7/5	9/5	7/5	1	$\mu(u_1) = 0,15$ $\mu(u_2) = 0,22$ $\mu(u_3) = 0,27$ $\mu(u_4) = 0,22$ $\mu(u_5) = 0,15$
1	7/5	9/5	7/5	1																							
5/7	1	9/7	1	5/7																							
5/9	7/9	1	7/9	5/9																							
5/7	1	9/7	1	5/7																							
1	7/5	9/5	7/5	1																							
більше середнього	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>7/9</td><td>5/9</td><td>3/9</td><td>1/9</td></tr> <tr><td>9/7</td><td>1</td><td>5/7</td><td>3/7</td><td>1/7</td></tr> <tr><td>9/5</td><td>7/5</td><td>1</td><td>3/5</td><td>1/5</td></tr> <tr><td>9 3</td><td>7/3</td><td>5 3</td><td>1</td><td>1/3</td></tr> <tr><td>9</td><td>7</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td></tr> </table>	1	7/9	5/9	3/9	1/9	9/7	1	5/7	3/7	1/7	9/5	7/5	1	3/5	1/5	9 3	7/3	5 3	1	1/3	9	7	5	3	1	$\mu(u_1) = 0,05$ $\mu(u_2) = 0,14$ $\mu(u_3) = 0,27$ $\mu(u_4) = 0,32$ $\mu(u_5) = 0,23$
1	7/9	5/9	3/9	1/9																							
9/7	1	5/7	3/7	1/7																							
9/5	7/5	1	3/5	1/5																							
9 3	7/3	5 3	1	1/3																							
9	7	5	3	1																							
висока	<table border="1"> <tr><td></td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>1/3</td><td>1</td><td>5/3</td><td>7/3</td><td>9/3</td></tr> <tr><td>1/5</td><td>3/5</td><td>1</td><td>7/5</td><td>9/5</td></tr> <tr><td>1/7</td><td>3 7</td><td>5/7</td><td>1</td><td>9/7</td></tr> <tr><td>1/</td><td>3/</td><td>5/9</td><td>7</td><td>1</td></tr> </table>		3	5	7	9	1/3	1	5/3	7/3	9/3	1/5	3/5	1	7/5	9/5	1/7	3 7	5/7	1	9/7	1/	3/	5/9	7	1	$\mu(u_1) = 0,04$ $\mu(u_2) = 0,12$ $\mu(u_3) = 0,20$ $\mu(u_4) = 0,28$ $\mu(u_5) = 0,36$
	3	5	7	9																							
1/3	1	5/3	7/3	9/3																							
1/5	3/5	1	7/5	9/5																							
1/7	3 7	5/7	1	9/7																							
1/	3/	5/9	7	1																							

Отримані результати функцій належності пронормовані на одиницю шляхом ділення на найбільшу ступень належності. В результаті цього різні ефективна

сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах представлені у вигляді таких нечітких множин:

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах "низька"

$$= \left\{ \frac{1}{0}; \frac{0,78}{340}; \frac{0,56}{740}; \frac{0,33}{1000}; \frac{0,11}{1350} \right\};$$

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах "менше середнього"

$$= 7 \left\{ \frac{0,69}{0}; \frac{1}{370}; \frac{0,69}{740}; \frac{0,34}{1000}; \frac{0,17}{1350} \right\};$$

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах "середня"

$$= \left\{ \frac{0,56}{0}; \frac{0,81}{370}; \frac{1}{740}; \frac{0,81}{1000}; \frac{0,56}{1350} \right\};$$

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах "більше середнього"

$$= \left\{ \frac{0,16}{0}; \frac{0,44}{370}; \frac{0,84}{740}; \frac{1}{1000}; \frac{0,72}{1350} \right\};$$

- ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах "висока"

$$= \left\{ \frac{0,11}{0}; \frac{0,33}{370}; \frac{0,56}{740}; \frac{0,78}{1000}; \frac{1}{1350} \right\}.$$

Отримані нечіткі множини свідчать про те, що на ППД гамма випромінювання впливають ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах: 1350 Бк/м<sup>3</sup> - на першому місці по впливу; 1000 Бк/м<sup>3</sup> - на другому; 740 Бк/м<sup>3</sup> - на третьому, 370 Бк/м<sup>3</sup> - на четвертому, 0 - на

п'ятому.

Нечіткі множини можна описати за допомогою графіків, які наведені на рис. 3.4 - 3.8.

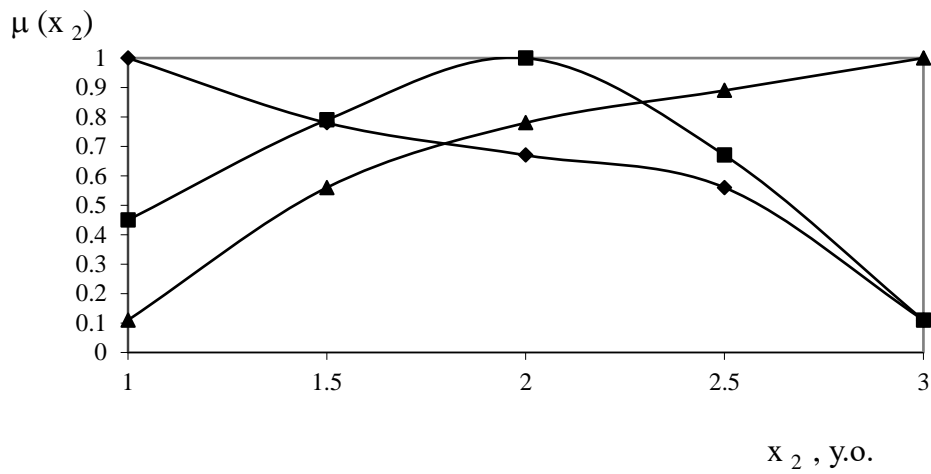
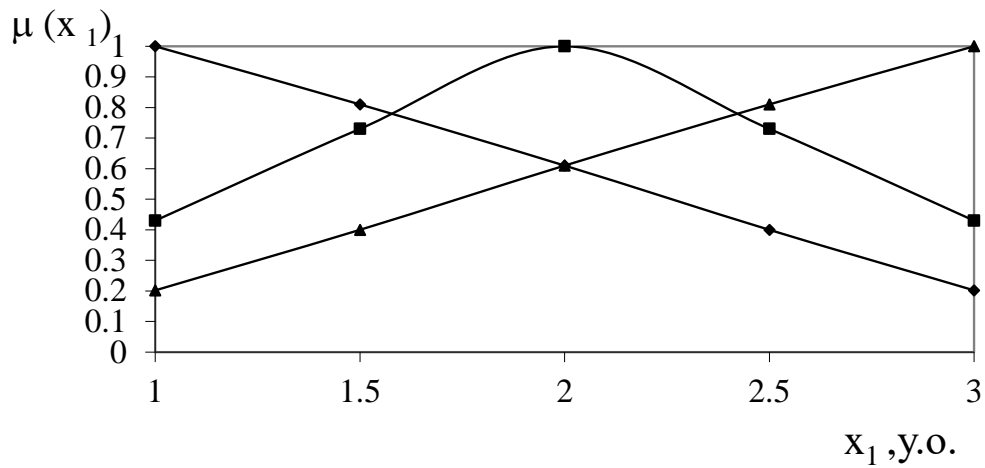


Рисунок 3.4 - . Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують геоморфологічна характеристика рельєфу



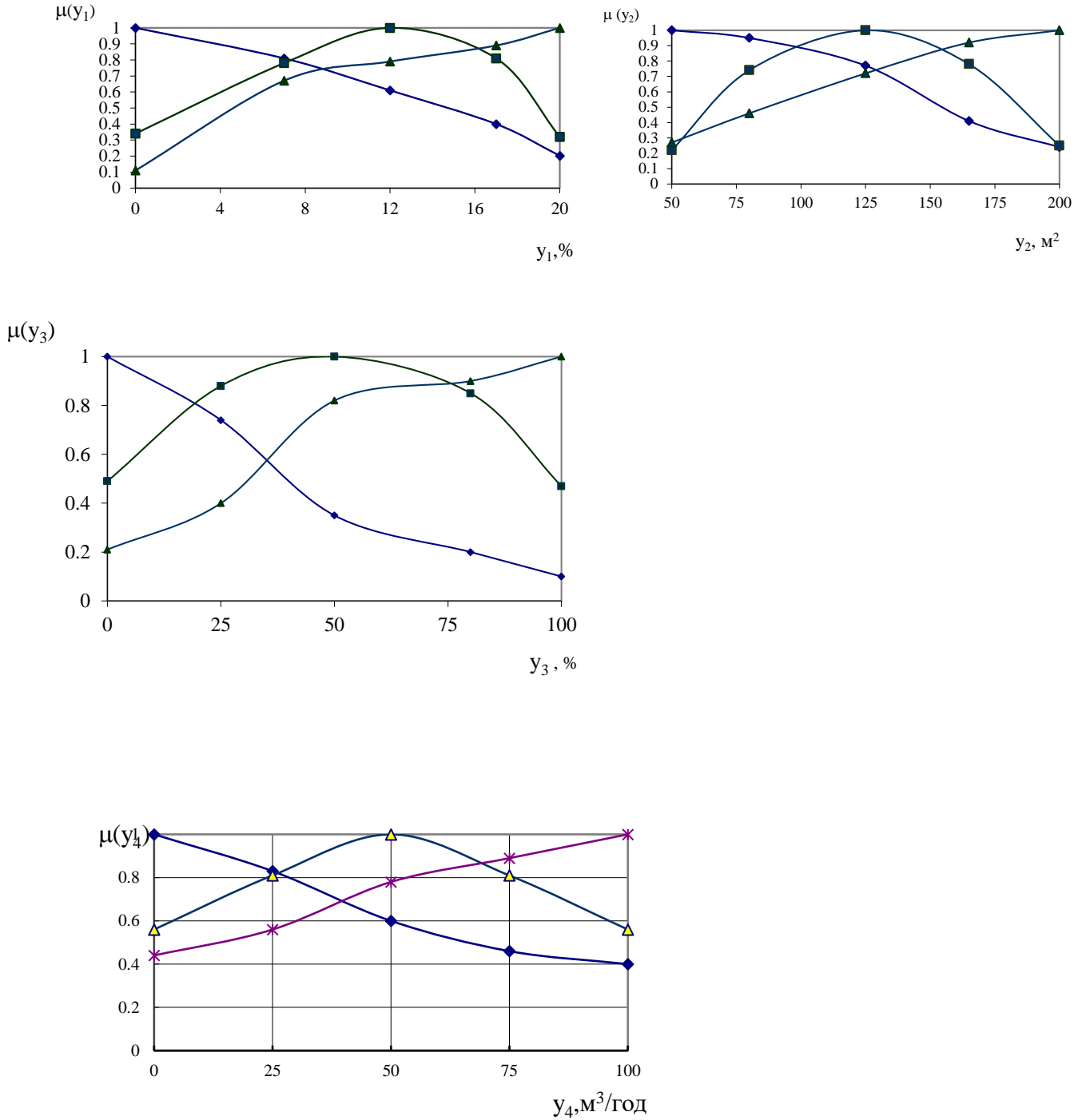


Рисунок 3.5 - . Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують об'ємно-планувальні рішення

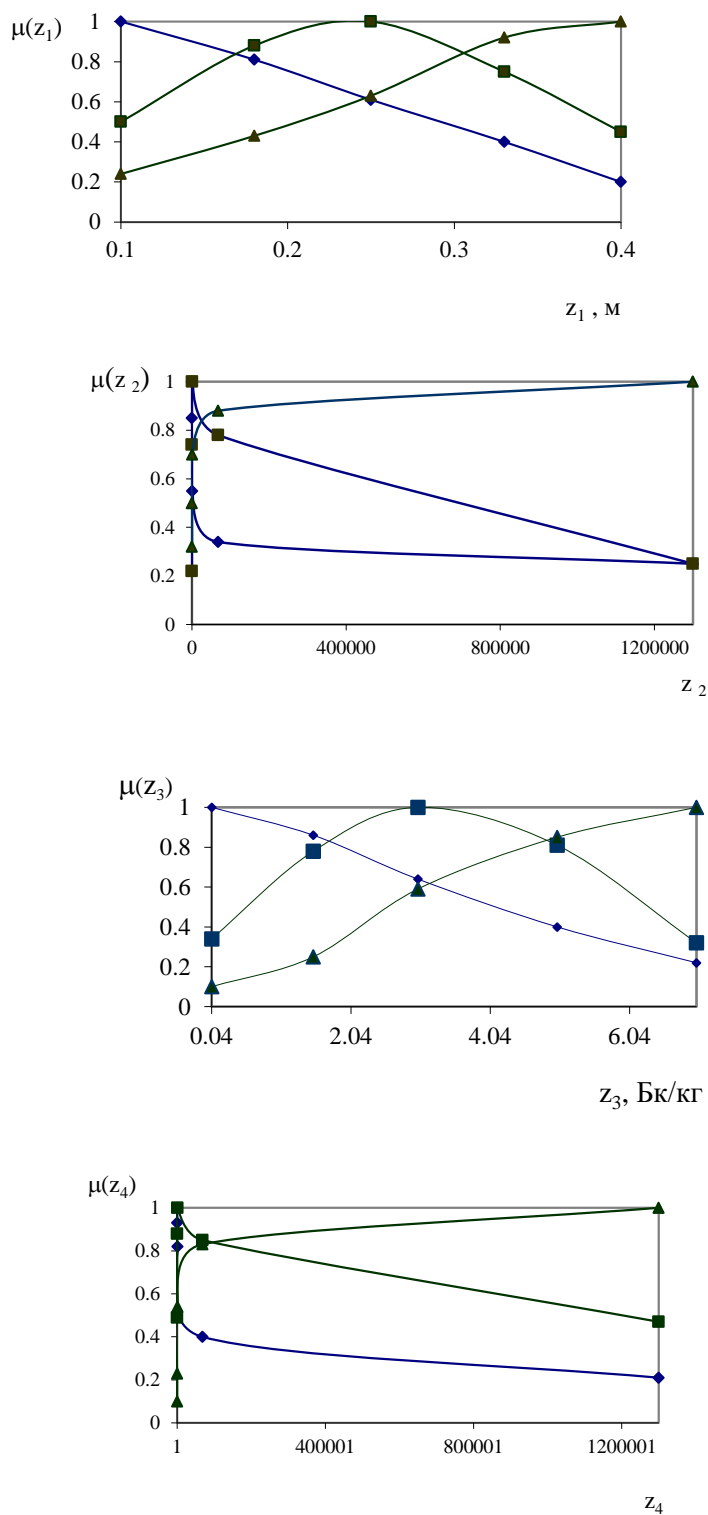


Рисунок 3.6 - . Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують тип будівельного матеріалу

### 3.3 Моделювання системи прийняття рішень на системному рівні.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між концентрацією ППД гамма-випромінювання (С) з геоморфологічними характеристиками рельєфу (Х), об'ємно-планувальними рішеннями (Y) та типом будівельного матеріалу(Z), виконується з використанням системи терм-множини:

$T(C_R) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$

$T(X) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(Y) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(Z) = \langle \text{низькі, середні, високі} \rangle.$

Нечітка матриця знань, з врахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (3.1) наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Матриця знань для залежності (3.1)

ЯКЩО			ТО
Геоморфологічні характеристики рельєфу (X)	Об'ємно-планувальні рішення (Y)	Тип будівельного матеріалу (Z)	ППД гамма-випромінювання (C)
Низькі (H)	Низькі (H)	Низькі (H)	Низька (H)
Нижче середніх (hC)	Низькі (H)	Низькі (H)	
Низькі (H)	Нижче середніх (hC)	Низькі (H)	
Нижче середніх (hC)	Нижче середніх (hC)	Середні (C)	Нижче середньої (hC)
Середні (C)	Нижче середніх (C)	Низькі (H)	
Нижче середніх (hC)	Середні (C)	Середні (C)	
Нижче середніх (hC)	Середні (C)	Середні (C)	Середня (C)
Середні(C)	Середні (C)	Середні (C)	
Середні (C)	Низькі (H)	Високі (B)	

Продовження таблиця 3.3

ЯКЩО			ТО
Геоморфологічні характеристики рельєфу (X)	Об'ємно-планувальні рішення (Y)	Тип будівельного матеріалу (Z)	ППД гамма-випромінювання (C)
Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середньої (вС)
Середні (С)	Вище середніх (вС)	Високі (В)	
Низькі (Н)	Високі (В)	Високі (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Високі (В)	Висока (В)
Високі (В)	Вище середніх (вС)	Високі (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Середні (С)	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в табл.3.3, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму:

$$\begin{aligned} \mu_H(C) = & \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_{HC}(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \\ & \vee \mu_H(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_H(Z) ; \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \mu_{HC}(C_R) = & \mu_{HC}(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \\ & \vee \mu_{HC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) ; \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned} \mu_C(C_R) = & \mu_{HC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \\ & \vee \mu_C(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_B(Z) ; \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \mu_{BC}(C_R) = & \mu_{BC}(X) \wedge \mu_{BC}(Y) \wedge \mu_{BC}(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{BC}(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \\ & \vee \mu_H(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z) ; \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} \mu_B(C_R) = & \mu_B(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_B(X) \wedge \mu_{BC}(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \\ & \vee \mu_B(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_C(Z) . \end{aligned} \quad (3.16)$$

3.4 Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що зв'язує геоморфологічні характеристики рельєфу (X) з наявністю гірничих виробіток ( $x_1$ ), наявністю і характеристикою ґрунтових вод ( $x_2$ ), виконується з використанням системи терм-множин:

$T(X) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle$ ;

$T(x_1) = \langle \text{відсутні, часткові, значні} \rangle$ ;

$T(x_2) = \langle \text{глибокого залягання, середнього залягання, високого залягання} \rangle$ .

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (3.2) наведена в табл. 3.4.

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в табл. 3.4, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму:

$$\mu_H(X) = \mu_{r3}(x_1) \wedge \mu_H(x_2) \vee \mu_{c3}(x_1) \wedge \mu_H(x_2) \vee \mu_{r3}(x_1) \wedge \mu_H(x_2); \quad (3.17)$$

$$\mu_{HC}(X) = \mu_{r3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2) \vee \mu_{r3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2) \vee \mu_{r3}(x_1) \wedge \mu_H(x_2); \quad (3.18)$$

Таблиця 3.4 - Матриця знань для залежності (3.2)

ЯКЩО		ТО
Наявність гірничих виробіток ( $x_1$ )	Наявність і характеристика ґрунтових вод ( $x_2$ )	Природно-географічні умови (X)
1	2	3
Відсутні (В)	Глибокого залягання (гЗ)	Низькі (Н)
Відсутні (В)	Середнього залягання (сЗ)	
Відсутні (В)	Глибокого залягання (гЗ)	
Відсутні (В)	Глибокого залягання (гЗ)	Нижче Середніх (НС)
Часткові (Ч)	Глибокого залягання (гЗ)	
Часткові (Ч)	Глибокого залягання (гЗ)	
Часткові (Ч)	Середнього залягання (сЗ)	Середні (С)
Відсутні (В)	Високе залягання (вЗ)	
Відсутні (В)	Високе залягання (вЗ)	
Часткові (Ч)	Високе залягання (вЗ)	Вище середніх (ВС)
Часткові (Ч)	Середнього залягання (сЗ)	
Значні (З)	Середнього залягання (сЗ)	
Значні (З)	Високе залягання (вЗ)	Високі (В)
Значні (З)	Високе залягання (вЗ)	
Значні (З)	Високе залягання (вЗ)	

$$\mu_C(X) = \mu_{c3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2) \vee \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2) \vee \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_B(x_2); \quad (3.19)$$

$$\mu_{BC}(X) = \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2) \vee \mu_{c3}(x_1) \wedge \mu_B(x_2) \vee \mu_{c3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2); \quad (3.20)$$

$$\mu_B(X) = \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_B(x_2) \vee \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_B(x_2) \vee \mu_{B3}(x_1) \wedge \mu_C(x_2). \quad (3.21)$$

3.5. Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням об'ємно-планувальних рішень.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що зв'язує якість об'ємно-планувальних рішень (Y) з характером інженерного освоєння території ( $y_1$ ), розмірами будівлі в плані ( $y_2$ ), наявністю підвалу під приміщенням ( $y_3$ ), кратністю повітрообміну ( $y_4$ ), виконується з використанням наступної системи терм-множин:

$$T(Y) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$$

$$T(y_1) = \langle \text{низьке, середнє, високе} \rangle;$$

$$T(y_2) = \langle \text{мала, середня, висока} \rangle;$$

$$T(y_3) = \langle \text{відсутній, частково, повністю} \rangle;$$

$$T(y_4) = \langle \text{низький, середній, високий} \rangle;$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (4.3) наведена в табл. 3.5.

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в табл. 3.5, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму:

$$\begin{aligned} \mu_H(Y) = & \mu_H(y_1) \wedge \mu_M(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_H(y_4) \vee \\ & \vee \mu_H(y_1) \wedge \mu_M(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_C(y_4) \vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_C(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_H(y_4); \end{aligned} \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \mu_{HC}(Y) = & \mu_H(y_1) \wedge \mu_C(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_C(y_4) \vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_M(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_H(y_4) \vee \\ & \mu_H(y_1) \wedge \mu_M(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_C(y_4) \wedge \mu_H(y_5) \wedge \mu_C(y_6) \wedge \mu_C(y_7); \end{aligned} \quad (3.23)$$

$$\mu_C(Y) = \mu_C(y_1) \wedge \mu_C(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_C(y_4) \vee \mu_H(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \vee$$

$$\vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_H(y_2) \wedge \mu_{\text{Ч}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) ; \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{ВС}}(Y) = & \mu_C(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_{\text{П}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_{\text{Ч}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \vee \\ & \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_M(y_2) \wedge \mu_{\text{П}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) ; \end{aligned} \quad (3.25)$$

Таблиця 3.5 - Матриця знань для залежності (3.3)

ЯКЩО				ТО
Інженерне освоєння території (y <sub>1</sub> )	Розмір будівлі в плані (y <sub>2</sub> )	Наявність підвалу під приміщенням (y <sub>3</sub> )	Кратністю повітрообміну (y <sub>4</sub> )	Об'ємно - планувальні рішення (Y)
Низьке (Н)	Мала (М)	Відсутній (В)	Низький (Н)	Низькі (Н)
Низьке (Н)	Мала (М)	Частково (Ч)	Середній(С)	
Середнє (С)	Середнє (С)	Відсутній (В)	Низький (Н)	
Низьке(Н)	Середня (С)	Відсутній(В)	Середній (С)	Нижче середнього (нС)
Середнє (С)	Мала(М)	Частково(Ч)	Низький (Н)	
Низьке(Н)	Мала (М)	Частково (Ч)	Середній (С)	
Середнє (С)	Середня (С)	Частково(Ч)	Середній (С)	Середні (С)
Низьке (Н)	Висока (В)	Відсутній (В)	Високий (В)	
Середнє (С)	Мала (М)	Частково (Ч)	Високий (В)	
Середнє (С)	Висока (В)	Повністю (П)	Високий (В)	Вище середніх (вС)
Середнє (С)	Висока (В)	Відсутній (В)	Високий (В)	
Високе (В)	Мала(М)	Повністю (П)	Високий (В)	
Високе (В)	Висока (В)	Повністю (П)	Високий (В)	Високі (В)
Високе (В)	Високе (В)	Повністю (П)	Середній (С)	
Середнє (С)	Середнє (С)	Повністю (П)	Високий(В)	

$$\begin{aligned} \mu_B(Y) = & \mu_B(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_{\text{П}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_C(y_4) \vee \\ & \vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_C(y_2) \wedge \mu_{\text{П}}(y_3) \wedge \mu_B(y_4) . \end{aligned} \quad (3.26)$$



3.6. Моделювання системи прийняття рішень з урахуванням типу будівельного матеріалу.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що зв'язує тип будівельного матеріалу ( $Z$ ) з товщиною матеріалу підлоги ( $z_1$ ), коефіцієнтом дифузії радону для матеріалу підлоги ( $z_2$ ), ефективною питомою активністю радію-226 для матеріалу стін ( $z_3$ ), коефіцієнтом дифузії радону для будівельних матеріалів та оздоблення стін ( $z_4$ ), ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів в будівельних матеріалах ( $z_5$ )

виконується з використанням наступної системи терм-множин:

$$T(Z) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$$

$$T(z_1) = \langle \text{мала, середня, велика} \rangle;$$

$$T(z_2) = \langle \text{малий, середній, високий} \rangle;$$

$$T(z_3) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$$

$$T(z_4) = \langle \text{малий, середній, високий} \rangle;$$

$$T(z_5) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (3.3) наведена в табл. 3.5.

