

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384
Форма № Н-9.02

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

(повне найменування вищого навчального закладу)

ГІРНИЧО-ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра маркшейдерії

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до випускної кваліфікаційної роботи
магістр

(освітній ступінь)

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ

КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ

В МЕЖАХ ПАТ «ІВАНІВСЬКИЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ КАР'ЄР»

Виконав: студент 2 курсу групи ЗГГ-20мд1
спеціальність 184 «Гірництво»,
освітньо-професійна програма
«Маркшейдерська справа»

Голошук Андрій Анатолійович

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник:

ст. викладач Ковалевич Л.А.

(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент:

к. т. н., доц. Криворучко А.О.

(підпис, прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ФАКУЛЬТЕТ гірничо-екологічний
(назва прописними)
КАФЕДРА маркшейдерії
(назва прописними)

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 184 «Гірництво»
освітньо-професійна програма «Маркшейдерська справа»
(назва прописними)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.в.о. завідувача кафедри маркшейдерії
(назва кафедри)
к.т.н., доц. Сергій ІСЬКОВ

протокол від « 25 » жовтня 2021р.
№ 8

ЗАВДАННЯ на випускню кваліфікаційну роботу

Студента Голошука Андрія Анатолійовича

Тема роботи: «Дослідження просторового розподілу корисних компонентів в межах ПАТ «Іванівський спеціалізований кар'єр»

Затверджена Наказом університету від « 9 » листопада 2021 р. № 550/с

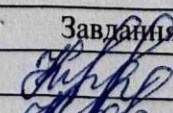
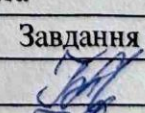
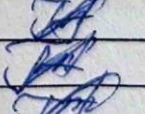
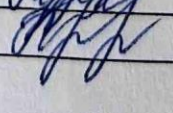
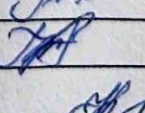
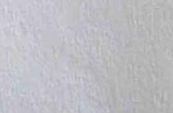
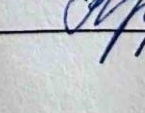
Термін здачі студентом закінченої роботи « » березня 2021 р.

Вихідні дані роботи (зазначається предмет і об'єкт дослідження)

Об'єкт дослідження. Процес геометризації корисних компонентів Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

Предмет дослідження. Основні параметри, що характеризують якість корисних компонентів гранітів та мігматитів Іванівського родовища, й їх розподіл в межах родовища.

Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ	Ковалевич Л.А.		
Розділ 1	Ковалевич Л.А.		
Розділ 2	Ковалевич Л.А.		
Розділ 3	Ковалевич Л.А.		

Керівник 
(підпис)

Календарний план

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, погодження й затвердження теми, призначення наукового керівника, рецензента, консультанта		
2	Складання календарного плану й розширеного плану-конспекту роботи. Опрацювання джерел.		
3	Організація і проведення теоретичного, емпіричного (експериментального) дослідження		
4	Підготовка складових частин (розділів) роботи		
4.1	Вступ		
4.2	Розділ 1		
4.3	Розділ 2		
4.4	Розділ 3		
4.5	Висновки		
4.6	Список використаних джерел		
5	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, доповнення обсягу роботи. Узгодження виправленого варіанту всієї роботи з науковим керівником		
6	Оформлення тексту роботи, подання роботи науковому керівникові для написання відгуку		
7	Попередній захист. Обговорення роботи на кафедрі й рекомендації її до захисту. Оформлення супровідних документів		
8	Подання документів на рецензування		
9	Підготовка доповіді на захист		

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Я, Голошук Андрій Анатолійович, цим засвідчую, що представлена до захисту магістерська робота на тему: «Дослідження просторового розподілу корисних компонентів в межах ПАТ «Іванівський спеціалізований кар'єр»» виконана на основі власних наукових досліджень. Текст не містить доробку інших дослідників без відповідних посилань на їх праці.

Я попереджений про те, що у разі виявлення фактів порушення мною академічної доброчесності буду недопущена до захисту, а в разі отримання диплому – буду позбавлена його відповідно до: Закону України «Про освіту», Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку скасування рішення про присудження ступеня вищої освіти та присвоєння відповідної кваліфікації» та Положення про академічну доброчесність та етику академічних взаємовідносин в Державному університеті «Житомирська політехніка».