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в табл. 3.5, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму:

$$\mu_H(Y) = \mu_B(z_1) \wedge \mu_M(z_2) \wedge \mu_H(z_3) \wedge \mu_H(z_4) \wedge \mu_H(z_5) \vee \mu_B(z_1) \wedge \mu_M(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \wedge \mu_C(z_4) \wedge \mu_H(z_5) \vee \mu_C(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_H(z_3) \wedge \mu_H(z_4) \wedge \mu_H(z_5); \quad (3.27)$$

$$\mu_C(Y) = \mu_C(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \wedge \mu_C(z_4) \wedge \mu_C(z_5) \vee \mu_H(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \wedge \mu_B(z_4) \wedge \mu_H(z_5) \vee \mu_H(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge \mu_B(z_4) \wedge \mu_B(z_5); \quad (3.28)$$

$$\mu_B(Y) = \mu_H(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge \mu_B(z_4) \wedge \mu_B(z_5) \vee \mu_H(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge$$

$$\mu_C(Z_4) \wedge \mu_B(Z_5) \vee \mu_C(Z_1) \wedge \mu_C(Z_2) \wedge \mu_C(Z_3) \wedge \mu_B(Z_4) \wedge \mu_B(Z_5). \quad (3.29)$$

Таблиця 3.5 - Матриця знань для залежності (3.3)

ЯКЩО					ТО
Товщина матеріалу підлоги ( $z_1$ )	Коефіцієнт дифузії радону для матеріалу підлоги ( $z_2$ )	Ефективна питома активність радіо-226 для матеріалу стін ( $z_3$ ),	Коефіцієнт дифузії радону для будівельних матеріалів та оздоблення стін ( $z_4$ ),	Ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах ( $z_5$ )	Тип будівельного матеріалу ( $Z$ )
1	2	3	4	5	8
Велика (В)	Мала (М)	Низька (Н)	Низький (Н)	Низька (Н)	Низький (Н)
Велика (В)	Мала (М)	Середня(С)	Середній(С)	Низький (Н)	
Середня (С)	Середній (С)	Низька (Н)	Низький (Н)	Низький (Н)	
Середня (С)	Середній (С)	Середня(С)	Середній (С)	Середній (С)	Середній (С)
Низька (Н)	Середній (С)	Середня(С)	Високий (В)	Низька (Н)	
Середня (С)	Високий (В)	Середня(С)	Високий (В)	Середня (С)	
Низька (Н)	Високий (В)	Висока (В)	Високий (В)	Висока (В)	Високий (В)
Низька (Н)	Високий (В)	Висока (В)	Середній (С)	Висока (В)	
Середнє (С)	Середній (С)	Середня(С)	Високий (В)	Висока (В)	

Техніка нечіткого логічного висновку, що застосовувалася до інформації, яка зібрана на попередніх етапах, дозволяє обчислювати показник, який прогнозується, як нечіткі множини. Нечіткі множини визначають рівень природних радіонуклідів, потужність поглиненої дози гамма випромінювання для фіксованого вектора факторів, що впливають. Щоб перейти від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки, необхідно виконати процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму. Серед

різних методів дефазифікації найбільш поширеним є знаходження “центра ваги” плоскої фігури, яка обмежена функцією належності нечіткої множини та горизонтальною координатою.

Дефазифікація нечітких множин за принципом “центра ваги” дає кількісну оцінку ППД гамма випромінювання  $C^*$  при заданих значеннях факторів впливу [ 103 ]:

$$C^* = (X^*, Y^*, Z^*) = \frac{\sum_{i=1}^l C_i^{d_i} \cdot \mu_{d_i}(C)}{\sum_{i=1}^l \mu_{d_i}(C)}, \quad (3.30)$$

де  $l$  – кількість нечітких термів для оцінки змінної  $C$ ;

$d_i$  – назва  $i$ -го терму,  $i = \overline{1, l}$ ;

$\mu_{d_i}(C)$  – ступінь належності  $C$  до терму  $d_i$ .

Для прикладу при умові що  $C=5$  мкР/год,  $C=100$  мкР/год, дефазифікація по формулі (3.30) дає такий прогноз ППД гамма випромінювання в повітрі приміщень:

$$C^* = \frac{0,65 \cdot 5 + 0,45 \cdot 25 + 0,33 \cdot 50 + 0,23 \cdot 78 + 0,11 \cdot 100}{0,65 + 0,45 + 0,33 + 0,23 + 0,11} = 33,47 \text{ мкР/год.}$$

## Висновки до третього розділу

1. Розроблена структура узагальненої математичної моделі управління системою моніторингу радіаційної небезпеки, яка представлена у вигляді дерева логічного висновку дозволяє класифікувати фактори, які впливають на величину потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в приміщенні, в залежності від ієрархічних зв'язків. Прогнозований показник та фактор впливу розглядаються як лінгвістичні змінні, що описуються за допомогою нечітких термів на відповідних універсальних множинах.
2. Побудова функцій належності нечітких оцінок впливу факторів здійснюється у відповідності з розробленим алгоритмом, що враховує ступені належності відповідних елементів до нечіткого терму. Розглянута детально методика побудови функцій належності на прикладі впливу ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах на величину ППД гамма-випромінювання в повітрі приміщень. Для решти факторів наводяться тільки кінцеві результати у вигляді функцій належності.
3. Виконано моделювання системи прийняття організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки з використанням доступної проектувальнику експертно-лінгвістичної інформації у вигляді правил “ЯКЩО-ТО”, що пов'язують нечіткі терми вхідних і вихідних змінних. Лінгвістичним висловлюванням відповідають системи нечітких логічних рівнянь, які описують поверхню належності змінних відповідному терміну. Для перетворення отриманих нечітких множин у кількісну оцінку застосовується процедура дефазифікації, що означає перетворення нечіткої інформації в чітку форму.

## 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Характеристика району робіт

4.1.1 Короткі відомості про адміністративне і географічне розташування Північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького

району Кіровоградської області розташована у Кропивницькому районі Кіровоградської області, на лівому березі р. Сутоклія на землях Соколівської сільської Ради за 1,0 км на схід від с. Нова Павлівка, що відображено на рис. 4.1

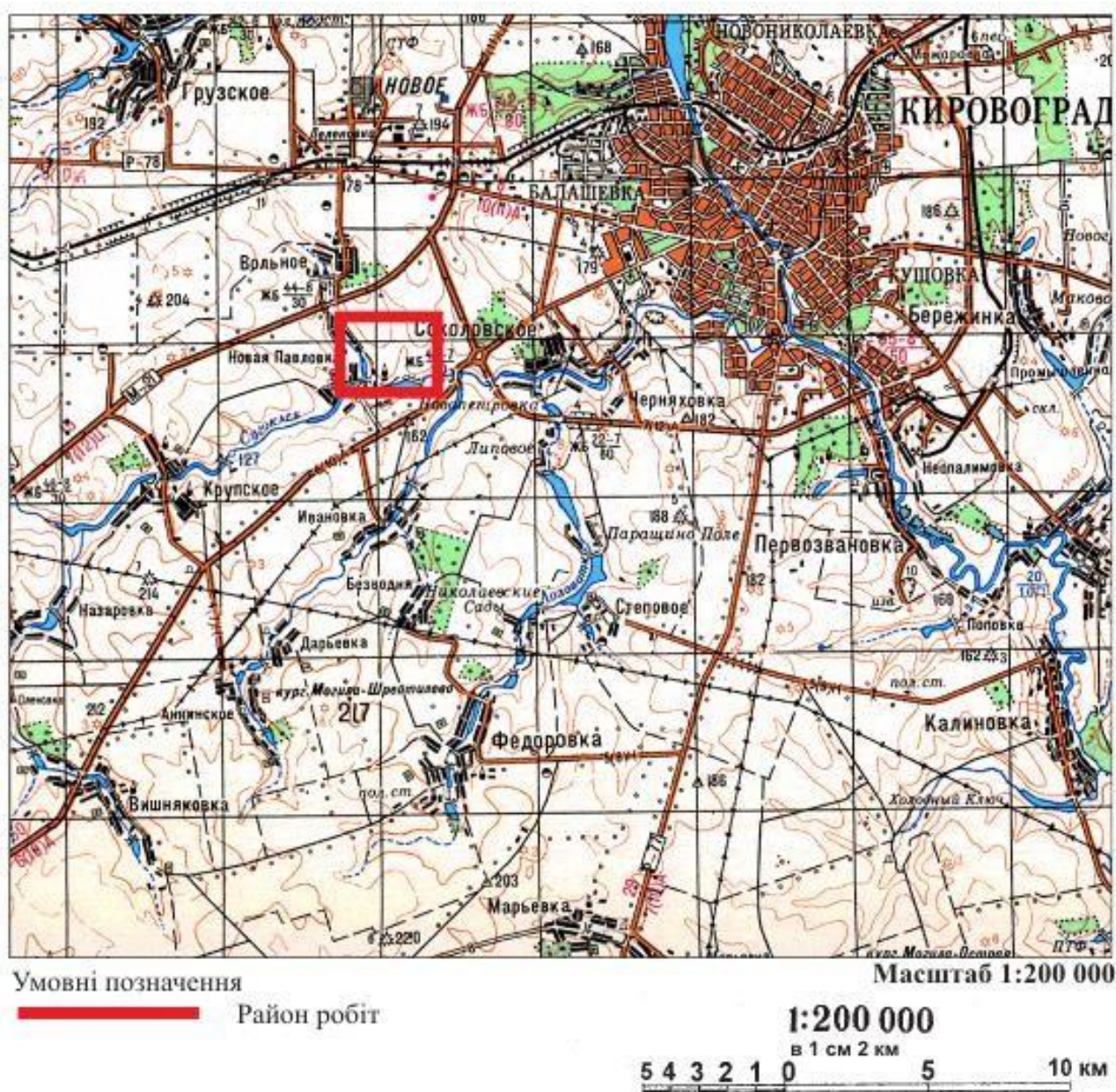


Рисунок 4.1 – Оглядова карта району робіт

Кропивницький район розташований у центральній частині Кіровоградської області і є приміським районом обласного центру м. Кропивницький. Межує на північному сході – із Знам'янським, на півночі – з Олександрівським, на північному заході – із Новомиргородським, на південному заході – із Новоукраїнським, на півдні – Компаніївським, на сході – Новгородківським районами Кіровоградської області.

Район розташовується на південних схилах Причорноморської височини. Таке місце розташування обумовлює дуже нерівний горбистий рельєф, на території району знаходиться велика кількість балок і ярів. Дуже актуальною проблемою є водна ерозія ґрунтів.

Ґрунти району характеризуються високою родючістю. Ґрунтовий покрив області характерний для перехідної зони від південного лісостепу до північного степу.

У районі мешкає 37,4 тис. чол., близько десяти національностей: українці, росіяни, молдовани та інші. Рідною мовою більшості населення є українська.

Розташування району в центрі Українського кристалічного масиву сприяло утворенню великих родовищ вторинного каоліну, урану, граніту, золотої руди та інших рідкісних металів.

Вторинний каолін видобувається з 1930 року і його поставки здійснюються в Молдову, Румунію. Найбільшими родовищами вторинних каолінів, що розробляються в районі є: Обознівське та Балашівське.

Уранові руди мають поширення в районі робіт, так найбільшим родовищем є Центральне родовище урану.

Гранітні блоки, пиляні плити щебінь та камінь бутовий гранітних родовищ користуються великим попитом не тільки на території України, а й в багатьох країнах за кордоном.

Географічні координати Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Ліцензійні координати

Кутова точка	Координати СК-42	
	Північна широта	Східна довгота
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
T.1	48° 28' 10"	32° 08' 39"
T.2	48° 28' 18"	32° 08' 39"
T.3	48° 28' 23"	32° 08' 42"
T.4	48° 28' 22"	32° 08' 56"
T.5	48° 28' 17"	32° 09' 02"
T.6	48° 28' 15"	32° 09' 04"
T.7	48° 28' 13"	32° 09' 07"
T.8	48° 28' 12"	32° 09' 02"
T.9	48° 28' 10"	32° 09' 00"
T.10	48° 28' 09"	32° 08' 57"
T.11	48° 28' 07"	32° 08' 57"
T.12	48° 28' 06"	32° 08' 56"
T.13	48° 28' 06"	32° 08' 52"
T.14	48° 28' 08"	32° 08' 46"
Площа 22,6 га		

Ліцензійна площа родовища складає 22,6 га, площа гірничого відводу становить 29,6 га.

Ситуаційний план родовища наводиться на плакатах.

#### 4.1.2 Орогідрографія та кліматичні умови району робіт

В орогідрографічному плані, район робіт належить до басейну р. Південний Буг. Найбільш крупною водною артерією на території району робіт є р. Інгул з її притоками. Південніше с. Оситняжка ширина долини доходить до 2,0 км. У районі с. Балашівка ширина її різко знижується до 100 м. На поверхню виходять породи кристалічного фундаменту, берега характеризуються як круті, уривисті, часто скалисті, висотою до 15,0 м. В цілому, долина річки має асиметричний профіль з більш крутим правим берегом. В її будові виділяють заплави – I та II надзаплавні тераси.

Річка Сугоклія це – ліва притока р. Інгул. Ширина долини поблизу гирла досягає 50,0 м. Долина річки місцями заболочена. Трохи нижче за течією, у долину р. Сугоклія впадають, с обох сторін балки Сахарна і Коноплянка.

Балка Коноплянка це – ліва притока р. Сугоклія. Долина балки по всій площі поширення заболочена, ширина її досягає 150,0 м. Берега пологі.

Клімат: помірно-континентальний, помірно-теплий. Зима м'яка, з частими

відлигами, а літо спекотне. Середня температура липня + 21 – 22°C, січня 2 – 5°C. Опади випадають найчастіше влітку і восени у вигляді дощів. Їх середньорічна кількість становить від 450 до 520 мм. Середньорічна температура наводиться в табл.4.2 [36].

Таблиця 4.2 – Середньомісячна температура

№	Місяць	Середня температура, °С
1	2	3
1	Січень	-4,9
2	Лютий	-3,9
3	Березень	+0,8
4	Квітень	+9,1
5	Травень	+15,2
6	Червень	+18,6
7	Липень	+20,4
8	Серпень	+19,7
9	Вересень	+14,7
10	Жовтень	+8,2
11	Листопад	+2,1
12	Грудень	-2,6

Помірно теплий клімат, лісні масиви, луки, річки створюють сприятливі можливості для організації коротко- і довгострокового відпочинку, а також мережі курортно-лікувальних закладів.

Середньорічна кількість опадів становить 474 мм (у середньому за рік у місті спостерігається 130 днів з опадами), найменше – у березні та жовтні, найбільше – у липні. Сніжний покрив нестійкий варіюється в межах 0,0-0,8 м, в середньому складає 0,2 м. Глибина промерзання ґрунту в середньому 1,07 м. Вологість повітря максимальна в грудні – 88%, мінімальна в травні і серпні – 60%. Середньомісячна кількість опадів наводиться в табл.4.3 [36].

Переважаючий напрям вітру північно-західний і південно-східний. Найбільш сильні вітри спостерігаються в лютому, червні, слабші – в квітні, травні, вересні. У січні швидкість вітру в середньому становить 4,5 м/с, а у липні – 3,4 м/с.



Таблиця 4.3 – Середньомісячна кількість опадів

№	Місяць	Середня к-сть опадів, мм
1	2	3
1	Січень	32
2	Лютий	36
3	Березень	41
4	Квітень	34
5	Травень	55
6	Червень	77
7	Липень	60
8	Серпень	47
9	Вересень	50
10	Жовтень	37
11	Листопад	33
12	Грудень	40

Слід зазначити, що за останні 120 років температура повітря в Кропивницькому районі, так само як і в цілому на Землі, має тенденцію до підвищення. Протягом цього періоду середньорічна температура повітря підвищилася щонайменше на 1,0°C. Більшим у цілому є підвищення температури в першу половину року.

#### 4.2 Геологічна будова району робіт

Геологічна будова району робіт наведена за матеріалами Державної геологічної карти України, аркуш 8.

У геотектонічному відношенні територія району робіт розташована в межах Інгуло-Інгулецької СФЗ, Новоукраїнського тектонічного блоку, безпосередньо у межах Новоукраїнського гранітоїдного масиву.

У геологічній будові району виділяється два структурних поверхи: нижній і верхній. Нижній поверх, який постає в ролі кристалічного фундаменту, об'єднує в собі метаморфічні, ультраметаморфічні та інтрузивні породи архею та протерозою. Верхній поверх (платформний чохол) складений пухкими утвореннями фанерозою, які залягають майже горизонтально.

#### 4.3 Геологічна будова родовища

Геологічна характеристика Північної ділянки Новопавлівського родовища подана за даними геологорозвідувальних робіт, виконаних у 1970-1971 та 1986-

1988 роках.

У геологічній будові Північної ділянки Новопавлівського родовища приймають участь осадові породи неогенового і четвертинного віку, палеозой-мезозойська кора вивітрювання кристалічних порід та кристалічні породи нижнього протерозою Новоукраїнського інтрузивного комплексу.

Зведений геологічний розріз родовища наводиться в табл 4.4, на плакатах.

Таблиця 4.4 – Зведений геологічний розріз Північної ділянки Новопавлівського родовища

№ п/п	Опис порід	Вік порід	Потужність, м	
			від	до
1	2	3	4	5
1	Ґрунтово-рослинний шар: суглинок гумусований з корінням трав	eH	0,0	0,5
2	Суглинок жовтувато-сірий, з прошарками темно-сірих глин і гравію кристалічних порід	aH		4,1
3	Пісок сірувато-жовтий, крупнозернистий до гравелистого з прошарками суглинків і глин	aH		4,5
4	Суглинок лесоподібний палевий, палево-жовтий, малопластичний	ed, vdP <sub>II-III</sub>	2,2	8,0
5	Глина бура, червоно-бура з уламками кристалічних порід	N <sub>2</sub> čb	2,1	13,5
6	Жорствяно-глиниста кора вивітрювання граніту, жовто-бура, буровато-сіра, з уламковими вивітрілого граніту	PZ-MZ	1,0	16,2
7	Граніт вивітрілий бурувато-сірий, бурий сильно тріщинуватий	$\gamma^{\prime}PR_1^{1nu}$	1,8	9,0
8	Граніт порушений вивітрюванням рожево-сірий, тріщинуватий		1,0	17,0
9	Граніт незмінений рожево-сірий, місцями сірий, переважно дрібнозернистий, слаботріщинуватий (пройдена потужність)		3,9	110,0

*Новоукраїнський інтрузивний комплекс* на Новопавлівському родовищі представлений трахітоїдним гранітом сірого, рожево-сірого та рожевого кольору крупно-середньозернистим або середньо-дрібнозернистим, міцним, щільним. Колір гранітів залежить від кольору порфірових вкраплеників кпш.

Породи описуваного комплексу за ступенем впливу вивітрювання поділяються на вивітрені, порушені вивітрюванням та незмінені.

Граніти незмінені біотитові сірі, рожево-сірі та рожеві, середні та

дрібнозернисті, міцні, щільні, масивні та слабо тріщинуваті. Місцями граніти порфіровидні кварц-польовошпатові.

Під мікроскопом структура гіпідіоморфнозерниста та характеризує ідіоморфізм плагіоклазу. Рідше неяснопорфіровидна, обумовлена більш крупними виділеннями калішпату на фоні основної маси. Калієвий польовий шпат – мікроклін, вміст його коливається від 30,0 до 45,0%. Мінерал містить пойкилітові включення кварцу. Плагіоклаз в описуваних гранітах представлений олігоклазом, вміст його в породі становить 30,0-35,0%, слабо серецитизований. Спостерігається розвиток по його зернам епідот-цоізитових агрегатів. Кварц ксеноморфний розподілений в породі нерівномірно, вміст його 20,0-30,0%. Зерна його нерідко деформовані в процесі катаклазу. Біотит високозалістий зустрічається в листочках та лусках коричневого кольору з зеленуватим відтінком, плеохроює в бурих тонах. Акцесорні мінерали представлені поодинокими зернами циркону, апатиту, сфену, рідше ортиту та рудних мінералів. В окремих випадках в граніті па плагіоклазу розвивається вторинний епідот.

#### 4.4 Якісні показники корисної копалини

Північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області вивчена з високою достовірністю, майже всі запаси родовища класифіковані за найвищою категорією по розвіданості для родовищ такого типу. Основними показниками, що характеризують родовища кристалічних порід є фізико-механічні та хімічні показники, а також радіоактивність порід.

Протоколом ДКЗ України від 7 вересня 2017 р. затверджено, що корисна копалина Північної ділянки Новопавлівського родовища відповідає вимогам ГОСТ 23485-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ», ДСТУ Б В.2.7- 75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7- 241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7- 210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для

будівельних робіт. Технічні умови».

#### 4.4.1 Фізико-механічні та хімічні показники

Основні фізико-механічні властивості гранітів Північної ділянки Новопавлівського родовища Кропивницького району Кіровоградської області відображені в табл.4.5 та 4.6 .

Таблиця 4.5 – Основні фізико-механічні показники вивітрілого граніту

№	Найменування показників якості, о.в.	Показники якості
1	2	3
1	Дійсна щільність, г/см <sup>3</sup>	2,64-2,70
2	Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,58-2,65
3	Водопоглинання, %	0,24-0,52
4	Пористість загальна, %	1,9-4,4
5	Межа міцності на стиск, кгс/см <sup>2</sup>	
6	- у повітряно-сухому стані	444-605
7	- у водонасиченому стані	345-400
8	Коефіцієнт зниження міцності при насиченні водою	0,7-0,8
9	Марка бутового каменю за ДСТУ Б В.2.7-241	300
10	Втрата маси при дробильності у циліндрі, %	23,3-25,7
11	Марка по дробильності	600-800
12	Марка за морозостійкістю	F25 – F50

Таблиця 4.6 – Основні фізико-механічні показники порушених вивітруванням та незмінених гранітів

№	Вид випробувань	Показники якості гранітів			
		порушені вивітруванням		незмінені	
		1971	1988	1971	1988
1	2	3	4	5	6
2	Дійсна щільність, г/см <sup>3</sup>	2,59-2,64	2,65-2,70	2,61-2,67	2,65-2,72
3	Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,55-2,62	2,60-2,65	2,60-2,65	2,60-2,67
4	Водопоглинання, %	0,40-1,20	0,19-0,47	0,40-0,80	0,10-0,40
5	Пористість загальна, %	0,25-1,00	0,8-3,7	0,22-0,71	0,4-3,3
6	Межа міцності на стиск, кгс/см <sup>2</sup>				
7	- у повітряно-сухому стані		938-1374	-	890-1660
8	- у водонасиченому стані	1001-1381	845-1109	802-1660	841-1319
9	Коефіцієнт зниження міцності при насиченні водою		0,7-0,9		0,6-0,9
10	Марка бутового каменю за ДСТУ Б В.2.7-241	M1000-M1200	M800-M1000	M800-M1400	M800-M1400
11	Втрата маси при дробильності у циліндрі, %	12,0-24,0	13,3-14,3	12,0-18,0	9,7-13,7
12	Марка за дробильністю	800-1200	1200	1000-1200	1200-1400
13	Марка за морозостійкістю	F50	F50	F50	F50

Хімічний склад корисної копалини родовища визначений по 6 рядових

пробах в 1988р. і відображений в табл 4.7 .

Таблиця 4.7 – Хімічний склад граніту

№	Назва компоненту	Вміст, %		Назва компоненту	Вміст, %	
		від	до		від	до
1	2	3	4	5	6	7
1	вПП	0,22	3,04	CaO	0,73	2,81
2	FeO	1,63	2,32	MgO	0,10	1,64
3	SiO <sub>2</sub>	69,18	73,95	Na <sub>2</sub> O	1,86	2,74
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,25	15,18	K <sub>2</sub> O	4,00	5,02
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,37	3,85	SO <sub>3</sub>	0,0	0,12
6	TiO <sub>2</sub>	0,30	1,96	Σ	99,26	100,43

В цілому корисна копалина та продукти її переробки Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області відповідає за своїми якісними характеристиками: ГОСТ 23485-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ», ДСТУ Б В.2.7- 75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7- 241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7- 210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови».

#### 4.4.2 Радіаційно-гігієнічні показники

За результатами радіометрії порід родовища потужність експозиційної дози гама-випромінювання коливається у межах 13,2- 16,5 мкР/год. За результатами лабораторних гама-спектрометричних досліджень відібраних проб, які були проведені у Центральній лабораторії ДП «Українська геологічна компанія», величина сумарної питомої активності природних радіонуклідів коливається у межах від 271,7 до 311,2 Бк/кг.

Протоколом ДКЗ України в№ 4069 затверджено, що корисна копалина Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів відноситься до 1-2 класів за радіоактивністю і може використовуватись у дорожньому будівництві, а також, при будівництві виробничих будівель та споруд відповідно до вимог ДБН

Б В.1.4-1.02-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні».