«28» вересня 2022 р.


(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ В ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1. Дослідження родовищ будівельного каменю та ринку щебеню в Україні	9
1.2. Геологічна будова Іванівського родовища гранітів та мігматитів	14
1.3. Дослідження якісної характеристики корисної копалини	16
1.3.1. <i>Вимоги до якості сировини</i>	16
1.3.2. <i>Результати лабораторних випробувань</i>	19
1.3.3. <i>Хімічний склад корисної копалини</i>	20
1.3.4. <i>Фізико-механічні властивості корисної копалини</i>	22
1.3.5. <i>Дослідження щебеню</i>	23
1.3.6. <i>Характеристика кристалічних порід, як сировини на бутовий камінь</i>	25
1.3.7. <i>Радіаційно-гігієнічна характеристика і оцінка корисної копалини</i>	26
Висновки до першого розділу	27
РОЗДІЛ 2 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГІРНИЧО-ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	29
2.1. Методології вивчення числових полів	29
2.2. Аналіз геологічного поля	30
2.3. Виділення регіональної складової	31
2.3.1. <i>Метод плавного (згладженого) середнього</i>	32
2.3.2. <i>Наближення алгебраїчними многочленами</i>	34
2.3.3. <i>Апроксимація гармоніками</i>	36
2.3.4. <i>Апроксимація сплайнами</i>	38
2.4. Обособлення локальної складової	40
Висновки до другого розділу	41
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РОДОДОВИЩА ТА ЗДІЙСНЕННЯ ЙОГО ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ	42

3.1. Методика створення 3-D моделі та здійснення геометризації родовища корисної копали з використанням ГІС технологій	42
3.2. Інформаційна база геологічного моделювання та геометризації родовищ	47
3.3. Геометризація Іванівського родовища гранітів та мігматитів	54
Висновки до третього розділу	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	69

ВСТУП

Актуальність теми. В надрах України зосереджено приблизно 4 % світових запасів природного каменю, що є досить високим показником для однієї країни.

Родовища природного каменю використовують для видобування блочної сировини для декоративно – оздоблювального каменю (загальний річний видобуток блоків складає 150 –160 тис. м³) , та щебеневої сировини, що яка застосовується в будівництві (щебінь різних фракцій).

В даний час гірничодобувні компанії є одними з основних споживачів широких можливостей картографії, геометризації, просторового аналізу та моделювання, які й надає геоінформатика. ГІС – технології дозволяють гірничодобувним компаніям вирішувати широкий спектр практичних завдань: створення 3D моделі родовища, геометризації, розвідки й дорозвідки, раціонального видобування, оптимального транспортування корисних копалин, складання та ведення геологічних карт та атласів, підрахунку та оцінки запасів і складання на цій основі звітності, а також у питаннях охорони природи та при оцінці впливу на довкілля, при реагуванні на позаштатні ситуації та ін.

Повнота вивчення родовища визначально впливає на ефективність та складність її розробки. Коли є повна інформація про місцевість, можна вибрати і застосувати найкращі умови для цієї методології та технології розробки: вибір напрямків розробки для максимально можливого вилучення блоків з масиву, вибір схем розробки, які забезпечують найменші втрати корисних копалин. Вивчення родовища також впливає на надійність прогнозу та час, протягом якого можна з достатньою ймовірністю планувати та проектувати гірничі роботи.

Тому тема роботи досить актуальна.

Мета роботи. Геометризація Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і вирішені такі задачі:

1. Здійснити комплексний аналіз покладу Іванівського родовища гранітів та мігматитів із застосуванням сучасних інформаційних технологій.
2. Визначити раціональні напрямки розвитку фронту видобувних робіт.

3. На основі гірничо-геометричних досліджень встановити основні закономірності між показниками якості гранітоїдів в межах Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

4. На підставі гірничо-геометричного моделювання оцінити масив покладу Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

Об'єкт дослідження. Процес геометризації корисних компонентів Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

Предмет дослідження. Основні параметри, що характеризують якість корисних компонентів гранітів та мігматитів Іванівського родовища, й їх розподіл в межах родовища.

Методи дослідження. У даній науковій роботі використовувались такі комплексні методи досліджень: аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень у галузі оцінки якості природного каменю; математичний апарат теорії планування дослідів; методи та засоби теорії ймовірності та прикладної статистики; графоаналітичний та числовий аналіз; кваліметрична оцінка, статистичне опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження; економічний аналіз та методи комп'ютерної побудови моделей.

Наукова новизна.

1. На основі кореляційної таблиці для всього покладу гранітів та мігматитів Іванівського родовища визначено наявність сильного кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції від 0,81 до 0,97) між всіма основними показниками. Побудовані відповідні графічні залежності
2. Одержані аналітичні залежності між густиною та вмістом кварцу, між міцністю породи на стиск та вмістом кварцу, між густиною та пористістю, між густиною та міцністю, між густиною та пористістю, між густиною та міцністю та між міцністю та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів у вигляді поліномів 2 порядку.

Практичне значення.

1. Вивчено досвід оцінки геопросторової мінливості показників якості для Іванівського родовища гранітів та мігматитів;
2. Виконано порівняння мінливості показників якості для Іванівського родовища гранітів та мігматитів;
3. Встановлено наявність кореляційного зв'язку між показниками якості для Іванівського родовища гранітів та мігматитів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій проект у підтверджують такі чинники:

- було одержано значний обсяг вимірювань, достатній для інтерпретації даних з високою точністю;
- дані лабораторних досліджень, основні закономірності, що встановлені в роботі, підтверджено практичними результатами.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно сформульована мета і задачі досліджень, ідея роботи, наукова новизна, висновки та рекомендації, виконана постановка розрахункових та лабораторних експериментів. Зміст роботи викладений автором самостійно.

Структура роботи. Дипломна робота має наступну структуру: вступ, 3 розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 31 найменування, містить 23 рисунки, 12 таблиць, - додатки.. Загальний обсяг 71 сторінка.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ В ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Дослідження родовищ будівельного каменю та ринку щебеню в Україні.

Україна володіє значними мінеральними ресурсами нерудних корисних копалин, які за своїм складом та технологічним властивостями придатні для використання в різних галузях промисловості будівельних матеріалів: цементній, стінових матеріалів із природного каміння, нерудних бутощобенових і облицювальних матеріалів, пористих заповнювачів, скляній, цегельно-черепичній, будівельної кераміки тощо [1]

Корисні копалини для будівництва використовуються в різних галузях промисловості. Усі нерудні тверді корисні копалини для будівництва розподіляються на декілька груп у залежності від фізико-механічних властивостей і галузі застосування. Родовища України нерудних корисних копалин для будівництва, за даними ДНВП «Геоінформ України» представлені на рисунку 1.1. [2]