Основні показники проєкту наведені в табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Основні показники проєкту розробки

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Показник
1	2	3	4
1	Корисна копалина	Граніт	
2	Балансові запаси корисної копалини станом на 07.09.2017 р. згідно протоколу ДКЗ від 07.09.2017р. №4069 В С <sub>1</sub> В+С <sub>1</sub>	тис. м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup>	7 955,14 278,0 8 233,14
3	Балансові запаси корисної копалини станом на 01.01.2020 р. згідно форми 5-гр В С <sub>1</sub> В+С <sub>1</sub>	тис. м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup>	7826,95 278,0 8104,95
4	Площа родовища згідно спеціального дозволу на користування надрами від 31 січня 2001 р. №2361	га	22,6
5	Площі, порушені гірничими роботами на кінець відпрацювання кар'єру: -на кінець розробки	га	27,0
6	Потужність корисної копалини (граніту):	м	90-116,4
7	Потужність порід розкриву в межах кар'єрного поля: - ґрунтово-рослинний шар - м'який розкрив - скельний розкрив	м м	0,0-33,2 0,0-0,5 1,0-16,2 1,8-9,0
8	Річна продуктивність кар'єру: по корисній копалині, по розкриву	тис. м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup>	500,0 58,7
9	Втрати корисної копалини: - Експлуатаційні втрати – 0,5%	тис. м <sup>3</sup>	40,52
10	Термін експлуатації родовища	рік	16,1
11	Середній коефіцієнт розкриву по родовищу	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	0,1
12	Режим роботи кар'єру: а) на видобувних роботах: – кількість робочих днів в рік – кількість робочих змін на добу – тривалість зміни б) на розкривних роботах: – кількість робочих днів в рік – кількість робочих змін на добу – тривалість зміни	день од. год. день од. год.	251 2 8 190 3 8
13	Система розробки	Транспортна з паралельним переміщенням фронту гірничих робіт та зовнішнім	

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Показник
1	2	3	4
		відвалоутворенням	
14	Параметри системи розробки: – кількість добувних уступів – висота добувного уступу – кількість розкривних уступів – висота розкривних уступів (середня) – кількість ярусів відвалу – висота ярусів відвалу	од. м од. м од. м	10 12,0 3 7,0 2 10,0
15	Кут відкосу уступу: – робочого по видобутку – робочого по розкривним породам – робочого по відвалу – неробочого по видобутку – неробочого по розкривним породам – неробочого по відвалу	град. град. град. град. град. град.	80 65 45 75 35 35
16	Середня довжина фронту робіт добувного уступу	м	100,00
17	Напрямок розвитку гірничих робіт	З півдня на північ	
18	Обладнання для видобувних, розкривних та відвальних робіт	Бульдозер Komatsu155 – 1 од. Екксаватор ЭКГ-5 – 1 од. Екксаватор ЭКГ4,6 – 2 од. Екксаватор – Komatsu450 – 1 од. Гідромолот на екскаваторі Volvo E360 – 1 од. Бурові верстати: Atlas Copco L8SF – 1 од., Pantera1500 – 1 од.	
19	Транспортне обладнання	Автосамоскиди: БелАЗ (в/п 42 т) – 2 од. БелАЗ-540 – 2 од. Komatsu HD 405 – 2 од.	

### Висновки до четвертого розділу

1. Розглянута північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області, яка розташована в центрі Українського кристалічного масиву, що сприяло утворенню великих родовищ вторинного каоліну, урану, граніту, золотої руди та інших рідкісних металів. Встановлені географічні координати цього родовища. Розглянуті орогідрографія та кліматичні умови району робіт. Для кожного місяця встановлена середньомісячна температура і середньомісячна кількість опадів.

2. У зведеному геологічному розрізі Північної ділянки Новопавлівського родовища наведений опис порід за віком та потужністю.

3. Розглянуті основні характеристики родовища кристалічних порід: фізико-механічні та хімічні показники, радіоактивність порід. Корисна копалина Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів відноситься до 1-2 класів за радіоактивністю і може використовуватись у дорожньому будівництві, а також, при будівництві виробничих будівель та споруд відповідно до вимог ДБН Б В.1.4-1.02-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні».

4. Представлені основні показники проєкту розробки.



## 5 ТЕХНОЛОГІЯ

### 5.1 Вихідні дані для розрахунку параметрів системи розробки

Для виконання видобувних робіт застосовується канатний екскаватор ЕКГ-5 та ЕКГ-4,6, а для транспортування гірничої маси використовують автосамоскиди БелАЗ та Komatsu HD 405 з вантажопідйомністю 42,0 т. На розкривних роботах використовується гідравлічний екскаватор Komatsu450, транспортування порід розкриву здійснюється автосамоскидами БелАЗ-540 з вантажопідйомністю 27,0 т у зовнішній відвал розкривних порід. Допоміжні роботи, відвальні роботи, планувальні, а також зняття ГРШ і формування його бурти виконуються бульдозером Komatsu D155.

Технічні характеристики основних технологічних машин наведені в табл. 5.1-5.3.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика бульдозеру

№	Параметри	Од. вим.	Значення
			Komatsu D155
1	2	3	4
1	Тип		Гусеничний
2	Потужність двигуна	кВт (к.с)	225 (302)
3	Тип бульдозерного відвалу		полусфера
4	ШхВ відвалу	мм	3 955 x 2 200
5	Габаритні розміри: Довжина x Ширина x Висота	мм	8 155 x 3 955 x 3 500
6	Питомі витрати палива	л/год.	12-18
7	Тиск техніки на 1 см <sup>3</sup>	кПа	76,5
8	Вага бульдозера	т	38,7
9	Об'єм породи у відвалі	м <sup>3</sup>	8,8

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика екскаваторів

Параметри	Од. вим.	Марка техніки		
		Komatsu 450	ЕКГ-5	ЕКГ-4,6
2	3	4	5	6
Ємність ковша	м <sup>3</sup>	2,3	5,0	4,6
Радіус черпання на рівні стояння	м	11,2	9,3	9,3
Висота черпання	м	9,9	10,3	10,3
Глибина черпання	м	7,0	-	-
Радіус розвантаження	м	8,4	12,5	12,5
Висота розвантаження	м	7,0	6,7	6,7
К-сть циклів за хвилину	ц/хв	2,0	1,5	1,5
Потужність двигуна	кВт (л.с)	270 (362)	250 (340)	250 (340)
Ширина заходки	м	16,8	14,0	14,0

Таблиця 5.3 – Технічна характеристика автосамоскидів

Показники	Од. вим.	Автосамоскиди		
		БелАЗ	Komatsu HD 405	БелАЗ-540
2	3	4	5	6
Вантажність	т	42	42	27,0
Колісна формула		4×2	4×4	4×2
Маса споряджена	т	29,5	32,0	21,0
Місткість кузова без шапки	м <sup>3</sup>	21,0	20,0	15,0
Габаритні розміри:				
довжина	м	8120	8365	7 250
ширина		3787	4600	3 80
висота		3830	4150	3380
Радіус повороту	м	11,5	7,0	10,0
Витрати палива на 100 км	л	124,0	180,0	100,0

## 5.2 Розрахунок параметрів системи розробки

Розрахунок мінімальних робочих майданчиків виконується з умови розташування на них обладнання з максимальними габаритами.

Оскільки для транспортування гірничої маси на Північній ділянці Новопавлівського кар'єрузастосовуються обладнання різних типорозмірів та лінійних характеристик, то ширина робочих та транспортних площадок розраховується враховуючи габаритні розміри найбільших механізмів.

Ширина робочого майданчика розраховується виходячи з максимальної

висоти уступів. Максимальна висота уступів становить:

- розкривного – 7,0 м;
- видобувного – 12,0 м.

### **Ширина робочого майданчика на розробці ґрунтового-рослинного шару**

Мінімальна ширина робочого майданчика при розробці ґрунтового-рослинного шару бульдозером Komatsu D155 розраховується за формулою [37] та становить:

$$\text{Ш}_{\text{бул.}}^{\text{min.p.m}} = L_p + L_{\text{б}} + a, \quad (5.1)$$

де:  $L_p = 10,0$  м – довжина різання ґрунту, [37]

$L_{\text{б}} = 8,2$  м – довжина бульдозера

$a = 3,7$  м – ширина призми.

$$\text{Ш}_{\text{бул.}}^{\text{min.p.m}} = 10,0 + 8,2 + 3,7 = 21,9 = 22 \text{ м}$$

Мінімальний розмір робочого майданчика для роботи бульдозера на розробці ґрунтового-рослинного шару становить 22,0 м.

### **Ширина робочого майданчика на розробці пухкого розкриву**

Мінімальна ширина робочого майданчика при розробці пухкого розкриву гідравлічним екскаватором Komatsu 450 та навантаження в автосамоскид БелАЗ та Komatsu HD 405 розраховується за формулою [37] та становить:

$$\text{Ш}_{\text{екс.}}^{\text{min.p.m}} = a + s + z + p + b_{\text{к}} + 2d, \quad (5.2)$$

де:  $s = 3,0$  м – ширина орієнтуючого валу, [37]

$z = 0,5$  м – відстань від підшви ґрунтового валу до кромки проїжджої частини автодороги, [6].

$b_{\text{к}} = 1,5$  м – ширина дренажної канави, [37]

$d = 1,0$  м – відстань від верхньої бровки дренажної канави до краю проїжджої частини або нижньої бровки уступу, [37].

$p = 17,4$  м – ширина площадки для маневрів автосамоскидів БелАЗ та Komatsu HD 405, [37]

$a$  – призма обрушення, що розраховується за формулою:

$$a = H(\text{ctg}\varphi_{\text{ф}} - \text{ctg}\varphi_{\text{р}}), \quad (5.3)$$

де:  $H = 7,0$  м – висота розкривного уступу

$\varphi_p = 65^\circ$  – кут відкосу робочого уступу [37];

$\varphi_\phi = 45^\circ$  – кут укосу стійкого уступу [37].

$$a = 7,0 (\operatorname{ctg}45^\circ - \operatorname{ctg}65^\circ) = 3,7 \text{ м.}$$

$$\text{Ш}_{\text{екс.}}^{\text{min.p.m}} = 3,7 + 3,0 + 0,5 + 17,4 + 1,5 + 2 \cdot 1,0 = 28,1 = 29 \text{ м}$$

Мінімальний розмір робочого майданчика на розкривному уступі розрахований на рівні 29,0 м.

### **Ширина робочого майданчика на розробці скельних порід**

Мінімальна ширина робочого майданчика при скельних порід екскаваторами ЕКГ-4,6 та ЕКГ-5 з навантаженням породи в автосамоскид БелАЗ та Komatsu HD 405 розраховується за формулою [37] та становить:

$$\text{Ш}_{\text{екс.}}^{\text{min.p.m}} = y + m + p + z + s + a, \quad (5.4)$$

де:  $s = 3,0$  м – ширина орієнтуючого валу.

$z = 0,5$  м – відстань від підшви ґрунтового валу до кромки проїжджої частини автодороги.

$p = 17,4$  м – ширина площадки для маневрів автосамоскидів БелАЗ та Komatsu HD 405.

$y = 1,75$  м – відстань від осі опори ППЛ до верхньої бровки уступу при прямолінійній ділянці.

$m$  – відстань від кромки проїжджої частини автомобільної дороги до осі опори ППЛ, м.

$a$  – призма обрушення, що розраховується і становить:

$$a = 12,0 (\operatorname{ctg}75^\circ - \operatorname{ctg}80^\circ) = 1,9 \text{ м.}$$

при:  $H = 12,0$  м – висота видобувного уступу;

$\varphi_p = 80^\circ$  – кут відкосу робочого уступу [38];

$\varphi_\phi = 75^\circ$  – кут укосу неробочого уступу [38].

Відстань від кромки проїжджої частини автомобільної дороги до осі опори ППЛ розраховується за формулою та становить:

$$m = 2 + d/2,0, \quad (5.5)$$

де: 2,0 м – горизонтальна відстань від крайнього проводу до бровки земляного полотна автодороги, [37].

$d = 1,0$  м – відстань між фазними проводами

$$m = 2 + \frac{1,0}{2,0} = 2,5 \text{ м}$$

$$Ш_{\text{екс.}}^{\text{min.p.m}} = 1,75 + 2,5 + 17,4 + 0,5 + 3,0 + 1,9 = 27,1 = 28,0 \text{ м,}$$

Мінімально допустима ширина робочого майданчика на розробці скельного розкриву становить 28,0 м без урахування ширини розвалу породи і тупиковій схемі розробки і можлива тільки за умови нарізання нового горизонту.

Мінімальний розмір робочої площадки на видобувних роботах розраховується за формулою та становить:

$$Ш_{\text{видоб.}}^{\text{min.p.m}} = B + p + z + s + a, \text{ м}$$

де  $p = 17,4$  м – ширина площадки для маневрів автосамоскидів БелАЗ та Komatsu HD 405.

$z = 1,5$  м – відстань від подошви ґрунтового валу до кромки проїжджої частина.

$s = 3,0$  м – ширина ґрунтового валу.

$B = 38,0$  м – повна ширина розвалу взірваної скельної породи, розділ

2.8.11

$a = 1,9$  м – ширина призми обрушення

$$\text{Ш}_{\text{видоб.}}^{\text{min.p.m}} = 38,0 + 17,4 + 1,5 + 3,0 + 1,9 = 61,8 \text{ м} = 62 \text{ м}$$

### Ширина робочого майданчика на відсипці ярусу відвала

Мінімальний розмір ширини робочої площадки під час відсипки ярусу відвалу з застосуванням бульдозера Komatsu D155 та автосамоскидів БелАЗ та Komatsu HD 405 розраховується за формулою [37] та становить:

$$\text{Ш}_{\text{відв.}}^{\text{min.p.m}} = b_{\text{к}} + p + L_{\text{с}} + s + 2d + a, \quad (5.6)$$

де:  $s = 3,0$  м – ширина захисного валу, [37].

$b_{\text{к}} = 1,5$  м – ширина дренажної канави, [37].

$d = 1,0$  м – відстань від верхньої бровки дренажної канави до краю проїжджої частини та від верхньої бровки дренажної канави до проїжджої частини, [37].

$p = 17,4$  м – ширина площадки для маневрів автосамоскидів БелАЗ та Komatsu HD 405, [37].

$L_{\text{а}} = 8,2$  м – довжина самоскиду,

$a$  – призма обрушення, що розраховується за формулою [37] та становить:

при:  $H = 10,0$  м – висота ярусу відвалу, ТЗ;

$\varphi_{\text{р}} = 45^\circ$  – робочий кут відкосу ярусу відвалу [37];

$\varphi_{\text{ф}} = 35^\circ$  –неробочого кут відкосу ярусу відвалу [37].

$$a = 10,0 (\text{ctg}35^\circ - \text{ctg}55^\circ) = 4,3 \text{ м}$$

$$\text{Ш}_{\text{відв.}}^{\text{min.p.m}} = 1,5 + 17,4 + 8,4 + 3,0 + 2 \cdot 1,0 + 3,0 = 35,1 = 36,0 \text{ м}$$

Мінімальна ширина робочого майданчика на відвалі становить 36,0 м.

### 5.3 Зведені параметри системи розробки

Основні параметри системи розробки приводяться в табл. 5.4

Таблиця 5.4 – Основні параметри системи розробки

Найменування основних параметрів	Од. вим.	Показник		
		Розкривні уступи	Видобувні уступи	Ярус відвалу
2	3	4	5	6
Кількість уступів/ярусів	шт.	до 3	до 10	2
Максимальна висота уступу	м	7,0	12,0	10,0
Відмітки робочих горизонтів:	м	+90.0	+88.0	+95.0 +105.0
	м		+76.0	
	м		+64.0	
	м		+52.0	
	м		+40.0	
	м		+28.0	
	м		+16.0	
	м	+4.0		
	м	-8.0		
	м	-20.0		
Ширина берми безпеки при	м	8,0	10,0	10,0
Мінімальна ширина робочого майданчика	м	29,0	62,0	36,0
Ширина транспортних площадок (берм):	м	21,0		
Довжина фронту робіт	м	від 65,0 м до 300,0 м		
Кути відкосу уступів:				
- Робочого	град.	65	80	45
- На кінець розробки	град.	35	75	35
Ширина заходки екскаватора	м	16,8	14,0	14,0
Ширина розвалу	м	-	39,0	-

### 5.4 Технологія ведення гірничих робіт

Система розробки класифікується як транспорту поглиблювальна з послідовним просуванням фронту гірничих робіт та з зовнішнім відвалоутворенням. Розробка родовища проводитиметься паралельно як на поглиблення так і на розширення меж Північної ділянки Новопавлівського кар'єрного поля у напрямку гірничих робіт з півдня на північ.

В розробці Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту мають місце основні технологічні процеси розробки:

1) Розробка ГРШ бульдозером, з наступним навантаженням маси екскаваторами в автосамоскиди БелАЗ-540, які в свою чергу транспортують ґрунт до зовнішніх буртів. Технологічний етап завершується після планування бурту бульдозером.

2) Розробка пухкого розкриву здійснюється гідравлічним екскаватором з наступним навантаженням маси в автосамоскиди БелАЗ-540, які в свою чергу транспортують розкрит до зовнішнього відвалу. Технологічний етап завершується після планування відвалу бульдозером.

3) Розробка скельного розкриву та корисної копалини здійснюється з попереднім розпушенням гірничої маси за допомогою БВР екскаваторами ЕКГ-4,6 та ЕКГ-5. У якості транспортного обладнання застосовуються автосамоскиди БелАЗ в/п 42 т та Komatsu HD 405, що транспортують гірничу масу до бункеру ДСЗ.

4) Подрібнення негабариту проводиться або гідромолотом, що обладнаний на гідравлічному екскаваторі Volvo E360 або методом шпурових чи накладних зарядів.

5) Після подрібнення та розподілу на склади пофракційної готової продукції у якості навантажувального обладнання застосовується навантажувач.

Розкривні роботи на родовищі проводитимуться рівномірно в більшій мірі на півночі родовища, суцільним фронтом робіт з постійним щорічним навантаженням. Розкривні роботи проводяться з забезпеченням нормативного випередження розкривних робіт на пів року [37].

Видобувні роботи передбачають рівномірне планування. Розвиток видобувних робіт планується паралельно в двох напрямках: в глиб та по площі.

Також, календарним планом передбачається рівномірне планування навантажень на кожний горизонт щорічно, що дасть змогу усереднювати експлуатаційні витрати при розробці Північної ділянки Новопавлівського родовища. В даному випадку це призведе до постійного рівномірного розвитку як гірничих робіт так і економічних показників розробки, і приймається РП як оптимальний план розробки родовища.



### 5.4.1 Норма виробки бульдозеру на розкривних та відвальних роботах

Норма виробки бульдозера Komatsu D155 розраховується за формулою та становить:

$$Q_{\text{в}}^{\text{грш}} = \frac{3600 t_{\text{зм}} v_{\text{п}} k_{\text{в}} k_{\text{ухл}}}{T_{\text{ц}} k_{\text{р}}}, \quad (5.7)$$

де:  $t_{\text{зм}} = 8$  год – тривалість зміни, ТЗ;

$v_{\text{п}}$  – об'єм породи в відвалі в розпушеному стані, який переміщується відвалом бульдозера,  $\text{м}^3$ , що розраховується за формулою та становить:

$$v_{\text{п}} = \frac{h_{\text{в}}^2 l}{2 \text{tg} \alpha}, \quad (5.8)$$

де:  $h_{\text{в}} = 2,2$  м – висота відвалу бульдозера;

$l = 4,0$  м – довжина ножа бульдозера;

$\alpha = 55^\circ$  – кут укосу відвалу бульдозера.

$$v_{\text{п}} = \frac{2,2^2 \cdot 4,0}{2 \text{tg} 55} = 6,8 \text{ м}^3,$$

$k_{\text{в}} = 0,80$  – коефіцієнт використання обладнання в часі ;

$k_{\text{ухл}} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує ухил на ділянці робіт ;

$k_{\text{р}} = 1,2$  – коефіцієнт розрихлення ґрунту;

$T_{\text{ц}}$  – тривалість циклу роботи бульдозера, с, що розраховується за формулою та становить:

$$T_{ц} = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_1 + l_2}{v_3} + t_{п}, \quad (5.9)$$

де:  $l_1 = 10,0$  м – довжина шляху різання ;

$v_1 = 0,72$  м/с – швидкість бульдозера при зрізанні;

$l_2 = 10,00$  м – відстань транспортування порід;

$v_2 = 0,72$  м/с – швидкість руху завантаженого бульдозера;

$v_3 = 0,72$  м/с – швидкість руху порожнього бульдозера;

$t_{п} = 10$  с – час одного повороту бульдозера.

$$T_{ц} = \frac{10,0}{0,72} + \frac{10,0}{0,72} + \frac{10,0 + 10,0}{0,72} + 10,0 = 55,6 \text{ с.}$$

$$Q_{в}^{р.п} = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 6,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{55,6 \cdot 1,2} = 2\,113,4 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} = 264,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість необхідного обладнання для зняття ГРШ розраховується за формулою та становить:

$$n_{б}^{грш} = \frac{Q_{год}^{грш}}{Q_{в}^{грш} k_m}, \quad (5.10)$$

де:  $k_m = 0,8$  – коефіцієнт технічної готовності;

$Q_{б}^{грш} = 0,2$  м<sup>3</sup>/зм – годинна проектна продуктивність по розкривним породам.

$$n = \frac{0,2}{264,2 \cdot 0,8} = 0,01 \text{ од.}$$

Кількість необхідного обладнання для планування відвалу розкривних порід розраховується:

при:  $k_m = 0,8$  – коефіцієнт технічної готовності;

$Q_6^{\text{грш}} = 12,7 \text{ м}^3/\text{год.}$  – годинна проектна продуктивність по розкривним породам.

$$n = \frac{12,7}{264,2 \cdot 0,8} = 0,06 \text{ од.}$$

Виробнича проектна розрахункова потреба в бульдозерах становить 1 од.

#### 5.4.2 Норма виробки екскаватору на розкривних роботах

Норма виробки на виймання і навантаження порід розкриву в автосамоскиди БелАЗ-540 гідравлічним екскаватором Komatsu 450 розраховується за формулою та становить:

$$Q_{\text{екск}}^{\text{р.п}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}} - T_{\text{оп}}}{T_{\text{за}} + T_{\text{вн}}} q_k k_n n, \quad (5.11)$$

де:  $T_{\text{зм}} = 480 \text{ хв}$  – тривалість зміни, ТЗ;

$T_{\text{пз}} = 35 \text{ хв}$  – час на виконання підготовчо-завершальних операцій ;

$T_{\text{оп}} = 60 \text{ хв}$  – час на особисті потреби;

$T_{\text{вн}} = 0,5 \text{ хв}$  – час встановлення автосамоскиду під завантаження;

$T_{\text{за}}$  – час завантаження одного автосамоскида, с, що розраховується за формулою та становить:

$$T_{\text{за}} = \frac{n}{n_{\text{ц}}}, \quad (5.12)$$

де:  $n$  – кількість циклів для завантаження одного автосамоскиду, що розраховується за формулою, відповідає мінімальному цілому значенню та становить:

$$n = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{C_a k_p}{q_k k_H y}, \\ \frac{V_a}{q_k k_H} \end{array} \right. , \quad (5.13)$$

де:  $C_a = 27,0$  т – вантажопідйомність автосамоскида;

$k_p = 1,15$  – коефіцієнт розрихлення розкривних порід;

$q_k = 2,3$  м<sup>3</sup> – об'єм ковша екскаватора, табл. 5.2;

$k_H = 0,9$  – коефіцієнт наповнення ковша ;

$y = 1,7$  т/м<sup>3</sup> – об'ємна вага розкривних порід [38];

$V_a = 15,0$  м<sup>3</sup> – геометрична ємність автосамоскида, табл. 5.3.

$$n = \begin{cases} \frac{27,0 \cdot 1,15}{2,0 \cdot 0,9 \cdot 1,7} = 10,1 \\ \frac{15,0}{2,3 \cdot 0,9} = 7,2 \end{cases} = 7 \text{ КОВШІВ}$$

$n_{ц} = 2,0$  – кількість повних циклів екскаватора за хвилину.

$$T_{за} = \frac{10,0}{2,0} = 5,0 \text{ хв.}$$

$$Q_{екс.}^{р.п} = \frac{480 - 35 - 60}{5,0 + 0,5} \cdot 2,3 \cdot 0,9 \cdot 7,0 = 1\,014,3 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} = 126,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Кількість необхідного обладнання для планування відвалу розкривних порід розраховується за формулою 5.10 та становить:

при:  $k_m = 0,8$  – коефіцієнт технічної готовності, [37];

$Q_6^{р.п} = 12,9$  м<sup>3</sup>/зм – годинна проектна продуктивність по розкривним

породам (пухкий розкритв та ґрунтового-рослинний шар).

$$n = \frac{12,9}{126,8 \cdot 0,8} = 0,1 \text{ од.}$$

Виробнича проєктна розрахункова потреба в екскаваторах на розробці пухкого розкритву становить 1 од.

### 5.4.3 Норма виробки екскаваторів на видобувних роботах

Оскільки на видобувних роботах застосовується два екскаватора ЕКГ- 4,6 та ЕКГ-5, для розрахунку к-сті необхідного обладнання прижиматиметься середнє значення норми виробки екскаваторів.

Норма виробки на виймання й навантаження канатним екскаватором ЕКГ- 4,6 в автосамоскиди БелАЗ та Komatsu HD 405, розраховується за формулою (5.11) та величинами, розрахованими РП, та становить:

при:  $C_a = 42,0$  т – вантажопідйомність автосамоскида, табл. 5.3,

$k_n = 0,8$  – коефіцієнт наповнення ковша,

$q_k = 4,6$  м<sup>3</sup> – об'єм ковша екскаватора ЕКГ-4,6, табл.5.2,

$k_p = 1,4$  – коефіцієнт розрихлення породи,

$\gamma = 2,6$  т/м<sup>3</sup> – об'ємна вага, [38],

$V_a = 21,0$  м<sup>3</sup> – геометрична ємність автосамоскида, табл.5.2.

$$n = \begin{cases} \frac{42,0 \cdot 1,4}{4,6 \cdot 0,8 \cdot 2,6} = 6,1 \\ \frac{21,0}{4,6 \cdot 0,8} = 5,7 \end{cases} = 5 \text{ ковшів,}$$

$$T_{за} = \frac{5,0}{1,5} = 3,3 \text{ хв,}$$

$$Q_{\text{ЕКГ-4,6}}^{\text{к.к}} = \frac{480 - 35 - 60}{3,3 + 0,5} 4,6 \cdot 0,8 \cdot 5 = 1\,864,2 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} = 233,0 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Норм виробки для екскаватора ЕКГ-4,6 при роботі з автосамоскидами БелАЗ в/п 42,0 т та Komatsu HD 405 становить 233,0 м<sup>3</sup>/год.

Норма виробки на виймання й навантаження канатним екскаватором ЕКГ-5 в автосамоскиди БелАЗ в/п 42,0 т та Komatsu HD 405, розраховується за формулою (5.11) та становить:

при:  $C_a = 42,0$  т – вантажопідйомність автосамоскида, табл. 5.3 ,

$k_n = 0,8$  – коефіцієнт наповнення ковша,

$q_k = 5,0$  м<sup>3</sup> – об'єм ковша екскаватора ЕКГ-5, табл. 5.2,

$k_p = 1,4$  – коефіцієнт розрихлення породи,

$u = 2,6$  т/м<sup>3</sup> – об'ємна вага, [38],

$V_a = 21,0$  м<sup>3</sup> – геометрична ємність автосамоскида, табл. 5.3.

$$n = \begin{cases} \frac{42,0 \cdot 1,4}{5,0 \cdot 0,8 \cdot 2,6} = 5,7 \\ \frac{21,0}{5,0 \cdot 0,8} = 5,3 \end{cases} = 5 \text{ ковшів,}$$

$$T_{\text{за}} = \frac{5,0}{1,5} = 3,3 \text{ хв,}$$

$$Q_{\text{ЕКГ-5}}^{\text{к.к}} = \frac{480 - 35 - 60}{3,3 + 0,5} 4,6 \cdot 0,8 \cdot 5 = 1\,864,2 \frac{\text{м}^3}{\text{зм}} = 233,0 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Норм виробки для екскаватора ЕКГ-5 при роботі з автосамоскидами БелАЗ та Komatsu HD 405 становить 233,0 м<sup>3</sup>/год.

Робочим проектом приймається усереднена норма виробки екскаваторів ЕКГ-5 та ЕКГ-4,6 на видобувних роботах на рівні 233,0 м<sup>3</sup>/год.

Кількість необхідного обладнання для планування відвалу розкривних порід

розраховується за формулою 5.10 та становить:

при:  $k_m = 0,8$  – коефіцієнт технічної готовності, [37];

$Q_6^{грш} = 124,5 \text{ м}^3/\text{зм}$  – годинна проектна продуктивність по корисній копалині.

$$n = \frac{124,5}{233,0 \cdot 0,8} = 0,7 = 1 \text{ од.}$$

Виробнича проектна розрахункова потреба в екскаваторах на видобувних роботах приймається на рівні 1 од.

### 5.5 Відвальне господарство

На момент розробки проекту на родовищі вже формується зовнішній відвал порід розкриву – на заході від кар’єрного поля, що відображено на граф.дод.№2. Сформований відвал вже має 1 ярус висотою до 10,0 м.

Формування відвалу здійснюється периферійним способом бульдозером Komatsu D155, транспортування розкритих порід до відвалу здійснюється автосамоскидами БелАЗ-540 та Komatsu HD 405.

Будівництво відвалу відбувається за схемою: основа відвалу відсипається скельними породами, після чого вже на створений стійкий шар відсипаються яруси пухкого розкриву.

Основні параметри відвалу наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Основні параметри проектного відвалу

№	Параметр	Од. виміру	Показник
1	2	3	4
1	Кількість ярусів: - Існуючих - Проектних	шт.	1 2
2	Проектна висота ярусів	м	10
3	Кути укосу бортів: - робочий - неробочий	град.	45 35
4	Проектних ухил поверхні ярусу	град.	$\geq 3$
5	Коефіцієнт розпушення: орід у відвалі сля усадки (остаточний)		1,10 1,05
6	Мінімальна ширина робочого майданчику	м	36,0
7	Ширина захисної берми	м	10,0
8	Мінімальна ширина робочого майданчика	м	36,0

### 5.6 Буровибухові роботи

Північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області відпрацьовується відкритим способом з застосуванням буровибухових робіт, на основі [8, 40].

Станом на момент розробки проекту на родовищі розкрито шість видобувних горизонтів: +20 м, +32 м, +44 м, +56 м, +68 м, +80 м.

- Висота одиничного уступу прийнята – 12,0 м.

- Кут укосу робочого уступу -  $\varphi_p=80^\circ$ .

Рихлення масиву проводиться вибуховими роботами – методом



вертикальних похилих свердловинних зарядів.

Вибухонебезпечна зона прийнята на рівні 500,0 м для людей та 300,0 м – для споруд та механізмів.

#### 5.6.1 Геологічна характеристика породи що підривається

На Північній ділянці Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області кар'єром розкриті докембрійські кристалічні породи, представлені біотитовими, дрібно-середньозернистими, порфіробластичними гранітами.

Незачеплені вивітрюванням граніти складають основну масу розвіданих порід, вони щільні, міцні, масивні. Окрім поверхневих тріщин, пов'язаних з вивітрюванням, в гранітах спостерігається глибока тріщинуватість, що характеризується різним ступенем інтенсивності. В породі спостерігаються монолітні ділянки, ділянки зі слабо розвинутою і помірною тріщинуватістю, а також сильно тріщинуваті ділянки.

Переважає більшість тріщин є вертикальними і крутопадаючими. В основному падіння тріщин спостерігається на північний захід та на північний схід, рідше на південний захід.

#### 5.6.2 Фізико механічні властивості корисної копалини

Вихідними даними для проектування БВР є:

- Середня механічна міцність граніту при стисненні в водонасиченому стані – 1315 кг/м<sup>2</sup>, [37].
- Середній об'ємна вага у щільному тілі – 2,6-2,65 т/м<sup>3</sup>, [38].
- коефіцієнт розпушення - 1,8, [38].
- Коефіцієнт міцності по Протодьяконову  $f = 8 \div 10$ .
- Група порід-1Х.
- Категорія порід за буримістю – XII.

#### 5.6.3 Бурові роботи

Бурові роботи передбачається виконувати власним парком бурових

верстатів, що є на підприємстві: «Atlas Copco» Roc L825SF та «Sandvik» Pantera 1500. Обидва верстати ударо - обертального буріння, з занурювальним пневмоударником, дизельним приводом та на гусеничному ході. Діаметр буріння ( $d_{св}$ ) = 130 мм і 150 мм.

Подрібнення негабаритів[40] здійснюється механічним способом з застосування спеціальних пристроїв – гідромолотом встановленим на екскаватор Volvo E200, або методом накладних зарядів.

#### 5.6.4 Вибір раціональних типів вибухових речовин

На Північній ділянці Новопавлівського кар'єру плануються до застосування вибухові речовини, які відповідають «Переліку вибухових матеріалів промислового призначення, допущених до постійного виробництва і застосування», затверджені наказом Міністерства соціальної політики України № 188 від 26 лютого 2016 р.

Також допускається застосування нових вибухових речовин та засобів ініціювання, які розробляються у відповідності до програм розвитку вибухової справи в режимі проведення попередніх та приймальних випробувань при наявності на них технічних умов, методики та програм випробувань та дозволу Державною службою України з питань праці України на проведення випробувань згідно НПАОП 0.00-6.05-06 «Порядок включення вибухових матеріалів промислового призначення до Переліку вибухових матеріалів промислового призначення, допущених до постійного виробництва і застосування».

В якості основних вибухових матеріалів використовують:

– грамоніт 79/21, грамоніт 79/21гс, грамоніт 50/50, ЗАРС-1, Порох пірокселіновий, заряди ТГФА, Анемікс, Амоніт №6ЖВ;

– для виготовлення бойовиків використовуються: шашки: тротиліві Т-400Г, ТП-200, ТП-400, , патрони амоніту №6ЖВ, патрони ЕВР та інші типи.

Типовий розподіл застосування ВМ в залежності від обводненості свердловин:

– для обводнених свердловин: патроновані заряди ТГФА, порох піроксиліновий, грамоніт 50/50,

– для частково обводнених свердловин : патроновані заряди ТГФА, порох піроксиліновий, грамоніт 79/21Гс, ЗАРС-1,

– для сухих свердловин і шпурів: амоніт №6ЖВ, грамоніт 79/21, ЗАРС-1.

В якості засобів ініціювання застосовуються:

– електродетонатори ЕД-8Ж;

– детонаційні шнури: ДШЕ-9, ДШЕ-12;

– неелектричні системи ініціювання (НСІ) типу «Імпульс», «Прима ЕРА» та інші.

За еталон вибухової речовини при розрахунках зарядів прийнято амоніт №6ЖВ, (Грамоніт 79/21гс). Щільність заряджання,  $\Delta = 0,9$  т/м<sup>3</sup>.

При застосуванні інших ВР використовується поправочний коефіцієнт еквівалентних зарядів – «е», що дорівнює відношенню значень ідеальної роботи вибуху для грамоніту 79/21В і застосовуваного ВР.

Значення поправочного коефіцієнта для розрахунку еквівалентних зарядів, для основних використовуємих ВР наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Поправочний коефіцієнт для розрахунку еквівалентних зарядів

Назва ВР	Перевідний коефіцієнт <i>e</i>	Щільність заряджання, кг/м <sup>3</sup>
Амоніт № 6 ЖВ	1,00	0,9
Грамоніт 79/21	1,02	0,85
Грамоніт 79/21гс	1,02	0,85 - 0,9
Грамоніт 50/50	0,92	0,85 - 0,9
Анемікс 70	1,30	1,12 - 1,32
Заряди ТГФА	1,25	0,9 – 1,4
Порох піроксиліновий	0,95	0,65-0,85
ЗАРС-1	1,00	0,7 – 1,03

### 5.6.5 Визначення необхідної крупності дроблення

Максимально допустимий лінійний розмір шматка підірваної гірничої маси залежить від технічних параметрів гірничо та дробарного обладнання, що використовується для навантаження гірничої маси та на першій стадії дроблення.

На Північній ділянці Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області у кар'єрі для навантаження гірничої маси використовуються екскаватори ЕКГ-5 та ЕКГ-4,6, а на першій стадії дроблення встановлена дробарка СМД – 110 типорозміру 600x900.

Максимальний розмір шматка підірваної гірничої маси, виходячи з ємності ковша екскаватора розраховується за формулою [37] та становить:

$$d_{\max}^{\Gamma.M} = 0,75 \sqrt[3]{V_e^K} \quad (5.14)$$

де:  $V_e^K = 4,6 \text{ м}^3$  – ємність ковша екскаватора ЕКГ-4,6, табл.2.4 РП.

$$d_{\max}^{\Gamma.M} = 0,75 \sqrt[3]{5,2} = 1,3 \text{ м}$$

Максимальний розмір шматка підірваної гірничої маси виходячи з розміру приймального зіву дробарки розраховується за формулою [6] та становить:

$$d_{\max}^{\Gamma.M} = (0,75 \div 0,85) b_{\text{ш.з}}^D \quad (5.15)$$

іє:  $b_{\text{ш.з}}^D = 600 \text{ мм}$  – ширина приймального зіву дробарки СМД-110.

$$d_{\max}^{\Gamma.M} = 0,85 \cdot 600 = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$$

В якості максимального допустимого розміру шматка гірничої маси приймається найменший за результатами розрахунку формул, тобто 0,5 м.

### 5.7 Термін відпрацювання кар'єру

При плануванні господарської діяльності, яка потребує значних капітальних вкладень, дуже важливо розуміти максимальний термін роботи економічного проєкту. В гірничодобувній промисловості, яка за обсягами капітальних вкладень на розвиток виробництва, є однією з самих капіталоємних, та враховуючи той факт, що в діяльності гірничодобувного підприємства задіяні значні людські ресурси, розрахунок прогностичного терміну роботи підприємства відіграє дуже значну роль в економічному та соціальному плануванні діяльності.

При розрахунку прогностичного терміну відпрацювання Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області приймаються такі вихідні умови:

- корисною копалиною є граніт порушений вивітрюванням та незмінений Північної ділянки Новопавлівського родовища, що подрібнюється на щебінь та камінь бутовий;

- річна продуктивність по корисній копалині.

Виходячи з вищевикладеного, проєктної продуктивності Північної ділянки Новопавлівського кар'єру, продуктивності першого року відпрацювання та промислових запасів, термін відпрацювання родовища за формулою та становить:

$$T = \frac{V_{\text{пром.}}^{\text{к.к.}}}{Q_{\text{р.}}^{\text{к.к.}}}, \quad (5.16)$$

де:  $V_{\text{пром.}}^{\text{к.к.}} = 8\,064,43 \text{ м}^3$  – промислові запаси родовища;

$Q_{\text{р.}}^{\text{к.к.}} = 500,0 \text{ м}^3/\text{рік}$  – продуктивність Північної ділянки Новопавлівського кар'єру по корисній копалині.

$$T = \frac{8\,064,43}{500,0} = 16,1 \text{ роки,}$$

Відповідно до розрахунку термін експлуатації Північної ділянки Новопавлівського кар'єру складе 16,1 роки.

## Висновки до п'ятого розділу

1. Розраховані ширини робочих майданчиків на розробці ґрунтово-рослинного шару, на розробці пухкого розкриву, на розробці скельних порід, на відсипці ярусу відвала.
2. Розглянута технологія ведення гірничих робіт відповідними машинами: бульдозером, екскаваторами, навантажувачем .
3. Розрахована норма виробки бульдозеру на розкривних та відвальних роботах 264,2 м<sup>3</sup>/год, для якої потрібний один бульдозер.
4. Розрахована норма виробки гідравлічним екскаватором Komatsu 450 на розкривних роботах 126,8 м<sup>3</sup>/год, для якої потрібний один екскаватор.
5. Розрахована норма виробки екскаватора ЕКГ-4,6 при роботі з автосамоскидами БелАЗ в/п 42,0 т та Komatsu HD 405 на видобувних роботах і становить 233,0 м<sup>3</sup>/год.
6. Розглянуті геологічні характеристики порід, що підривається, фізико механічні властивості корисної копалини.
7. Виконаний вибір раціональних типів вибухових речовин.
8. Визначена необхідна крупність дроблення: максимальний розмір шматка підірваної гірничої маси, виходячи з ємності ковша екскаватора – 1,3 м.
9. Розрахований прогностичний термін відпрацювання Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту – 16,1 років.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Загальні положення

Гірничовидобувне підприємство є об'єктом підвищеної небезпеки. Окрім цього при проведенні видобувних робіт згідно технологічного процесу має місце виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатація машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки, які регулюються Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» та іншими нормативно законодавчими підзаконними актами в цій сфері.

В зв'язку з наявністю на гірничодобувному підприємстві потенційної загрози для життя та здоров'я працівників, всі роботи на ПАТ «КІРОВОГРАДГРАНІТ» повинні виконуватися в суворій відповідності з наступними законодавчими актами:

- Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»;
- Закон України «Про охорону праці»;
- Гірничий закон України;
- «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» НПАОП 0.00-1.24-10;
- Наказ № 469 від 18.07.2013р. «Про затвердження Технічних правил ведення вибухових робіт на денній поверхні».
- «Правила охорони праці під час експлуатації електроустаткування та електромереж на відкритих гірничих роботах» НПАОП 0.00-1.58-12;
- «Правилами охорони праці на автомобільному транспорті» НПАОП 0.00-1.62-12;
- «Інструкція з техніки безпеки при проведенні капітальних маркшейдерських та спеціальних топографо-геодезичних робіт» НПАОП 74.2-5.01-84;
- НПАОП 14.3-7.03-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я

працівників видобувних підприємств з підземним і відкритим способами видобування інші законодавчо-нормативні акти, які регулюють ведення видобувних робіт, а також регламентують виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатацію машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки.

## 6.2 Вимоги до працівників

Проведення медичних оглядів працівників здійснюється відповідно до вимог Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 № 246, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 23.07.2007 за № 846/14113.

Навчання і перевірка знань з питань охорони праці працівників здійснюються відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за № 231/10511 (далі - НПАОП 0.00-4.12-05).

Інструкції підприємства з охорони праці розробляються відповідно до вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29.01.98 № 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за № 226/2666 (далі – НПАОП 0.00- 4.15-98).

Технологічні інструкції (технологічні карти, паспорти) розробляються на підприємстві відповідно до Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві, затвердженого наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 21.12.93 № 132, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.02.94 за № 20/229 (НПАОП 0.00-6.03-93).  
Забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та



іншими засобами індивідуального захисту здійснюється відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24.03.2008 № 53, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 21.05.2008 за № 446/15137 (НПАОП 0.00-4.01-08).

До управління та обслуговування гірничих і транспортних машин допускаються працівники, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли навчання з питань охорони праці згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 та отримали відповідне посвідчення на право керування гірничою або транспортною машиною.

На проведення робіт підвищеної небезпеки, зазначених у НПАОП 0.00-8.24-05 необхідно видавати письмові наряди.

Кожне робоче місце перед початком роботи або протягом зміни повинно бути оглянуте посадовою особою, в обов'язки якої покладено здійснення контролю за безпечним веденням робіт, або за її дорученням уповноваженим працівником, а протягом доби - одним з керівників, які повинні не допускати проведення робіт у разі виявлення порушень вимог з охорони та безпеки праці, крім робіт, які виконуються за нарядом щодо усунення цих порушень.

Кожний працівник до початку роботи повинен переконатись у безпечному стані свого робочого місця, перевірити справність запобіжних пристроїв, інструментів, механізмів, необхідних для виконання роботи.

Перед пуском механізмів і початком руху машин або автомобілів водій повинен переконатись у безпеці членів бригади та осіб, що перебувають поруч, відсутності перешкод і техніки на шляху руху транспорту, обов'язково подавати звукові та світлові сигнали, призначення яких усі працівники повинні знати. При цьому необхідно забезпечити чутність (видимість) сигналів для всіх працівників у межах

небезпечної зони дії машин, механізмів.

Таблиця сигналів повинна бути вивішена на працюючому механізмі або поблизу від нього.

Кожний працівник на гірничому підприємстві, помітивши небезпеку, що загрожує працівникам або підприємству (несправність машин, механізмів, електромереж, ознаки можливих зсувів, обвалів уступів, виникнення пожеж), зобов'язаний одночасно із вжиттям заходів щодо її усунення повідомити про це посадову особу, в обов'язки якої покладено здійснення контролю за безпечним веденням робіт, а також попередити працівників, яким загрожує небезпека.

На проведення робіт підвищеної небезпеки необхідно видавати письмові наряди, що підписуються керівниками підприємства.

### 6.3 Безпека ведення робіт

Висота уступу визначається проектом з урахуванням фізико-механічних властивостей гірничих порід і корисних копалин, а також гірничотехнічних умов їх залягання.

Висота уступу не повинна перевищувати:

при розробці одноковшовими екскаваторами типу механічної лопати без застосування підривних робіт — висоту черпання екскаватора;

- при розробці екскаваторами — висоту або глибину черпання екскаватора;

Граничні кути укосу неробочих уступів і бортів (кути стійкості), установлюються робочим проектом, коректованим за даними наукових досліджень в процесі експлуатації і корелюють з даними нормативних документів.

Гірниче та транспортне обладнання, транспортні комунікації, мережі електропостачання та зв'язку повинні розміщуватись на робочих площадках уступів за межами призми обрушення.

Висота уступу (підуступу) повинна забезпечувати видимість транспортних засобів з кабіни машиніста екскаватора.

На кар'єрах повинен здійснюватись постійний контроль за станом їх бортів, траншей, уступів, укосів і відвалів; у випадках виявлення ознак зсування порід роботи повинні бути припинені.

Висота породних відвалів, кути укосів та призми обрушення, швидкість посування фронту відвальних робіт установлюються в залежності від фізико-механічних властивостей порід відвалу та його основи, способу відвалоутворення та рельєфу місцевості.

Забороняється розміщення відвалів на площах родовищ, які підлягають відробленню відкритим способом.

Автомобілі та інші транспортні засоби повинні розвантажуватись на відвалі в місцях, передбачених паспортом, за призмою обрушення порід. Розміри цієї призми встановлюються РП і становлять для кристалічних порід на рівні 1,9 м.

При плануванні відвалу бульдозером під'їзд до бровки укосу дозволяється тільки ножем уперед. Подавати бульдозери заднім ходом до бровки відвалу забороняється.

Дозволяється робота бульдозера поза призмою обрушення з переміщенням його вздовж захисного валу.

Забороняється проводити скид (стік) поверхневої та кар'єрної води у відвали.

На кожному підприємстві геолого-маркшейдерською службою повинен бути організований систематичний контроль за стійкістю порід у відвалі.

#### 6.4 Механізація гірничих робіт

##### **Одноковшеві екскаватори**

При переміщенні екскаватора по горизонтальному шляху або на підйом ведуча вісь його повинна знаходитись ззаду, а при спусках з схилу — спереду. Ківш повинен бути порожнім і знаходитись не вище 1 м від ґрунту, а стріла установлена по ходу екскаватора.

При русі екскаватора на підйом або при спусках необхідно

передбачати заходи, які виключають самовільне сковзання.

У випадку необхідності допускається проведення робіт на більш близькій відстані за спеціальним паспортом безпечного проведення робіт, затвердженим технічним керівником підприємства і погодженим в щорічному плані розвитку гірничих робіт Державною службою України з питань праці.

### **Бульдозери**

Забороняється рух самохідних бульдозерів у межах призми обрушення уступу. При розвантаженні бульдозер не повинен переміщатися назад під укіс.

Не дозволяється залишати бульдозер (трактор) з працюючим двигуном і піднятим ножем, а при роботі — спрямовувати трос, ставати на підвісну раму та ніж, а також робота бульдозерів поперек крутих схилів при кутах, не передбачених інструкцією заводу-виготовлювача.

Забороняється робота на бульдозері (тракторі) без блокування, що виключає запуск двигуна при включеній коробці передач і при відсутності обладнання для запуску двигуна з кабіни.

У випадку аварійної зупинки бульдозера на похилій площині повинні бути вжиті заходи, що виключають самовільний його рух по похилу.

Для ремонту, змащування та регулювання бульдозера, він повинен бути встановлений на горизонтальній площі, двигун виключений, а ніж опущений на землю або спеціально передбачену опору.

Для огляду ножа знизу, він повинен бути опущений на надійні підкладки, а двигун бульдозера виключений. Забороняється перебувати під піднятим ножем.

Відстань від краю гусениці бульдозера до бровки укусу визначається з урахуванням гірничо-геологічних умов і повинна бути занесена в паспорт ведення робіт у вибої (відвалі).

Максимальні кути укусу вибою при роботі бульдозера не повинні

перевищувати визначених заводською інструкцією з експлуатації.

### **Вимоги безпеки на автомобільному транспорті**

Земляне полотно для шляхів необхідно будувати з міцних ґрунтів. Не можна застосовувати для насипів торф, дерен і рослинні залишки.

Повздожні ухили кар'єрних шляхів повинні відповідати техніко-економічному розрахунку з врахуванням забезпечення безпеки руху.

Ширина проїжджої частини шляху визначається зважаючи на розміри автомобілів.

Тимчасові в'їзди в траншеї необхідно улаштувати так, щоб вздовж них під час руху транспорту залишався вільний прохід шириною не менше ніж 1,5 м.

У разі затяжних повздожніх ухилів шляхів (більше ніж 0,06) необхідно влаштувати горизонтальні площадки з ухилом не більше ніж 0,02, довжиною не менше ніж 50 м і не далі ніж через кожні 600 м довжини затяжного ухилу.

В особливо складних умовах на кар'єрних і відвальних шляхах величину радіусів кривих у плані допускається приймати в розмірі не менше двох конструктивних радіусів розвороту транспортних засобів по передньому зовнішньому колесу - при розрахунку на одиночний автомобіль і не менше трьох конструктивних радіусів розвороту - при розрахунку на тягачі з напівпричепами.

На узбіччі технологічних автодоріг і тимчасових з'їздів у кар'єрі з боку відпрацьованого простору необхідно споруджувати захисний вал з ґрунту, що огорожує призму обвалення.

Висота захисного валу повинна бути не менше ніж 1/3 діаметра колеса автомобілів, що експлуатуються, вантажопідйомністю до 100 т.

Під час відсипки захисного валу з м'яких і напівскельних порід його ширина в нижній частині повинна бути не менше ніж 3-кратна висота, а під час відсипки зі скельних порід - не менше ніж 2,5 - кратна висота.

Ширина узбіччя доріг, на яких споруджується захисне огороження,

визначається проектом, за яким відстань від підосви ґрунтового валу до кромки проїжджої частини повинна бути не менше ніж 0,5 м, а до бровки укосу - 1,0 м і відповідно 1,5 м та 1,0 м - від основи огороження під час спорудження його з бетону.

Буксирування несправних автосамоскидів вантажопідйомністю більше ніж 15 т необхідно здійснювати спеціальними тягачами.

Під час навантаження автомобілів екскаваторами необхідно дотримуватись таких умов:

- використовувати автомобілі з вантажопідйомністю, яка відповідає технічним характеристикам екскаваторів, що здійснюють їх навантаження;

- автомобілі (автопоїзди), що чекають на навантаження, необхідно розміщувати за межами радіуса дії екскаваторного ківшу і ставити їх під навантаження тільки після відповідного сигналу машиніста екскаватора. Відстань між транспортними засобами, що чекають на навантаження, повинна бути не менше ніж 5 м;

- автомобіль, що перебуває під навантаженням, повинен бути загальмований;

- навантаження в кузов автомобіля необхідно здійснювати тільки збоку або ззаду. Перенесення екскаваторного ківшу над кабіною автомобіля або трактора не дозволяється;

- завантаженим автомобілем дозволяється рухатись до пункту розвантаження тільки після відповідного сигналу машиніста екскаватора.