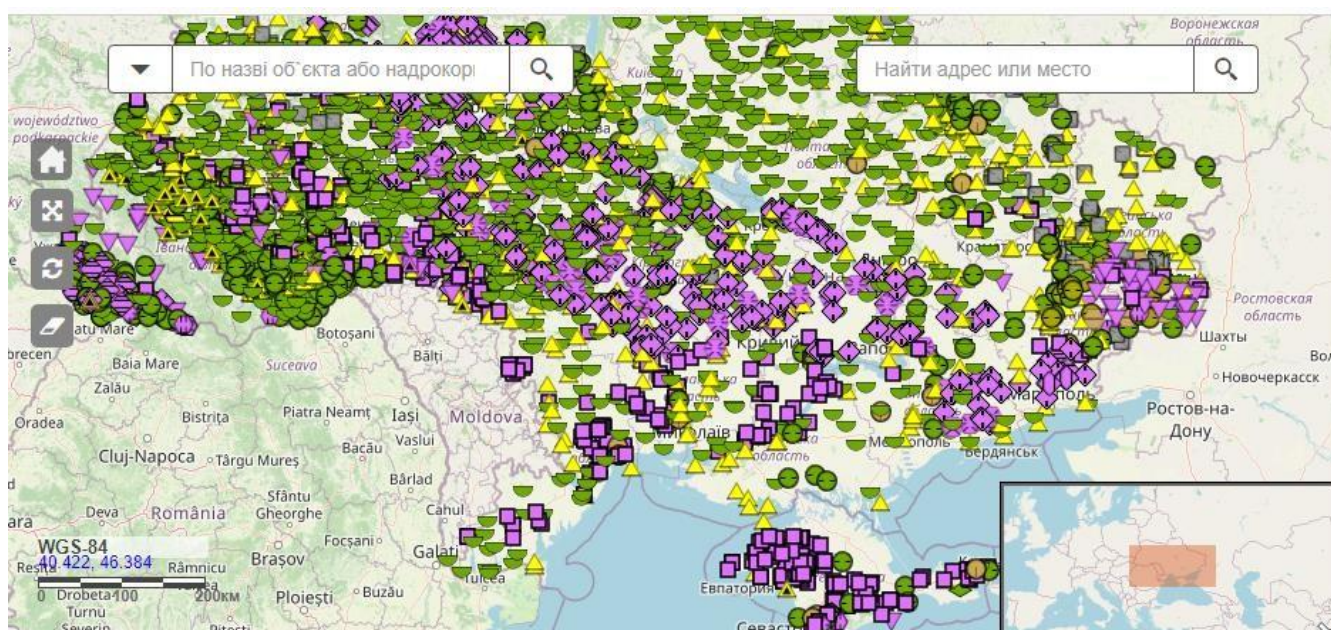


Рисунок 1.1.– Родовища України нерудних корисних копалин для будівництва

Україна відноситься до найбагатших у світі країн за запасами та ресурсами будівельного каміння. Його родовища відкриті в межах Українського кристалічного щита, Волинської плити, Карпат, Донецької складчастої області та Криму.

Стан запасів будівельного каменю станом на 1.01.2021 р за даними ДНВП «Геоінформ України» представлений на рисунку 1.2.

Стан запасів на: 01.01.2021 року

Камінь будівельний

ЗАПАСИ ТА ВИДОБУТОК СТАНОМ НА 01.01.2020 РОКУ

 Запаси та видобуток

↓ Докладніше ↓

КІЛЬКІСТЬ РОДОВИЩ

Корисна копалина (сировина)	Всього родовищ	Родовища, що розробляються
Камінь будівельний	944	464

ЗАПАСИ ВСЬОГО

Корисна копалина (сировина)	Одиниця виміру	Балансові запаси	
		A + B + C1	C2
Камінь будівельний	тис. куб.м	7 898 112.40	718 748.09

ЗАПАСИ В РОЗРОБЦІ

Корисна копалина (сировина)	Одиниця виміру	Балансові запаси	
		A + B + C1	C2
Камінь будівельний	тис. куб.м	4 216 781.64	166 598.50

ПОГАШЕНО ЗАПАСІВ

Корисна копалина (сировина)	Одиниця виміру	Всього	Видобуток	Втрати
Камінь будівельний	тис. куб.м	27 379.64	27 223.88	155.76

Рисунок 1.2.— Запаси та видобуток будівельного каменю в Україні.

Окремо представлені запаси досліджуваного в кваліфікаційній роботі Іванівського кар'єра. Запаси гранітів та мігматитів Іванівського родовища були затверджені протоколом УТКЗ №3301 від 23.12.1971 станом на 01.06.1970 р. в наступних кількостях (по категоріям, тис. м³): А – 14359,1; В – 5054,0; С₁ – 10802,8. Разом А+В+С₁ – 30215,9 м³. Верхньою границею підрахунку запасів була прийнята покрівля порушених вивітрюванням кристалічних порід, а нижньою – абсолютна позначка +175 м.

В 1991 р. Українським державним інститутом по проектуванню шляхового господарства «Укрдїпродор» було здійснено дорозвідку запасів грантів і мігматитів

до відмітки +146 м. Запаси гранітів та мігматитів Іванівського родовища були затверджені протоколом засідання технічної Ради інституту «Укрдіпродор» №20 від 20.12.1991 р. в наступних кількостях (по категоріям, тис. м³): А – 7019,2 ; В – 2418,6; С₁ – 5291,9. Разом А+В+С₁ – 14729,7 тис. м³.