Кабіну кар'єрного автосамоскида необхідно перекривати спеціальним захисним козирком, що забезпечує безпеку водія під час навантаження.

За відсутності захисного козирка водій автомобіля зобов'язаний вийти під час навантаження з кабіни і перебувати за межами радіуса дії ківшу екскаватора.

Під час роботи автомобіля в кар'єрі, на відвалах та в інших місцях не

дозволяється:

- рух автомобіля з піднятим кузовом;
- ремонт та розвантаження під ЛЕП та ближче ніж 40 м від них;
- рух заднім ходом до місця навантаження (розвантаження) на відстані більше ніж 30 м (за винятком випадків спорудження траншей, автомобільних та залізничних з'їздів);
- переїздити через кабелі, що прокладені по землі без спеціального запобіжного укриття;
- перевозити працівників у кабіні. У кабінах технологічних автомобілів дозволяється перевозити посадових осіб, в обов'язки яких покладено здійснення контролю за безпечним виконанням робіт, та окремих працівників за наявності в них письмового дозволу та наявності місця в кабіні, передбаченого заводом-виробником;
- залишати автомобіль на ухилах і підйомах. У разі зупинки автомобіля на підйомі або ухилі внаслідок технічної несправності водій зобов'язаний вжити заходів, що унеможливають самочинний рух автомобіля: вимкнути двигун, загальмувати машину, підкласти під колеса підпори (башмаки), автомобіль вантажопідйомністю 40 т і більше уперти передніми або задніми колесами в уступ;
- запускати двигун, використовуючи рух автомобіля з ухилу;
- залишати автомобіль з працюючим двигуном.

В усіх випадках під час руху автомобіля заднім ходом необхідно безперервно подавати звуковий сигнал, а в разі руху заднім ходом автомобіля вантажопідйомністю 10 т і більше звуковий сигнал повинен включатися автоматично.

Великотоннажний та інший технологічний транспорт, що не підлягає експлуатації на вулично-дорожній мережі загального користування, підлягає реєстрації відповідно до вимог Порядку відомчої реєстрації та ведення обліку великотоннажних та інших технологічних транспортних засобів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів

України від 06.01.2010 № 8.

Перевозити працівників у кар'єрі можна тільки в автобусах або спеціально обладнаних для цього автомашинах зі швидкістю і за маршрутами, визначеними на підприємстві.

#### 6.5 Розподільні пристрої і трансформаторні підстанції

Захист від однофазних замикань на землю повинен виконуватися двоступінчасто. Перевірка та контрольне налагодження I ступеня захисту від замикання на землю одної фази повинні проводитися не менше одного разу в шість місяців, а II ступеня захисту — не менше одного разу на рік.

Приєднання пересувних машин і трансформаторних підстанцій до живильних кар'єрних ліній повинні проводитися за допомогою пересувних пунктів приключення заводського виготовлення, придатних до застосування на відкритих гірничих роботах.

Допускається виготовлення спеціальних пересувних пультів приключення гірничими підприємствами за документацією заводів-виготовлювачів з комплектуючих вузлів, деталей, зборок заводського виготовлення, які мають сертифікати (паспорта), за згодою в Державній службі України з питань охорони праці.

Безпосереднє приєднання кабелів до повітряної лінії без пунктів приключення забороняється. Пункти приключення повинні бути встановлені на одному горизонті (уступі) з працюючими гірничими машинами.

При установці пересувних трансформаторних підстанцій біля повітряних ліній (без кабельної вставки) застосування пункта приключення необов'язкове.

Корпуси пересувних трансформаторних підстанцій і розподільних пунктів повинні бути виконані з неспалимих матеріалів з достатньою жорсткістю конструкції, що відповідає умовам експлуатації і обладнані жорсткою зчепкою для їх транспортування.



Проведення робіт по перемиканню пунктів приключення повинно здійснюватися за нарядом, в якому визначаються безпечні умови робіт.

### 6.6 Повітряні і кабельні лінії електропередачі

Під повітряними лініями не повинні розміщуватися штабелі породи і інших матеріалів.

Відстань від нижнього фазного провода повітряної лінії електропередачі на уступі до поверхні землі при максимальній стрілі провісу проводів повинна бути не менше величин, вказаних в табл. 6.1 РП.

Таблиця 6.1 – Відстань від нижнього фазного провода повітряної лінії електропередачі на уступі до поверхні землі при максимальній стрілі провісу проводів

<b>Район проходження лінії</b>	<b>Відстань від фазного провода до землі при напрузі до 35 Кв, м</b>
<i>1</i>	<i>2</i>
Територія кар'єрів і породних відвалів	6
Місця, важкодоступні для людей і недоступні для надземного транспорту	5
Укоси уступів	3
Перетинання контактного провода електрифікованої ділянки залізничних колій з лінією електропередачі (від контактного провода до лінії електропередачі)	2
Перетинання неелектрифікованих залізничних колій з лінією електропередачі (від головки рейок)	7,5

Горизонтальна відстань від крайніх проводів ліній електропередачі при найбільшому їх відхиленні до найближчих виступаючих частин будівель і споруд повинна бути не менша 2 м при напрузі лінії до 10 кВ і 4 м — 35 і 110 кВ.

Робота екскаваторів під лініями електропередачі, які знаходяться під напругою або поблизу них, допускається в тому випадку, якщо машини належать власнику лінії або закріплені за ним і при умові, коли відстань

по повітрю від підйомної або висувної частини в будь-якому її положенні, в тому числі і при найбільшому, що допускається конструкцією, підйомі або бічному вильоті до найближчого проводу, який знаходиться під напругою, буде не менше при напрузі до 1 кВ – 1,5 м, від 1 до 20 кВ – 2 м, від 35 до 110кВ – 4 м.

На кар'єрних і відвальних лініях електропередачі напругою до 35 кВ допускається застосування пересувних опор.

Відстань між пересувними опорами визначається за розрахунком з урахуванням кліматичних умов і не повинна перевищувати 50 м.

При переході повітряних ліній електропередачі через автошляхи кріплення проводів на опорах з штирьовими ізоляторами повинно бути подвійним, за виключенням переходів через привибійні автошляхи, де кріплення допускається на одному ізоляторі.

В місцях перетину з залізничними коліями і автомобільними шляхами кабелі з метою захисту від пошкоджень необхідно прокладати в трубах, коробах, жолобах та ін. Розміри укриття повинні перевищувати ширину залізничних колій або доріг не менше ніж на 2 м в кожний бік.

Не допускається більше одного приєднання або відводу від затискувачів пускача, трансформаторів і т.п., якщо це не передбачено конструкцією затискувачів або приєднувальної арматури.

### 6.7 Вимоги безпеки до освітлення

Для освітлювальних мереж в кар'єрі, а також світильників на пересувних машинах, механізмах і агрегатах повинна застосовуватися електрична система з ізольованою нейтраллю при лінійній напрузі не вище 220 В.

При застосуванні спеціальних видів освітлення допускається напруга вище 220 В.

Для живлення ручних переносних ламп повинна застосовуватися лінійна напруга не вище 36 В змінного струму і до 48 В постійного

струму.

Всі місця робіт на підприємстві повинні бути освітлені згідно з нормами, наведеними в табл. 6.2 РП.

Таблиця 6.2 – Норми освітлення на гірничому підприємстві

Об'єкта кар'єру	Найменша освітленість, лк	Площина, в якій нормується освітленість	Примітка
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Територія в районі ведення робіт	0,2	На рівні поверхні, що освітлюється	Район робіт, що підлягає освітлюванню, встановлюється технічним керівником підприємства
Місця роботи машин в кар'єрі	5	Горизонтальна	Освітленість повинна бути забезпечена по всій глибині і висоті дії робочого устаткування машин
На породних відвалах та інших ділянках	8	Вертикальна	
Місця ручних робіт	5 10	Горизонтальна Вертикальна	
Місця розвантаження залізничних составів, автомобілів і поїздів на відвалах, приймальні перевантажувальні пункти	3	Горизонтальна	Освітленість забезпечується на рівні поверхні, що освітлюється
Район роботи бульдозера або іншої тракторної машини	10	На рівні поверхні гусениць трактора	
Кабіни машин і механізмів	30	Горизонтальна	На висоті 0,8 м від землі
Приміщення на дільницях для обігріву працюючих	10	Горизонтальна	

Об'єкта кар'єру	Найменша освітленість, лк	Площина, в якій нормується освітленість	Примітка
1	2	3	4
Сходи, спуски з уступу на уступ в кар'єрі	3		
Постійні шляхи руху працюючих в кар'єрі	1	Горизонтальна	
Автошляхи в межах кар'єру в залежності від інтенсивності руху	0,5-3	Горизонтальна	Освітленість забезпечується на рівні руху автомашини

Всі роботи виконуються з дотриманням заходів безпеки, передбачених Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів та Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів.

#### 6.8 Санітарно-побутові приміщення

При кожному кар'єрі або для декількох кар'єрів повинні бути обладнані адміністративно-побутові приміщення [39]. Побутові приміщення повинні мати відділення для чоловіків і жінок і розраховуватися на кількість робітників, яка проєктується на час повного освоєння кар'єру. В склад побутових приміщень повинні входити: гардероби для робочого і верхнього одягу, приміщення для сушіння і знепилення робочого одягу, душові, туалети, пральні, майстерні ремонт спецодягу і спецвзуття, приміщення для чистки і миття взуття, кип'ятильна станція для питної води, флягові приміщення, респіраторна, приміщення для особистої гігієни жінок, медпункт.

Допускається розташування адміністративно-побутових приміщень на більшому віддаленні від борту кар'єру при умові доставки робітників у кар'єр спеціальним транспортом.

На невеликих кар'єрах дозволяється влаштовувати за узгодженням з

державною санітарною інспекцією санітарно-побутові приміщення спрощеного типу.

Всі санітарно-побутові приміщення повинні мати приточно-витяжну вентиляцію, яка забезпечує вміст шкідливих домішок в повітрі цих приміщень в межах, передбачених діючими нормами і стандартами.

#### 6.9 Вимоги до заземлення електроустаткування

Металеві частини електроустановок, які не перебувають під напругою, але можуть у разі пошкоджень ізоляції опинитися під нею, повинні бути заземлені, зокрема[40]:

- корпуси електричних екскаваторів, насосів та інших машин, станини і кожухи електричних машин, трансформаторів, вимикачів та інше електрообладнання і апарати;
- приводи електричної апаратури;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси щитів керування та розподільних щитів;
- металеві та залізобетонні конструкції, кожухи стаціонарних і пересувних трансформаторних підстанцій, розподільних пристроїв і пунктів підключення;
- металеві корпуси кабельних муфт, металеві оболонки кабелів і дротів, сталеві труби електропроводок;
- металеві та залізобетонні опори і конструкції ЛЕП;
- корпуси прожекторів і освітлювальної арматури;
- бар'єри, металеві ґратчасті та суцільні огороження частин обладнання, які перебувають під напругою, металеві ферми, балки, площадки та інші металеві частини, що можуть опинитися під напругою.

Заземлення нетягового електроустаткування здійснюється відповідно до вимог розробленої на підприємстві технологічної інструкції.

Загальну мережу заземлення стаціонарних і пересувних машин і механізмів необхідно виконувати шляхом безперервного електричного з'єднання між собою заземлюючих провідників (тросів) і заземлюючих

жил гнучких кабелів.

До складу загального заземлюючого пристрою кар'єру повинні бути включені центральний заземлювач, магістралі заземлення, заземлюючі провідники та місцеве заземлення. Опір загального заземлюючого пристрою повинен не перевищувати 4 Ом.

Допускається робота пересувних комплектних трансформаторних підстанцій, пересувних пунктів підключення без місцевих заземлень за наявності додаткового заземлення (аналогічно центральному заземлювачу), підключеного до магістралі заземлення таким чином, щоб при виході з ладу будь-якого елемента центрального заземлювача або магістралі заземлення опір заземлення в будь-якій точці заземлюючої мережі не перевищував 4 Ом.

На кар'єрах не менше одного разу на місяць необхідно проводити зовнішній огляд всієї заземлюючої мережі, а також вимірювання опору загального заземлюючого пристрою.

Усі підключення заземлюючих провідників до корпусів машин, електроустаткування та апаратів, а також до заземлювачів необхідно проводити зварюванням або надійним болтовим з'єднанням.

#### 6.10 Пожежна безпека

Кожний керівник гірничого підприємства або уповноважена ним особа зобов'язані забезпечити пожежну безпеку на підприємстві відповідно до Закону України "Про пожежну безпеку".

На всіх гірничих підприємствах, що експлуатуються, будуються або знаходяться на реконструкції, необхідно здійснювати протипожежні заходи, що запобігають виникненню пожеж, а у разі їх виникнення забезпечують локалізацію та ліквідацію пожеж на початковій стадії, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 19.10.2004 N 126, зареєстрованих у Міністерстві юстиції

України 04.11.2004 за N 1410/10009 (НАПБ А.01.001-2004).

Для запобігання випадкам забруднення атмосфери кар'єрів газами у разі займання горючих копалин, які розробляються, необхідно систематично вживати профілактичних протипожежних заходів, а якщо виникла пожежа - негайних заходів з її ліквідації.

Під час виникнення пожежі усі роботи на ділянках гірничого підприємства, атмосфера яких забруднена продуктами горіння, необхідно припинити, за винятком робіт, пов'язаних з ліквідацією пожежі.

#### Вимоги пожежної безпеки

Території підприємств повинні постійно утримуватися в чистоті та систематично очищатися від сміття, відходів виробництва, тари, опалого листя, котрі необхідно регулярно вивозити у спеціально відведені місця.

Дороги, проїзди й проходи до будівель, споруд, пожежних вододжерел, підступи до зовнішніх стаціонарних пожежних драбин, пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежогасіння мають бути завжди вільними, утримуватися справними, взимку очищеними від снігу. Забороняється довільно зменшувати нормовану ширину доріг та проїздів.

До всіх будівель і споруд підприємства має бути забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм. їх не дозволяється захаращувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок автотранспорту.

Забороняється паління на території та в приміщеннях об'єктів по зберіганням ЛЗР, ГР і горючих газів. На території об'єктів, де паління дозволяється, адміністрація зобов'язана визначити і обладнати спеціальні місця для цього, позначити їх знаком або написом, встановити урну або попільницю з негорючих матеріалів.

Спецодяг працюючих з лаками, фарба фа та іншими ЛЗР та ГР повинен своєчасно підлягати пранню та ремонту, зберігатися в

розвішаному вигляді в металевих шафах, встановлених в спеціально відведених для цієї мети приміщеннях.

Електроустановки (можливість їх застосування, монтаж, наладка та експлуатація) повинні відповідати вимогам чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ), Правил техніки безпеки при експлуатації споживачів (ПТБ) та інших нормативних документів.

#### 6.11 Правила охорони праці під час проведення БВР

Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення застосовуються на суб'єктів господарювання незалежно від їх організаційно-правової форми та форми власності, що здійснюють поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення.

Правила встановлюють вимоги безпечного поводження з вибуховими матеріалами на об'єктах, розташованих на земній поверхні, у підземних та підводних умовах.

Вимоги цих Правил є обов'язковими для підприємств, установ і організацій, які організують і контролюють роботу з промислової безпеки та охорони праці під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення та/або:

- розробленням, виробництвом, випробуванням, придбанням, перевезенням, зберіганням, обліком, реалізацією, знищенням вибухових матеріалів;

- розробленням і виготовленням обладнання, засобів механізації, пристроїв та апаратури для вибухових робіт;

- транспортуванням, ввезенням, вивезенням і транзитним перевезенням через територію України вибухових матеріалів, обладнання і технологій для їх виготовлення;

- проведенням вибухових робіт.

Даним проектом встановлені охоронні зони:



- для людей – 500,0 м.
- для споруд і механізмів – 300,0 м.

Під час вибухових робіт з метою оповіщення працівників обов'язково необхідно подавати звукові сигнали. Забороняється подавати сигнали голосом, а також із застосуванням ВМ.

Значення та порядок подавання звукових сигналів:

- перший сигнал - «Попереджувальний!» (один тривалий). Сигнал необхідно подавати на земній поверхні - під час електричного ініціювання вибуху перед початком заряджання, під час ініціювання за допомогою ДШ або НСІ - перед початком монтування підривної мережі. Підривникам дозволяється монтувати підривну мережу після закінчення робіт із заряджання та виведення пов'язаних із цим осіб за межі небезпечної зони;

- другий сигнал - «Бойовий!» (два тривалих). За цим сигналом дозволяється ініціювати вибух;

- третій сигнал - «Відбій!» (три коротких). Означає закінчення вибухових робіт.

Способи подавання та призначення сигналів, час проведення вибухових робіт необхідно доводити до відома працівників суб'єкта господарювання, а під час ведення вибухових робіт на земній поверхні – також до відома місцевого населення.

## Висновки до шостого розділу

1. У цьому розділі магістерської дипломної роботи розглянуті вимоги до працівників відповідно технологічним інструкціям, письмовим нарядам, підписаними керівниками підприємства.

2. Гірниче та транспортне обладнання, транспортні комунікації, мережі електропостачання та зв'язку повинні розміщуватись на робочих площадках уступів за межами призми обрушення. На кар'єрах повинен здійснюватись постійний контроль за станом їх бортів, траншей, уступів, укосів і відвалів; у випадках виявлення ознак зсування порід роботи повинні бути припинені.

3. Розглянута механізація гірничих робіт однокішовим екскаватором, бульдозером, автомобільним транспортом. Тимчасові в'їзди в траншеї необхідно улаштувати так, щоб вздовж них під час руху транспорту залишався вільний прохід шириною не менше ніж 1,5 м.

4. Захист від однофазних замикань на землю повинен виконуватись двоступінчасто. Перевірка та контрольне налагодження I ступеня захисту від замикання на землю одної фази повинні проводитись не менше одного разу в шість місяців, а II ступеня захисту — не менше одного разу на рік. Наведені відстані від нижнього фазного провода повітряної лінії електропередачі на уступі до поверхні землі при максимальній стрілі провісу проводів.

5. Розглянуті вимоги до заземлення електроустаткування. Заземлення працюючих у кар'єрі стаціонарних і пересувних електроустановок напругою до 1000 В і вище повинно бути загальним, крім електроустановок електричної тяги і нетягового електроустаткування, яке перебуває у зоні можливого виникнення коротких замикань на його металеві частини від контактних проводів. Наведені норми освітлення на гірничому підприємстві

6. Розглянуті вимоги пожежної безпеки та правила охорони праці під час проведення БВР.

## 7 ЕКОНОМІКА

### 7.1. Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Науковий ефект роботи можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи [41]

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60

За даними таблиці 7.1. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає  $k_{нов} = 55$  балів.

Значення показників рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи [41]

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80

За даними таблиці 7.2. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає

$k_{теор} = 75$  балів.

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за виразом:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор}, \quad (7.1)$$

де  $k_{нов}$ ,  $k_{теор}$  – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 55 + 0,4 \cdot 75 = 63$$

Отримані значення порівнюємо з граничними, які наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Граничні значення показника наукового ефекту [41]

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Середній	50...69

Встановивши рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи можна сказати, що розробка та її впровадження є актуальним в теперішній час.

## 7.2. Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. Розробкою є експертно-моделююча система прийняття ефективних рішень при виборі рішень по зменшенню ризиків опромінення, що дозволяє управляти проектами по радіаційному захисту будівель диференційовано в залежності від доступної експертної інформації. Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучаємо 3-х незалежних експертів. Оцінювання науково-технічного

рівня розробки та її комерційного потенціалу будемо здійснювати із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, згідно рекомендаціям.

Таблиця 7.4 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
1	4	4	4
2	3	4	3
3	3	4	4
4	3	4	4
5	3	3	3
6	4	4	3
7	4	3	4
8	4	3	4
9	4	4	4
10	3	3	4
11	4	4	4
12	3	3	4
Сума балів	42	43	45
Середньоарифметична сума балів СБ <sub>с</sub>	43		

За даними таблиці 7.4 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки [41]

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 43, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

### 7.3. Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної, дослідно-конструкторської, конструкторсько-технологічної роботи, створенням дослідного зразка і здійсненням виробничих випробувань, під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуються за такими статтями:

- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріали;
- паливо та енергія для науково-виробничих цілей;
- витрати на службові відрядження;
- спецстаткування для наукових (експериментальних) робіт;
- програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт;
- витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації;
- інші витрати;
- накладні (загальновиробничі) витрати.

#### 7.3.1. Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховують відповідно до посадових окладів працівників, за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (7.2)$$

де  $k$  – кількість посад дослідників, залучених до процесу досліджень;

$M_{\text{пi}}$  – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

$t_i$  – кількість днів роботи конкретного дослідника, дн.;

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці,  $T_p = 21 \dots 23$  дні.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 16800 грн на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів дослідника складає 42. Зведемо сумарні розрахунки до таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	20000	952,381	5	4761,905
Інженер	16800	800	45	36000
Всього				40761,9

Основна заробітна плата робітників.

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (7.3)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

$t_i$  – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{3m}}, \quad (7.4)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати 8000 грн;

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно  $T_p =$

21...23 дні;  $t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Розрахуємо погодинну тарифну ставку робітника з заготівельних операцій:

$$C_i = \frac{8000 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{21 \cdot 8} = \frac{11055}{168} = 78,57 \text{ (грн.)}$$

де коефіцієнт  $K_c$  обирається з таблиці 7.7

Таблиця 7.7 – Мінімальні коефіцієнти співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру прожиткового мінімуму працездатної особи [41]

Види виробництв та робіт, професії робітників	Коефіцієнти
Слюсарі-інструментальники і верстатники широкого профілю, зайняті на універсальному устаткуванні інструментальних та інших цехів підготовки виробництва при виготовленні особливо точних, відповідальних і складних пресформ, штампів, приладдя, інструменту, приладів та устаткування; верстатники на унікальному устаткуванні, які зайняті виготовленням особливо складної продукції; слюсарі-ремонтники, електромонтери та налагоджувальники, які зайняті ремонтом, налагодженням та обслуговуванням особливо складного універсального устаткування; інші висококваліфіковані робітники, які виконують особливо складні і унікальні роботи	1,8
Робітники основного та допоміжного виробництва	1,65
Робітники, зайняті на інших роботах, безпосередньо не пов'язаних з основним характером діяльності підприємства	1,5



Таблиця 7.8 – Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників [41]

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_i$	1,0	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4

Зроблені розрахунки за виразом (7.4) занесемо у таблицю 7.9.

Таблиця 7.9 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Заготівельні	3	2	1,1	86,43	259,29
Механічні	2	3	1,35	106,07	212,14
Складальні	2	4	1,5	117,86	235,71
Налагоджувальні	1	4	1,5	117,86	117,86
Всього					825

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (7.5)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата нараховується в розмірі 12% від основної заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = (40762 + 825) \cdot \frac{12}{100\%} = 4990 \text{ (грн.)}$$

### 7.3.2 Відрахування на соціальні заходи

До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ – єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{доо}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%}, \quad (7.6)$$

де  $H_{zn}$  – норма нарахування на заробітну плату;

$Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_p$  – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{доо}$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.

$$Z_n = (40762 + 825 + 4990) \cdot \frac{22}{100\%} = 10247,01 \text{ (грн.)}$$

Отже, нарахування на заробітну плату складають 10247,01 грн.

### 7.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби.

Витрати на матеріали (M) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{e j}, \quad (7.7)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн/кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ );

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{vj}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

Для всіх інших матеріалів також проводимо розрахунки та зводимо до таблиці 7.10.

Таблиця 7.10 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір А4	–	–	–	–	200
Офісне приладдя	–	–	–	–	150
Всього					350

#### 7.3.4 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

До статті «Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень» відносять амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо можуть бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_об}{T_е} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (7.8)$$

де  $C_b$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо,

які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під

час досліджень, місяців;

$T_e$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів,

приміщень тощо, років.

Для виконання НДР використовуються виробниче приміщення, комп'ютери, токарний та фрезерний верстати, зварювальне обладнання, а також інше обладнання.

Розрахуємо амортизаційні відрахування по приміщенням за виразом (7.8):

$$A_{обл} = \frac{450000}{20} \cdot \frac{2}{12} = 3750 \text{ (грн.)}$$

Проводимо розрахунки по кожному виду обладнання та зводимо до таблиці 7.11.

Таблиця 7.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Приміщення	450000	20	2	3750
Комп'ютер	30000	5	2	1000
Інше обладнання	50000	10	2	833
Всього				5583

### 7.3.5 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» належать витрати на придбання у сторонніх підприємств, установ і організацій будь-якого палива, що витрачається з технологічною метою на проведення досліджень.

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (7.9)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

$K_{eni}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{eni} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

Розрахуємо витрати на силову енергію для комп'ютера за виразом (7.9):

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{0,4 \cdot 352 \cdot 3,0 \cdot 0,9}{0,85} = 447,3 \text{ (грн.)}$$

### 7.3.6 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cs} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{cs}}{100\%}, \quad (7.10)$$

де  $H_{cs}$  – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{ce} = (40762 + 825) \cdot \frac{20}{100\%} = 8317 \text{ (грн.)}$$

Витрати на службові відрядження працівників складають 8317 грн.

### 7.3.7 Інші витрати

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_g = (z_o + z_p) \cdot \frac{H_{ig}}{100\%}, \quad (7.11)$$

де  $H_{ig}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_g = (40762 + 825) \cdot \frac{50}{100\%} = 20793 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати складають 20793 грн.

### 7.3.8 Загальновиробничі витрати

Витрати за статтею «Загальновиробничі витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (z_o + z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (7.12)$$

де  $H_{нзв}$  – норма нарахування за статтею «загальновиробничі витрати».

$$B_{нзв} = (40762 + 825) \cdot \frac{100}{100\%} = 41586 \text{ (грн.)}$$

Загальновиробничі витрати складають 41586 грн.

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + B_{нрз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + I_e + B_{изв}, \quad (7.13)$$

$$B_{заг} = 133902,72 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи становлять 133902,72 грн.

Загальні витрати ЗВ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (7.14)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи. Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-дослідних робіт, то  $\eta=0,1$ ; технічного проектування, то  $\eta=0,2$ ; розробки конструкторської документації, то  $\eta=0,3$ ; розробки технологій, то  $\eta=0,4$ ; розробки дослідного зразка, то  $\eta=0,5$ ; розробки промислового зразка, то  $\eta=0,7$ ; впровадження, то  $\eta=0,9$ .

$$ЗВ = \frac{133903}{0,9} = 148781 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та її оформлення складають 148781 грн.

## 7.4 Розрахунок економічного ефекту

З економічної точки зору необхідно розглядати дві категорії ситуацій опромінення будівельних об'єктів: 1) існуючих, що експлуатуються, та 2) майбутніх, що проектуються. Для майбутніх об'єктів обмеження опромінення повинні бути суворішими, оскільки їх реалізація коштує значно дешевше. Наприклад, зниження дози гамма-випромінювання від природних радіонуклідів у будівельних матеріалах значно дорожче в існуючих будинках порівняно з ситуацією, коли вирішується питання про використання родовищ для майбутніх будівель. У першому випадку захисні заходи можуть включати зміну призначення приміщень, обмеження перебування людей або вилучення конструктивних елементів з високим вмістом радіонуклідів та їх заміну матеріалами з низькою радіоактивністю. У другому випадку порівнюється вартість матеріалів, здобутих з різних родовищ.

Знижувати сумарну дозу слід за рахунок тих джерел, для яких впровадження протирадіаційних заходів буде більш економічно вигідним. Захисні заходи доцільно впроваджувати, коли їх ефективність відповідає встановленим критеріям.[ 3 ]:

$$S \leq Z, \quad (7.15)$$

де  $Z$  - зменшення шкоди здоров'ю населення;

$S$  - вартість протирадіаційних заходів.

Із усіх можливих технологічних і організаційних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки повинен бути вибраний той захід, при якому різниця між зменшенням шкоди здоров'ю населення ( $\Delta Z$ ) і збільшенням вартості протирадіаційних заходів ( $\Delta S$ ) буде максимальною:

$$\Delta Z - \Delta S = \max . \quad (7.16)$$

Збільшення вартості протирадіаційних заходів:



$$\Delta S = S_i - S_o , \quad (7.17)$$

де  $S_o$  - вартість початкового варіанту, що підлягає заміні:

при ситуації 1 - це вартість будівельних матеріалів, конструктивних рішень об'єктів, що існують;

при ситуації 2 - найдешевший варіант протирадіаційних заходів, що проектується;

$S_i$  - вартість альтернативного варіанту, що передбачає організаційно-технологічні заходи по зменшенню опромінення населення.

Зменшення шкоди здоров'ю населення при заміні початкового варіанту протирадіаційних заходів:

$$\Delta Z = \alpha ( D_o - D_i ) , \quad (7.18)$$

де  $\alpha$  - грошовий еквівалент 1 люд-Зв, максимальні витрати на зниження дози опромінення населення на 1 люд · Зв, грн/ люд · Зв;

$D_o$  і  $D_i$  - очікувана колективна ефективна еквівалентна доза (люд · Зв), що обумовлена використанням вихідного та альтернативного варіантів відповідно. Ці дози визначають за формулою:

$$D_i = H_i \cdot N_{\text{эф}} \cdot t , \quad (7.19)$$

де  $H_i$  - річна ефективна еквівалентна доза опромінення людей в приміщенні, що побудоване за технологією альтернативного варіанту, Зв/рік;

$t$  - очікуваний термін експлуатації будинку, роки;

$N_{\text{эф}}$  - ефективна кількість людей, що опромінюється.

У випадку, коли вартість захисних заходів перевищує користь від зекономленої дози, сектор управління експертно-моделюючою системою повинен провести додатковий і більш детальний аналіз комплексу заходів, проаналізувати, який саме фактор є більш дешевим на даному етапі і в даних умовах.

## Висновки до сьомого розділу

1. В даному розділі був проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Рівень комерційного потенціалу розробки високий за бальною школою (43 бали), тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження

2. Здійснений розрахунок витрат на оплату праці, соціальні заходи, сировину та матеріали, амортизаційні відрахування, паливо та електроенергію, службові відрядження та інші витрати. Загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та її оформлення складають 148781 грн. Завершальним етапом розділу було оцінено важливість та наукову значимість науково-дослідної розробки, наведений розрахунок економічного ефекту.

3. Розроблена експертно–моделююча система прийняття організаційно-технологічних рішень дозволяє при оцінці ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів забезпечувати головну вимогу, тобто різниця меж ефектом зменшення шкоди здоров'ю населення і вартістю захисних заходів у грошовому співвідношенні буде максимальною.

## ВИСНОВКИ

Проаналізували зарубіжний й вітчизняний стан організаційно-технологічного забезпечення зниження радіаційної небезпеки на об'єктах будівництва, що дає можливість зробити висновок про актуальність вирішення проблеми радіоекології. Виявлено, що основним джерелом опромінення для населення нашої країни є природна радіація, яка становить 5,3 мЗв/рік за рахунок величин природних радіонуклідів в сировині кар'єрів регіону та еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222..

Виявлено, що існуюча нормативно-технічна база для оцінки та прогнозування радіаційного забруднення, яка включає зовнішнє гамма-випромінювання, питому активність природних радіонуклідів у сировині та будівельних матеріалах, а також еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону, не забезпечує повного контролю радіаційних параметрів.

Виконано моделювання системи прийняття організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки з використанням доступної проектувальнику експертно-лінгвістичної інформації у вигляді правил "ЯКЩО-ТО", що пов'язують нечіткі терми вхідних і вихідних змінних. Лінгвістичним висловлюванням відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних відповідному терму. Здійснено процедура дефазифікації - перехід від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму.

Побудовані функції належності нечітких оцінок впливу факторів здійснюється у відповідності з розробленим алгоритмом, що враховує ступені належності відповідних елементів до нечіткого терму. Розглянута детально методика побудови функцій належності на прикладі впливу ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах на величину ППД гамма-випромінювання в повітрі приміщень.

Розглянута північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області, яка розташована в центрі Українського кристалічного масиву, що сприяло утворенню великих родовищ вторинного каоліну, урану, граніту, золотої руди та інших рідкісних металів. Встановлені географічні координати цього родовища. Розглянуті орогідрографія та кліматичні умови району робіт. У зведеному геологічному розрізі Північної

ділянки Новопавлівського родовища наведений опис порід за віком та потужністю.

Розглянуті основні характеристики родовища кристалічних порід: фізико-механічні та хімічні показники, радіоактивність порід. Корисна копалина Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів відноситься до 1-2 класів за радіоактивністю і може використовуватись у дорожньому будівництві, а також, при будівництві виробничих будівель та споруд відповідно до вимог ДБН Б В.1.4-1.02-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні».

Розраховані ширини робочих майданчиків на розробці. Розглянута технологія ведення гірничих робіт відповідними машинами: бульдозером, екскаваторами, навантажувачем. Розрахована норма виробки бульдозеру на розкривних та відвальних роботах 264,2 м<sup>3</sup>/год, розрахована норма виробки гідравлічним екскаватором Komatsu 450 на розкривних роботах 126,8 м<sup>3</sup>/год, для якої потрібний один екскаватор, розрахована норма виробки екскаватора ЕКГ-4,6 при роботі з автосамоскидами БелАЗ в/п 42,0 т та Komatsu HD 405 на видобувних роботах і становить 233,0 м<sup>3</sup>/год.

Розглянуті геологічні характеристики порід, що підривається, фізико-механічні властивості корисної копалини. Розрахований прогнозний термін відпрацювання Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту – 16,1 років.

У розділі охорони праці розглянуті вимоги до працівників відповідно технологічним інструкціям, до гірничого та транспортного обладнання, транспортні комунікації, мережі електропостачання, вимоги до заземлення електроустаткування. вимоги пожежної безпеки та правила охорони праці під час проведення вибухових робіт.

Проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Пораховані загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та її оформлення - 148781 грн.

Розроблена експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів дозволяє при оцінці ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів забезпечувати головну вимогу, тобто різниця між ефектом зменшення шкоди здоров'ю населення і вартістю захисних заходів у грошовому співвідношенню буде максимальною.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сердюк В.Р., Лось І.П. Особливості радіаційного фактора при будівництві житла в Україні // Будівництво України. 1998. № 4. С. 45-48.
2. Лось И.П. Гигиеническая оценка дозообразующих источников ионизирующих излучений природного и техногенного происхождения и доз облучения населения Украины: Автореф. дис. д-ра биол. наук: 14.00.07. К.: 1993. - 21 с.
3. Державні будівельні норми України. Система 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. Київ: Держкоммістобудування України, 1997. 100 с.
4. Радіоекологія: підручник. В.П. Шапорєв, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв, та ін. Чернівці: «Місто» АНТ, 2018. 440 с.
5. S. Pavlidou, A. Koroneos, C. Papastefanou, G. Christofides, S. Stoulos, M. Vavelides. Natural radioactivity of granites used as building materials. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY p.48-60.2006.
6. Mrdja, D. Mrda, D. Mrda, Dusan Mrdja, Dusan Mrdja, D Mrda, D Mrdja, Dusan S. Mrdja, Dugan S. Natural radioactivity in raw materials used in building industry in Serbia. International journal of environmental science and technology. p.705-716. 2015.
7. Qureshi, A. A. Siddiqui, R. U. H. Manzoor, S. Rana, A. N. Waheed, A. Radiological implications of Nagarparkar granite, Pakistan, as a building material RADIOPROTECTION Volume 51. Issue 4. 2016. Page 255-263.
8. Al-Zahrani, J. H. Estimation of natural radioactivity in local and imported polished granite used as building materials in Saudi Arabia. JOURNAL OF RADIATION RESEARCH AND APPLIED SCIENCES. Volume 10 Issue 3. 2017. Page 241-245.
9. Fallatah, Othman, Khattab, Mahmoud R. Evaluation of Environmental Radioactivity and Hazard Impacts Saudi Arabia Granitic Rocks Used as Building Materials. MINERALS. Volume 13. Issue 2. 2023.
10. Tuo, F.; Peng, X.; Zhou, Q.; Zhang, J. Assessment of natural radioactivity levels and radiological hazards in building materials. *Radiat. Prot. Dosim.* 2020, 188, 316–321.

11. Sonkawade, R.; Kant, K.; Muralithar, S.; Kumar, R.; Ramola, R.C. Natural radioactivity in common building construction and radiation shielding materials. *Atmos. Environ.* 2008, *42*, 2254–2259.
12. Turhan, S.; Kurnaz, A.; Karata 1ı, M. Evaluation of natural radioactivity levels and potential radiological hazards of common building materials utilized in Mediterranean region, Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2022, *29*, 10575–10584.
13. Aykamı,s, A.S.; Turhan, S.; Aysun Ugur, F.; Baykan, U.N.; Kılıç, A.M. Natural radioactivity, radon exhalation rates and indoor radon concentration of some granite samples used as construction material in Turkey. *Radiat. Prot. Dosim.* 2013, *157*, 105–111.
14. Moghazy, N.M.; El-Tohamy, A.M.; Fawzy, M.M.; Awad, H.A.; Zakaly, H.M.H.; Issa, S.A.M.; Ene, A. Natural Radioactivity, Radiological Hazard and Petrographical Studies on Aswan Granites Used as Building Materials in Egypt. *Appl. Sci.* 2021, *11*, 6471.
15. UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources*; United Nations Publications: New York, NY, USA, 2000; Volume 1.
16. Abbasi, A. Calculation of gamma radiation dose rate and radon concentration due to granites used as building materials in Iran. *Radiat. Prot. Dosim.* 2013, *155*, 335–342.
17. Kinsara, A.A.; Shabana, E.I.; Qutub, M.M.T. Natural Radioactivity in Some Building Materials Originating from a High Background Radiation Area. *Int. J. Innovat. Edu. Res.* 2014, *2*, 70–78.
18. Hereher, M.E.; Al-Shammari, A.M.; Abd Allah, S.E. Land cover classification of Ha'il-Saudi Arabia using remote sensing. *Int. J. Geosci.* 2012, *3*, 349–356.
19. EC. Radiation protection unit, radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. *Radiat. Prot.* 1999, *112*, 5–16.
20. Я. М. Черних, О. Г. Лялюк. Шляхи вирішення проблем з енергоресурсами на прикладі Дружбівського кар'єру. *Енергоефективність в галузях економіки України. 2023: Матеріали міжн НТК., м. Вінниця, 21-23 листопада 2023* р.С.248-251. [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19499>

21. Я. М. Черних, О. Г. Лялюк. Методика обстеження гранітних кар'єрів на наявність та кількісну характеристику природних радіонуклідів. 53-а Всеукраїнська науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ.. м. Вінниця, 21- 23 березень 2024 р. С. 1492-1494 [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/832/1453/2726-1>.
22. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг атмосферного повітря.: Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 1998. 94 с.
23. Лялюк О.Г. Моніторинг радононебезпеки урбанізованих територій. // Вісник ВПІ. -1999. - №1. С. 26-29.
24. Лялюк О.Г. Управління проектами зменшення радононебезпеки в будівництві. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. - 139 с. Лл.30.: . Бібліограф.: 77.
25. Республіканські будівельні норми України – РБН 356-91. Положення про радіаційний контроль на об'єктах будівництва та підприємствах будіндустрії і будматеріалів України. - Київ: Укрархстройінформ, 1991. 50 с.
26. Посібник до ДБН В.1.4.-2.01-97 "Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва" -Київ: Укрархбудінформ, 1997. 101 с.
27. Берестов Р. В., Гоц Н. Є.. Дослідження методів вимірювання активності радіонуклідів для калібрування джерел  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання. Вісник Черкаського державного технологічного університету 3/2021. С.14-23.
28. Броневицький С.П. Організаційно-технологічне забезпечення зниження колективної дози радіаційного випромінювання на об'єктах промислового та цивільного будівництва: Автореф. дис. канд.техн. наук: 05.02.21. К.: 1996.21с.
29. Теорія планування експериментів: Виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / С.М. Лапач ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,31 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 86 с.

30. Jouffe L. New search strategies for learning Bayesian networks / Jouffe L. and Munteanu P. // Proc. of tenth international symposium on applied stochastic models and data analysis (ASMDA 2001). Compiègne (France). 12–15 June 2001. Vol. 2. P. 591-596.
31. Т. П. Становська і М. В. Закусило, «Інтелектуалізація метода фазового інтервала», *Вісник ВПШ*, вип. 6, с. 22–26, Листоп. 2010.
32. Опорний конспект лекцій з курсу «Логічне програмування». *[Електронний ресурс]*. Режим доступу <http://dspace.wunu.edu.ua/retrieve/16737/>
33. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечітка надійність алгоритмічних процесів. - Вінниця: Континент - ПРИМ, 1997. 142 с.
34. Ротштейн О.П., Ларюшкін Т.П., Кательніков Д.І. Багатофакторний аналіз технологічного процесу біоконверсії на основі лінгвістичної інформації // *Вісник ВПШ*. 1997. - № 3. С. 38-45.
35. Даніель Джонсон. Підручник з нечіткої логіки: що таке, Архітектура, застосування, приклад. *[Електронний ресурс]*. Режим доступу. <https://www.guru99.com/uk/what-is-fuzzy-logic.html>
36. ДСТУ НБВ.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
37. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1. Гірничі роботи. Ліквідація гірничодобувних підприємств. Техніко-економічна оцінка та показники. СОУ-МПП 73.020-078-1:2007. Настанова міністерства промислової політики України. К.: Міністерство промислової політики України, 2007.
38. Звіт «Повторна геолого-економічна оцінка Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів у Кіровоградському районі Кіровоградської області», Київ 2017р. ТОВ «Геопроф».
39. НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом».
40. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво» / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. Вінниця: ВНТУ, 2023. 60 с.
41. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. Вінниця : ВНТУ, 2021. 42 с.



## **ДОДАТКИ**

# ДОДАТОК А ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

137

**ДОДАТОК А  
ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА  
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Експертно-модельюча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**


Оригінальність 82,3 %      Схожість 17,7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

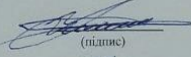
1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.


2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Блащук Н.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Черних Я.М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Лялюк О.Г.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

**ДОДАТОК Б**  
**ВІДОМІСТЬ АРКУШІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ**

Аркуш	Найменування	Примітка
ЛИСТ 1	Актуальність теми, об'єкт дослідження, предмет дослідження, мета роботи, новизна	
ЛИСТ 2	Питома активність природних радіонуклідів в сировині та будівельних матеріалах	
ЛИСТ 3	Блок-схема управління радіаційним станом будівельного об'єкту. Структурно-алгоритмічна модель моніторингу радіаційного фактору	
ЛИСТ 4	Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів. Фактори впливу як лінгвістичні зміни	
ЛИСТ 5	Побудова функцій належності нечітких оцінок впливу факторів	
ЛИСТ 6	Моделювання системи прийняття рішень на системному рівні	
ЛИСТ 7	Оглядова карта району робіт Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району кіровоградської області	
ЛИСТ 8	Геологічна карта кристалічного фундаменту	
ЛИСТ 9	План розробки кар'єру	
ЛИСТ 10	Розріз 3-3	
ЛИСТ 11	Розріз 4-4	
ЛИСТ 12	Санітарно-захисна зона Новопавлівського кар'єру	
ЛИСТ 13	Висновки	

## ДОДАТОК В



ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
**КІРОВОГРАДГРАНІТ**

УКРАЇНА, 27641, Кіровоградська обл.  
 Кіровоградський р-н, с.Слободжанське  
 ЄДРПОУ/ 13764297  
 тел. / факс 0522 - 55-33-04, 55-80-66

Вих.№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

УКРАЇНА, 27641, Кіровоградська обл.  
 Кіровоградський р-н, с.Слободжанське  
 ЄДРПОУ/ 13764297  
 тел. / факс 0522 - 55-33-04, 55-80-66

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор  
 ПАТ «Кіровоградграніт»

Юрій КАЙДАШ

2024 р

АКТ

впровадження результатів магістерської роботи Черних Ярослава  
 Миколайович у практичну діяльність ПАТ «Кіровоградграніт»

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи Черних Я. М. на тему: «Експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів» впроваджені у діяльність підприємства ПАТ «Кіровоградграніт».

Розроблена модель прийняття рішення будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів дозволяє має можливість диференційовано керувати проектами радіаційного захисту будівель на основі доступної експертної інформації. Впровадження запропонованих методик та алгоритмів прийняття рішень у практику управління проектами в будівництві зменшить колективну дозу опромінення населення.

Генеральний директор



Юрій КАЙДАШ

**АКТУАЛЬНІСТЬ.** В контексті національної проблеми зі зменшення дози опромінення від природної радіоактивності, важливим є розробка комплексної програми для зниження радіаційної небезпеки в населених пунктах, розташованих на радіаційно небезпечних територіях. Управління радіаційною безпекою є ключовим аспектом виробничої діяльності в галузі будівництва. Цей процес включає такі взаємопов'язані формалізовані блоки: моніторинг радіаційної небезпеки; підготовка та розробка організаційно-технологічних рішень та управлінських рішень; впровадження таких рішень на етапах проектування, будівництва та експлуатації житлово-цивільних і промислових об'єктів. Нормативні документи та теоретичні дослідження спрямовують будівельні організації та установи на необхідну реалізацію ефективної системи контролю радіаційної безпеки та управління проектами, які пов'язані з розробкою і впровадженням заходів зі зниження рівня іонізуючого випромінювання природних радіонуклідів.

Потреба у розробці Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту пов'язана з підвищенням попиту в регіоні та в країні на щебінь та камінь бутовий.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є покращити радіаційну якість будівельної продукції та підвищити ефективність захисту приміщень від радіації.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити залежності радіаційних характеристик об'єктів житлово-цивільного та промислового призначення від регламентованих радіаційних параметрів сировини, матеріалів та повітря приміщень;
- розробити ієрархічну систему математичних моделей з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу, з урахуванням об'ємно-планувальних рішень, з урахуванням типу будівельного матеріалу на основі нечіткої логіки та з враховуванням впливу кількісних і якісних факторів;
- створити експертно-моделюючу систему застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів.

**Об'єкт дослідження** - експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів.

**Предмет дослідження** – система прийняття рішень по зменшенню ризиків опромінення

**Новизна:**

- отримано подальший розвиток у визначенні залежності регламентованих радіаційних параметрів будівельних об'єктів від багатофакторних показників на радіаційно небезпечних територіях України
- розроблені моделі управління по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки з урахуванням геоморфологічних характеристик рельєфу, з урахуванням об'ємно-планувальних рішень, з урахуванням типу будівельного матеріалу ;
- вперше створена експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів, що дає можливість диференційовано керувати проектами радіаційного захисту будівель на основі доступної експертної інформації.

# ПИТОМА АКТИВНІСТЬ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ В СИРОВИНІ ТА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

Будівельні матеріали виготовляються з природної сировини, яка містить природні радіонукліди (радій-226, торій-232, калій-40), що є джерелом зовнішнього гамма-випромінювання у будинках. Під час розпаду радію-226 утворюється радіоактивний газ радон-222, який потрапляє в повітря приміщень. Всього ці два джерела дають до 65% в загальну дозу опромінення населення.

Кожне підприємство, яке виробляє або постачає сировину та будівельні матеріали (природного походження, промислового виробництва, відходи промисловості), обов'язково проводить оцінку їх радіоактивності або повинна мати сертифікат радіаційної якості.

Залежно від концентрації радіонуклідів будівельні матеріали поділяються на ТРИ КЛАСИ, і використання кожного класу регулюється державними будівельними нормами ДБН В1.4-1.01-97:

1 клас. Ефективна сумарна питома активність ( $A_{\text{ef}}$ ) ПРН  $\leq 370$  Бк/кг. Будівельні матеріали використовуються для всіх видів будівництва без обмежень.

2 клас.  $A_{\text{ef}} = 370-740$  Бк/кг для дорожнього та промислового будівництва.

3 клас.  $A_{\text{ef}} = 740-1350$  Бк/кг можуть використовуватися для таких об'єктів:

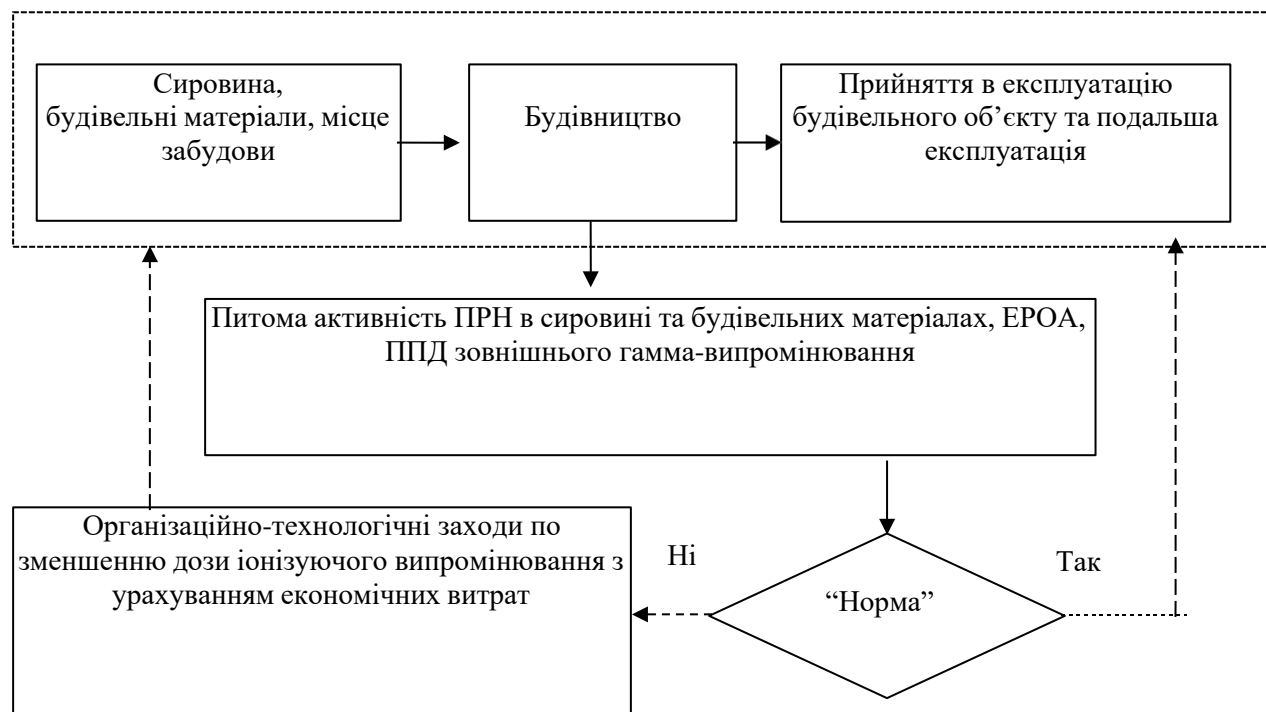
- промислового призначення, де виключається перебування людей;
- дорожнього призначення поза населеними пунктами;
- дорожнього призначення в межах населених пунктів за умовою покриття шаром ґрунту або іншого матеріалу товщиною не менше ніж 0,5м.

Для використання будівельних матеріалів з  $A_{\text{ef}} > 1350$  Бк/кг у всіх випадках необхідно одержати дозвіл Мінохоронздоров'я України.

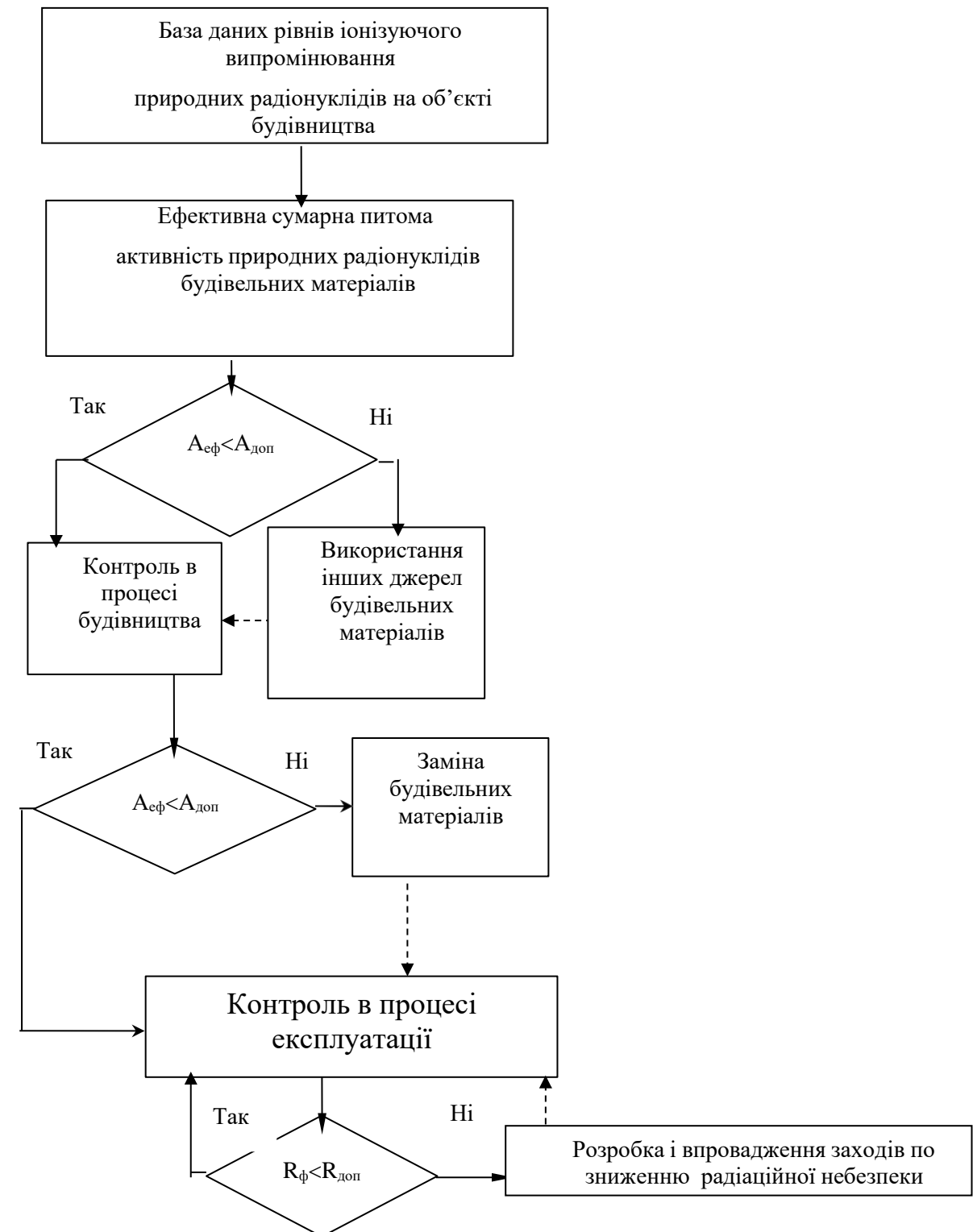
## Класифікація приміщень залежно від того, як людина використовує їх та наскільки ймовірне накопичення радіонуклідів і відповідні заходи по їх зменшенню



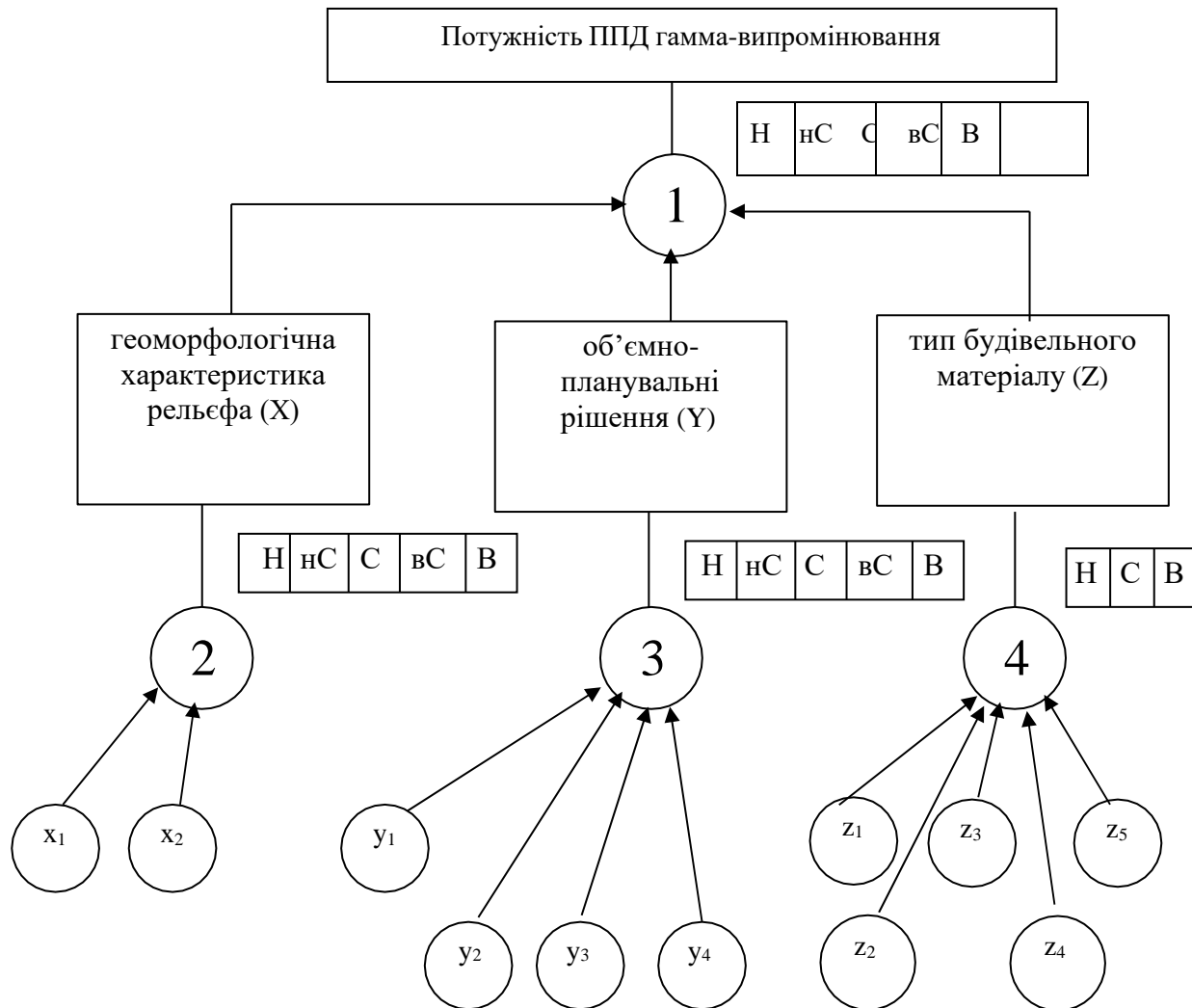
# БЛОК-СХЕМА УПРАВЛІННЯ РАДІАЦІЙНИМ СТАНОМ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ



# СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМІЧНА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОГО ФАКТОРУ



# ДЕРЕВО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ІЄРАРХІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФАКТОРІВ



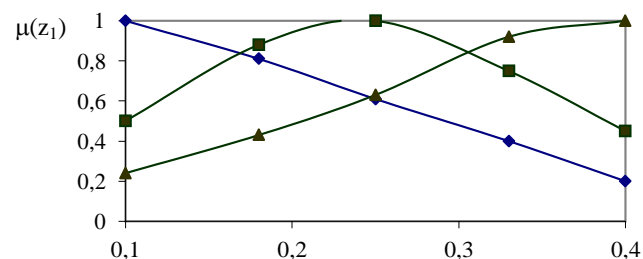
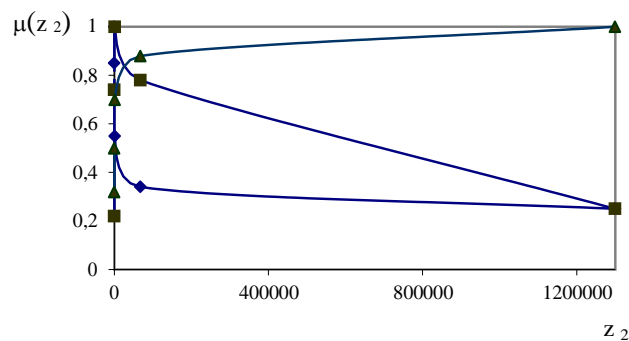
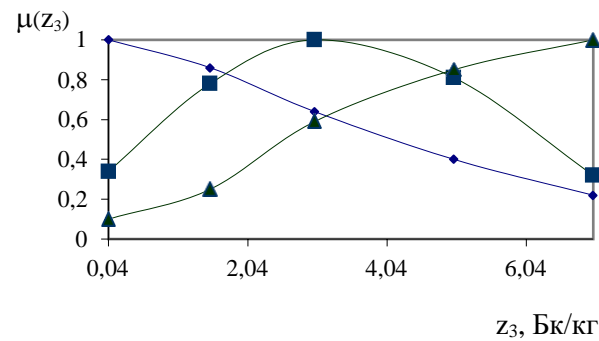
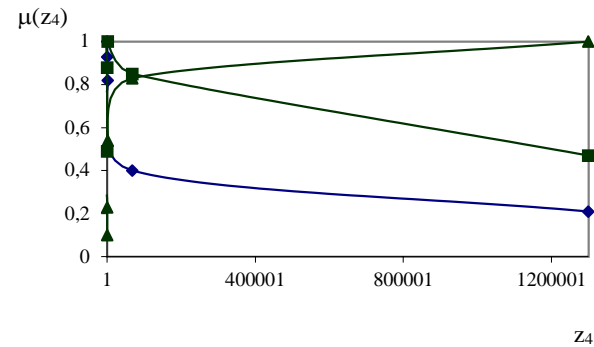
## ФАКТОРИ ВПЛИВУ ЯК ЛІНГВІСТИЧНІ ЗМІНИ

Позначення та назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
x <sub>1</sub> – наявність гірничих виробіток	(1...3) у.о.	Відсутні, часткові, значні
x <sub>2</sub> – наявність і характеристика ґрунтових вод	(1...3) у.о.	Глибокого залягання, середнього залягання, високого залягання
y <sub>1</sub> – характер інженерного освоєння території	0...20%	Низький, середній, високий
y <sub>2</sub> – розміри будівлі в плані	50...200 м <sup>2</sup>	Мала, середня, велика
y <sub>3</sub> – наявність підвалу під кімнатою	0...100%	Відсутній, частково, повністю
y <sub>4</sub> – кратність повітрообміну	0 ... 100 м <sup>3</sup> /год	Низька, середня, висока
z <sub>1</sub> - товщина перекриття	0,1 ... 0,4 м	Мала, середня, велика
z <sub>2</sub> – коефіцієнт дифузії радону для матеріалу підлоги	1 ... 1,3·10 <sup>6</sup>	Малий, середній, високий
z <sub>3</sub> - ефективна питома активність радія-226 для матеріалу стін	0,04 ... 7 Бк/кг	Низька, середня, висока
z <sub>4</sub> – коефіцієнт дифузії радону для будівельних матеріалів оздоблення стін	1 ... 1,3·10 <sup>6</sup>	Малий, середній, високий
z <sub>5</sub> - ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах	0.....1350 Бк/кг	Низька, середня, висока



# ПОБУДОВА ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ НЕЧІТКИХ ОЦІНОК ВПЛИВУ ФАКТОРІВ

Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують тип будівельного матеріалу



Фактор  $z_5$  - ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах

$$U(x_1) = [ 0,1350 ] \text{ Бк/кг .}$$

Для лінгвістичної оцінки фактора  $z_5$  використовується термножина :

$T(x_1) = < \text{низька, менше середнього, середня, більше середнього, висока} >$ .

Матриця, що відображає парні порівняння різних величин з точки зору їх близькості до терму "низька", має вигляд

	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_5$
$u_1$	1	7/9	5/9	3/9	1/9
$u_2$	9/7	1	5/7	3/7	1/7
$u_3$	9/5	7/5	1	3/5	1/5
$u_4$	9/3	7/3	5/3	1	1/3
$u_5$	9	7	5	3	1

$$A_{\text{низька}}(z_1) =$$

При формуванні цієї матриці експертно визначалися тільки елементи п'ятої стрічки, елементи інших стрічок підраховувалися відповідно до рівняння.

Отримуємо ступені належності елементів  $u_1 \dots u_5$  до терму "низька":

$$\mu_{\text{низька}}(u_1) = \frac{1}{1 + \frac{7}{9} + \frac{5}{9} + \frac{3}{9} + \frac{1}{9}} = 0,36;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_2) = \frac{1}{\frac{9}{7} + 1 + \frac{5}{7} + \frac{3}{7} + \frac{1}{7}} = 0,28;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_3) = \frac{1}{\frac{9}{5} + \frac{7}{5} + 1 + \frac{3}{5} + \frac{1}{5}} = 0,20;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_4) = \frac{1}{\frac{9}{3} + \frac{7}{3} + \frac{5}{3} + 1 + \frac{1}{3}} = 0,12;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_5) = \frac{1}{9 + 7 + 5 + 3 + 1} = 0,04.$$

# МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА СИСТЕМНОМУ РІВНІ.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між концентрацією ППД гамма-випромінювання (С) з геоморфологічними характеристиками рельєфу (Х), об'ємно-планувальними рішеннями (Y) та типом будівельного матеріалу(Z), виконується з використанням системи терм-множини:

$T(C_R) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$

$T(X) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(Y) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(Z) = \langle \text{низькі, середні, високі} \rangle.$

Матриця знань

ЯКЩО			ТО
Геоморфологічні характеристики рельєфу (X)	Об'ємно-планувальні рішення (Y)	Тип будівельного матеріалу (Z)	ППД гамма-випромінювання (C)
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низька (Н)
Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	Низькі (Н)	
Низькі (Н)	Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	
Нижче середніх (нС)	Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Нижче середньої (нС)
Середні (С)	Нижче середніх (С)	Низькі (Н)	
Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Середні (С)	
Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Середні (С)	Середня (С)
Середні(С)	Середні (С)	Середні (С)	
Середні (С)	Низькі (Н)	Високі (В)	
Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середньої (вС)
Середні (С)	Вище середніх (вС)	Високі (В)	
Низькі (Н)	Високі (В)	Високі (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Високі (В)	Висока (В)
Високі (В)	Вище середніх (вС)	Високі (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Середні (С)	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в таблиці відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму:

$$\mu_H(C) = \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_{nC}(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_H(X) \wedge \mu_{nC}(Y) \wedge \mu_H(Z);$$

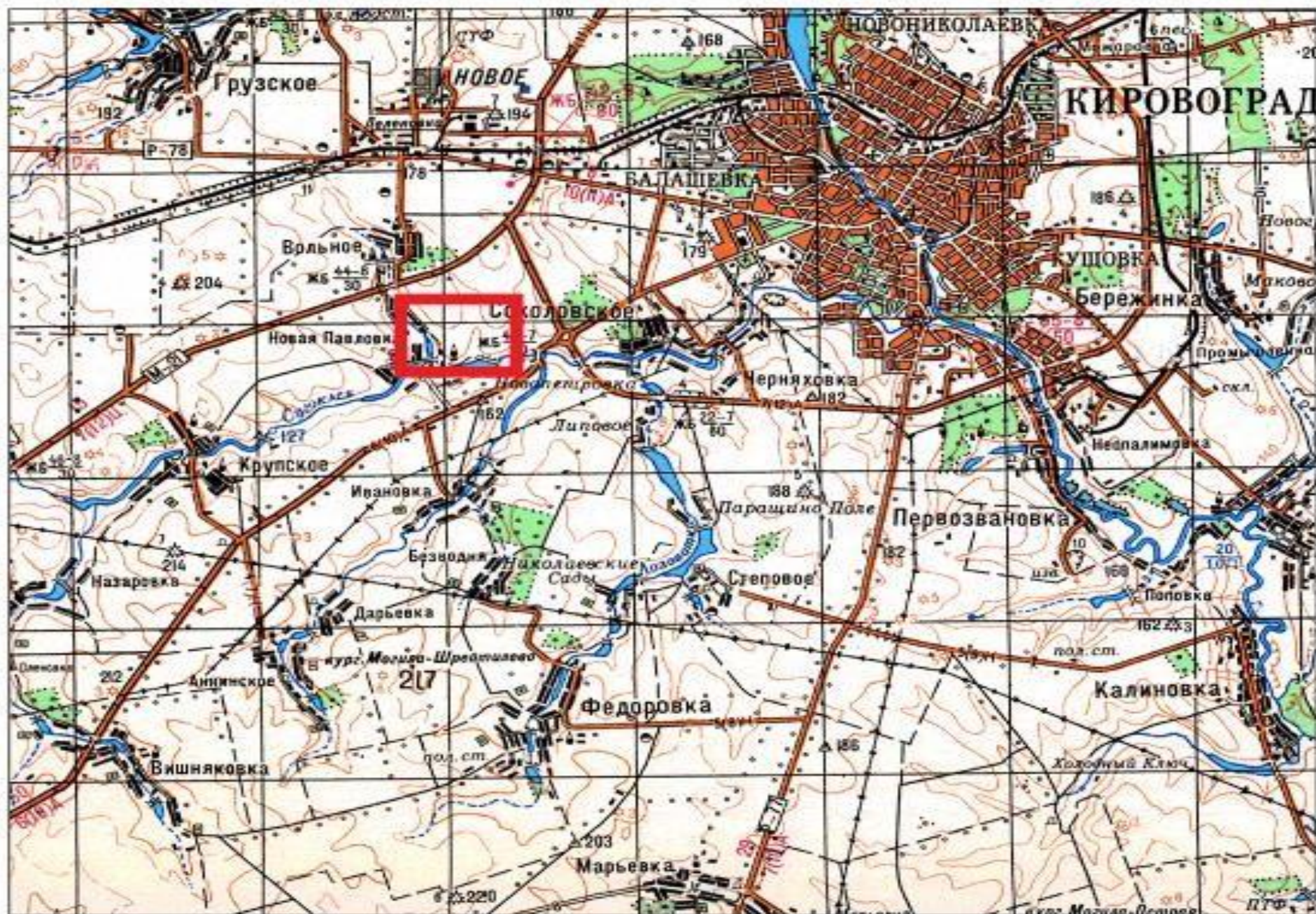
$$\mu_{nC}(C_R) = \mu_{nC}(X) \wedge \mu_{nC}(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{nC}(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_{nC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z);$$

$$\mu_C(C_R) = \mu_{nC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_B(Z);$$

$$\mu_{vC}(C_R) = \mu_{vC}(X) \wedge \mu_{vC}(Y) \wedge \mu_{vC}(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{vC}(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_H(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z);$$

$$\mu_B(C_R) = \mu_B(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_B(X) \wedge \mu_{vC}(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_B(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_C(Z).$$

# ОГЛЯДОВА КАРТА РАЙОНУ РОБІТ НОВОПАВЛІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТУ КРОПИВНИЦЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ



Умовні позначення



Район робіт

Масштаб 1:200 000

1:200 000

в 1 см 2 км



# ГЕОЛОГІЧНА КАРТА КРИСТАЛІЧНОГО ФУНДАМЕНТУ. МАСШТАБ 1:100 000

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

**Дайковий комплекс**  
 Діабаз (β), габро-діабаз (vβ), пікрити (ω), камптоніти (χ), кімберліти (τ)

**Дайковий комплекс**  
 Діабазові порфірити (βл), діабаз (β), габро-діабаз (vβ), габро-перидотити (vωσ)

**Корсунь-новомиргородський комплекс**  
 Сієніти, кварцові сієніти (ξ); граніти: рапаківі (γ'), рапаківіподібні (γ'v), контаміновані (γ\*); монцоніти (μ); габро, габро-норити (ν), габро-анортозити (vη), анортозити (η)  
 Сієніти і їхні кори вивітрюючись вміщують прояви цирконію

**Новоукраїнський комплекс**  
 Граніти: аплітоїдні, апліто-пегматоїдні (γ<sup>ap</sup>), грахітоїдні (новоукраїнські) гранат-біотитові (γ'), порфіровидні чорнокварцові (боков'янські) біотитові амфібол- і піроксенвмісні (γ<sub>2</sub>), порфіровидні піроксен-біотитові, амфібол-біотитові (γ<sub>1</sub>); монцоніти, кварцові монцоніти (qμ)

**Райнізький комплекс**  
 Ультрабазити (ωσ); габро (ν), габро-амфіболіти (amv)

**Кіровоградський комплекс**

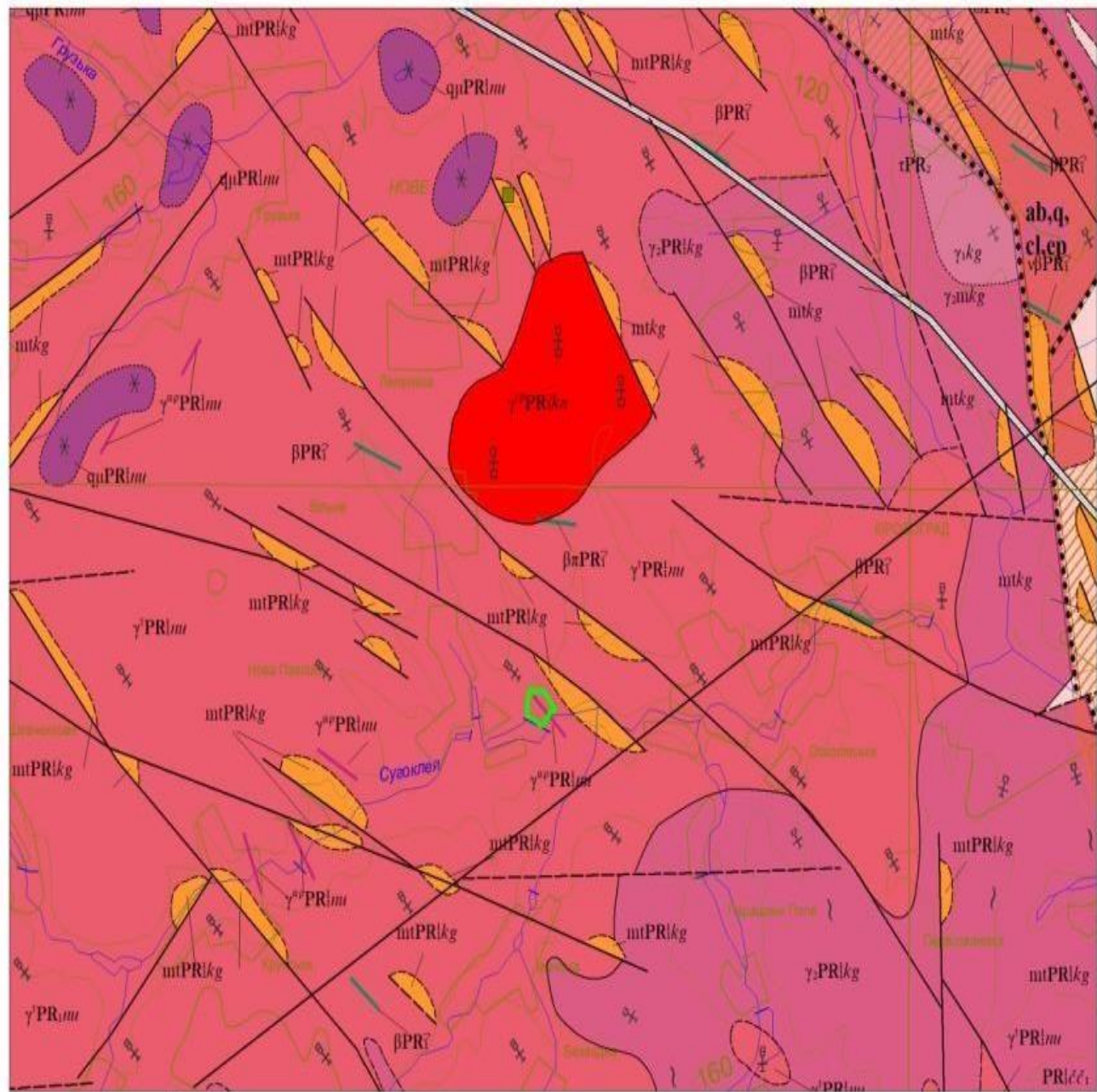
Альбітити, альбіт-мікроклінові, мікроклін-альбітові метасоматити (mt); граніти: апліто-пегматоїдні (γ<sup>ap</sup>), аплітоїдні (γ<sup>o</sup>), пегматоїдні (γ<sup>p</sup>), дрібнозернисті (γ); граніти (γ<sub>2</sub>), граніти і мігматити нерозчленовані (γ<sub>2m</sub>) біотитові порфіробластичні; граніти (γ<sub>1</sub>), граніти і мігматити нерозчленовані (γ<sub>1m</sub>) рівномірнотзернисті біотитові, гранат-біотитові, мусковіт-біотитові

**Верхня підсвіта**  
 Гнейси біотитові, кордієрит-біотитові, часто графіт- і гранатвмісні, амфібол-біотитові, з будинами клінопіроксенових гнейсів  
**Нижня підсвіта**  
 Гнейси гранат-біотитові, кордієрит-гранат-біотитові, графіт-біотитові  
**Спасівська світа**  
 Гнейси і кристалосланці гіперстенові, двопіроксенові, біотитові, часто з графітом, гранатом, магнетитом  
**Родіонівська світа**  
 Гнейси графіт-біотитові, кварцити

**Ігулецький комплекс**  
 Плагіограніти, плагіомігматити (pμ), мігматити діоритового складу (δ<sub>am</sub>)

**Конкська серія (?)**  
 Амфіболіти, гнейси амфібол-біотитові

— контур ліцензійної площі Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту

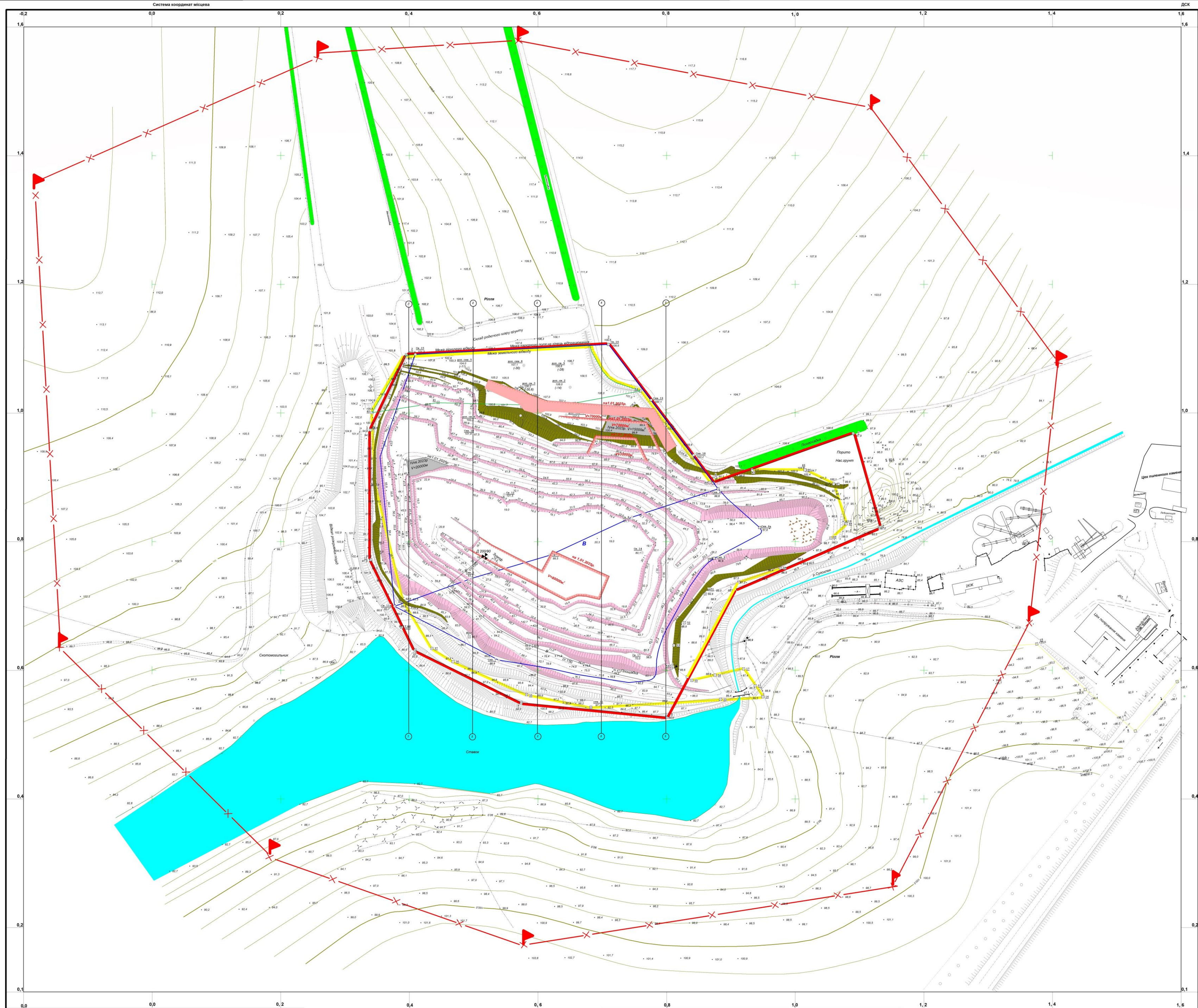


A

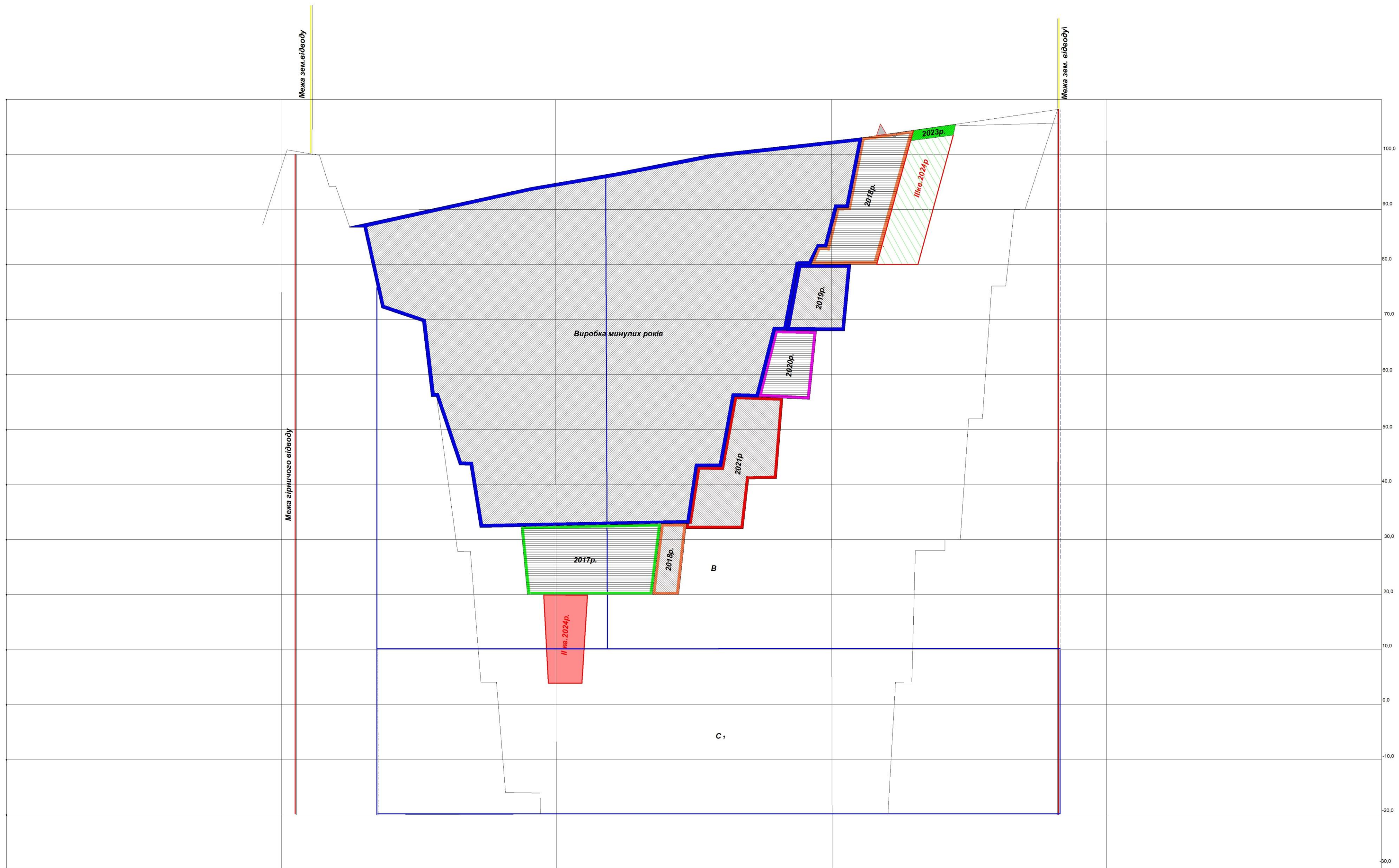
Б

Найменування продукції	За 2023 рік, тис. шт.			План на 2024 рік, тис. шт.				
	план	за 9 міс.	отчисл. до кінця року	Усього	I	II	III	IV
М'який розлив	40	27	40	70	10	30	30	-
Скляний розлив	-	-	-	-	-	-	-	-
Гірничі маси у щільному тілі	180	130	150	180	20	60	60	40

- Умовні позначення
- Межа виробничої відбудови
  - Межа розробного запасу
  - Межа земельної відбудови
  - Межа водоохоронної зони
  - Межа вибухонебезпечної зони
  - ▲ Постий живого опочивання

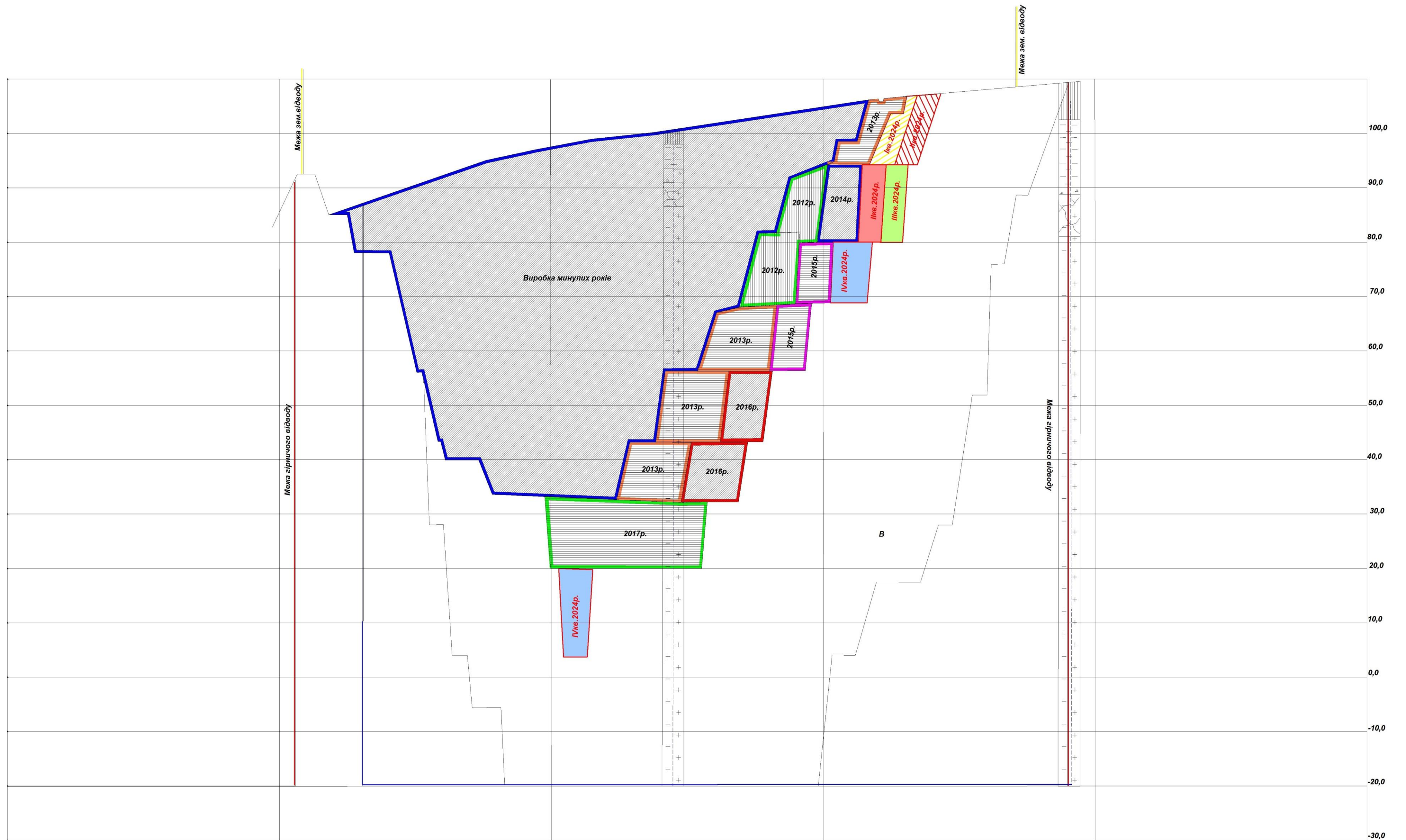


1:2 000  
 В 1 сантиметрі 20 метрів  
 Суцільні горизонталі прокладені через 2 метри  
 Система висот урівня



**ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
"КІРОВОГРАДГРАНІТ"  
НОВОПАВЛОВСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР"ЄР  
Розріз 3-3**

Маштаб  $\frac{\text{Горизонтальний } 1:2000}{\text{Вертикальний } 1:500}$

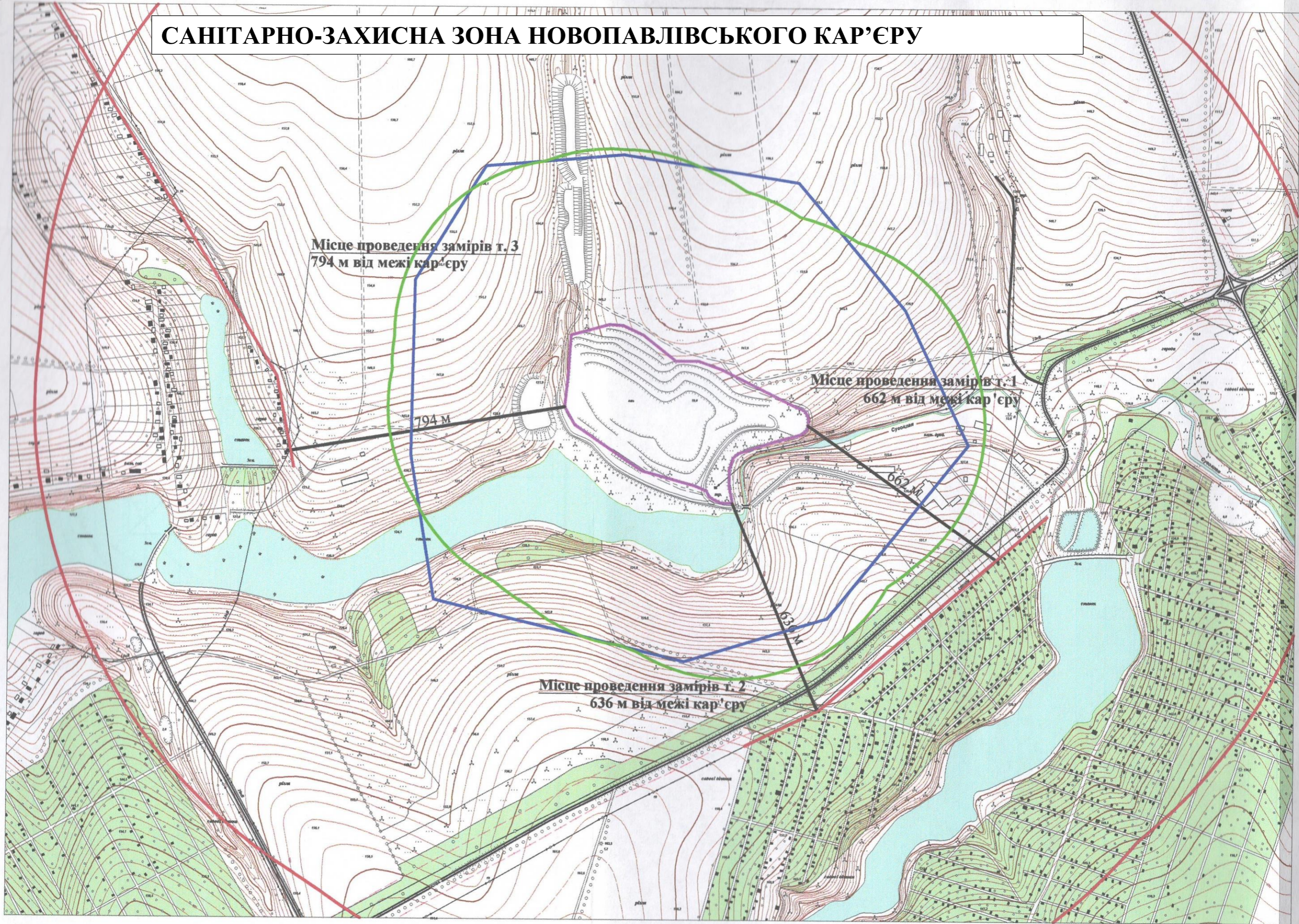


**ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО**  
**"КІРОВОГРАДГРАНІТ"**  
**НОВОПАВЛОВСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР"ЄР**  
**Розріз 4-4**

Маштаб  $\frac{\text{Горизонтальний } 1:2000}{\text{Вертикальний } 1:500}$



# САНІТАРНО-ЗАХИСНА ЗОНА НОВОПАВЛІВСЬКОГО КАР'ЄРУ





## ВИСНОВКИ

Проаналізували зарубіжний й вітчизняний стан організаційно-технологічного забезпечення зниження радіаційної небезпеки на об'єктах будівництва, що дає можливість зробити висновок про актуальність вирішення проблеми радіоекології. Виявлено, що основним джерелом проміння для населення нашої країни є природна радіація, яка становить 5,3 мЗв/рік зарахунок величин природних радіонуклідів в сировині кар'єрів регіону та еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222.

Виявлено, що існуюча нормативно-технічна база для оцінки та прогнозування радіаційного забруднення, яка включає зовнішнє гамма-випромінювання, питому активність природних радіонуклідів у сировині та будівельних матеріалах, а також еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону, не забезпечує повного контролю радіаційних параметрів.

Виконано моделювання системи прийняття організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки з використанням доступної проектувальнику експертно-лінгвістичної інформації у вигляді правил "ЯКЩО-ТО", що пов'язують нечіткі терми вхідних і вихідних змінних. Лінгвістичним висловлюванням відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних відповідному терму. Здійснено процедуру дефазифікації - перехід від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму.

Побудовані функції належності нечітких оцінок впливу факторів здійснюється відповідності з розробленим алгоритмом, що враховує ступені належності відповідних елементів до нечіткого терму. Розглянута детально методика побудови функцій належності на прикладі впливу ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів в будівельних матеріалах на величину ППД гамма-випромінювання в повітрі приміщень.

Розглянута північна ділянка Новопавлівського родовища граніту Кропивницького району Кіровоградської області, яка розташована в центрі Українського кристалічного масиву, що сприяло утворенню великих родовищ вторинного каоліну, урану, граніту, золотої руди та інших рідкісних металів. Встановлені географічні координати цього родовища. Розглянуті орогідрографія та кліматичні умови району робіт. Узведеному геологічному розрізі Північної ділянки Новопавлівського родовища наведений опис порід за віком та потужністю.

Розглянуті основні характеристики родовища кристалічних порід: фізико-механічні та хімічні показники, радіоактивність порід. Корисна копалина Північної ділянки Новопавлівського родовища гранітів відноситься до 1-2 класів за радіоактивністю і може використовуватись у дорожньому будівництві, а також, при будівництві виробничих будівель та споруд відповідно до вимог ДБН БВ.1.4-1.02-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні».

Розраховані ширини робочих майданчиків на розробці. Розглянута технологія ведення гірничих робіт відповідними машинами: бульдозером, екскаваторами, навантажувачем. Розрахована норма виробки бульдозеру на розкривних та відвальних роботах 264,2 м<sup>3</sup>/год, розрахована норма виробки гідравлічним екскаватором Komatsu 450 на розкривних роботах 126,8 м<sup>3</sup>/год, для якої потрібний один екскаватор, розрахована норма виробки екскаватора ЕКГ-4,6 при роботі з автосамоскидами БелАЗ в/п 42,0 т та Komatsu HD405 на видобувних роботах становить 23,0 м<sup>3</sup>/год.

Розглянуті геологічні характеристики порід, що підривається, фізико-механічні властивості корисної копалини. Розрахований прогнозний термін відпрацювання Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту – 16,1 років.

У розділі охорони праці розглянуті вимоги до працівників відповідно технологічним інструкціям, до гірничого та транспортного обладнання, транспортні комунікації, мережі електропостачання, вимоги до заземлення електроустаткування. Вимоги пожежної безпеки та правила охорони праці під час проведення вибухових робіт.

Проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Пораховані загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та оформлення - 148781 грн.

Розроблена експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів дозволяє при оцінці ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів забезпечувати головну вимогу, тобто різниця між ефектом зменшення шкоди здоров'ю населення і вартістю захисних заходів у грошовому співвідношенні буде максимальною.

**ВІДУК ОПОНЕНТА**  
на магістерську кваліфікаційну роботу

студента Черних Я. М.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему **Експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів**

Магістерська кваліфікаційна робота, яку подано на опонування, виконана у повному обсязі та у встановлений термін на кафедрі будівництва, міського господарства та архітектури. Робота відповідає затвердженій темі та завданню. Тема є актуальною і присвячена проблемам зі зменшення дози опромінення від природної радіоактивності. Впровадження запропонованих методик та алгоритмів прийняття рішень у практику управління проектами в будівництві зменшить колективну дозу опромінення населення. Акт впровадження даної методики є на підприємстві ПАТ «КІРОВОГРАДГРАНІТ».

Матеріал роботи подано у розгорнутому та доступному для розуміння вигляді, повністю відповідають встановленим методичним вимогам. Обґрунтоване застосування експертно-моделюючої системи застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів. Виконано моделювання системи прийняття організаційно-технологічних рішень по зменшенню радіаційної небезпеки на базі нечіткої логіки. Правильно проведені усі розрахунки і розроблені конструкторсько-технологічні рішення.

Виконання текстової частини пояснювальної записки, ілюстративних матеріалів графічної частини відповідає до стандартів та з дотриманням усіх необхідних вимог.

До недоліків роботи можна віднести:

- не враховано динамічні зміни в параметрах, що впливають на рівень ППД гамма-випромінювання. В реальності, ці параметри можуть змінюватися з часом, що потребує врахування динамічних моделей і прогнозування змін;

- є незначні помилки в оформленні роботи.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота в цілому виконана на високому рівні та у відповідності з завданням із дотриманням всіх вимог. Робота заслуговує оцінки А, а її автор Черних Ярослав Миколайович присвоєння кваліфікації «магістра будівництва» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

**Опонент**

Доцент кафедри ТЕ, к.т.н.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Степанова Н.Д.  
(ініціали, прізвище)

## ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента Черних Ярослава Миколайовича

на тему: «Експертно-моделююча система застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів»

Актуальність теми відповідає національним проблемам зі зменшення дози опромінення від природної радіоактивності. Потреба у розробці Північної ділянки Новопавлівського родовища граніту пов'язана з підвищенням попиту в регіоні та в країні на щебінь та камінь будовий. Тема роботи відповідає виданому завданню, відповідає стратегічним напрямками розвитку інновацій в Україні, затвердженими Верховною Радою України. При виконанні кожного розділу студент проявив самостійність, ерудицію, показав достатній рівень теоретичної та практичної підготовки, знання та вміння аналізувати фахову, нормативну літературу. Самостійно з урахуванням сучасних вимог розробив експертно-моделюючу систему застосування будівельних матеріалів з різним вмістом природних радіонуклідів, яка дозволить при оцінці ефективності впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів забезпечувати головну вимогу - збільшити різницю між ефектом зменшення шкоди здоров'ю населення і вартістю захисних заходів у грошовому співвідношенні. Результати роботи впроваджені на підприємстві ПАТ «КІРОВОГРАДГРАНІТ». Результати апробовані: опубліковані матеріали доповіді, 21-23 листопада 2023 р., у міжнародній науково-практичній «Енергоефективність в галузях економіки України» і на 53-ій Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ, 21-23 березень 2024. Студент своєчасно виконував розділи магістерської роботи відповідно календарного плану. Недоліки роботи – є незначні помилки в оформленні роботи, можна було б більше застосувати факторів для моделювання.

Висновки: якість підготовки студента відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192-«Будівництво та цивільна інженерія» і Черних Ярослав Миколайович заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «А».

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент

(посада, науковий ступінь, звання)



(підпис)

О.Г. Лялюк

(ініціали, прізвище)