В 2015 р. ВК «Геолог» здійснили геолого-економічну оцінку Іванівського родовища гранітів та мігматитів, що експлуатується, в Калинівському районі Вінницької області, запаси корисної копалини затверджені протоколом ДКЗ №3404 від 6 серпня 2015р, в кількості 23115,0 тис.м³ за категоріями А+В.

Переважає кількість родовищ високоякісного будівельного каміння розвідана в межах Українського кристалічного щита, де вони представлені магматичними та метаморфічними породами архейського та протерозойського віку: гранітами, діоритами, мігматитами, гнейсами. кварцитами та іншими кристалічними породами. Завдяки високим фізико-механічним властивостям ці породи придатні для виготовлення будівельного щебеню та бутового каменю найвищих гатунків. З давніх часів вони широко використовуються для виробництва буту і щебеню, які в свою чергу знайшли застосування при будівництві доріг і всіляких споруд.

Найбільша кількість родовищ, залучених до промислової розробки, розташована на території Житомирської та Кіровоградської областей. На рисунку 1.3. представлений розподіл будівельного каменю по регіонах за даними Державної служби геології та надр України [3].

Ринок щебеню, а саме попит на щебінь стабільний, хоча й порівняно з 2016 роком, наприклад, зафіксовано незначний спад споживання, але з огляду на доволі масштабне будівництво доріг у 2020 зростання попиту на щебінь. Основним драйвером попиту на бетон та щебінь, як і раніше, є дорожнє будівництво: на 2020 рік заплановано будівництво доріг державного значення протяжністю 40,9 км (вартість 12,49 млрд грн), крім того, планувалось реконструювати 104,9 км (вартість 9,756 млрд грн), а капремонт відбувся на 1387,0 км (вартість 27235 млрд грн). Також на цей рік було заплановано будівництво 7 штучних споруд (вартістю 4,516 млрд грн), реконструкція 4 штучних споруд (0,488 млрд грн), і капремонту проведений 18

штучних споруд (0,551 млрд грн). Це дуже показовий приклад і, більше того, на 2021 та 2022 роки плани зростання нового будівництва та проведення капремонту.

Область	Кількість родовищ	Одиниця виміру	Балансові запаси (з перспективними)
Автономна Республіка Крим	31	тис. м ³	
Вінницька	97	тис. м ³	446,2
Волинська	1	тис. м ³	18,0
Дніпропетровська	44	тис. м ³	544,7
Донецька	35	тис. м ³	878,0
Житомирська	201	тис. м ³	1 725,8
Закарпатська	51	тис. м ³	274,4
Запорізька	35	тис. м ³	1018,1
Івано-Франківська	12	тис. м ³	52,2
Київська	24	тис. м ³	114,6
Кіровоградська	76	тис. м ³	649,5
Луганська	43	тис. м ³	480,6
Львівська	13	тис. м ³	51,1
Миколаївська	40	тис. м ³	460,3
Одеська	20	тис. м ³	25,5
Полтавська	12	тис. м ³	172,6
Рівненська	48	тис. м ³	845,8
Сумська	1	тис. м ³	0,5
Тернопільська	46	тис. м ³	101,5
Харківська	4	тис. м ³	18,6
Херсонська	17	тис. м ³	44,0
Хмельницька	46	тис. м ³	347,9
Черкаська	37	тис. м ³	168,2
Чернівецька	10	тис. м ³	7,9

Джерело: за даними Державної служби геології та надр України

Рисунок 1.3. – Розподіл запасів будівельного каменю по регіонах станом на 1.01.2020 р.

Щодо витрат щебеню на дороги місцевого значення показники такі: у 2018 році це 512 тис. тон на 1,0647 тис. км доріг, у 2019-му — 711 тис. тон на 1,0573 тис. км, у 2020-му — 1 529 тис. тон на 1, 5328 тис. км.

Також частку попиту, хоча і незначну порівняно з будівництвом доріг і споруд становило будівництво житлової та комерційної нерухомості. Серед лідерів — Київ та Київська область, хоча порівняно з 2017 роком ривок зробили Херсонська — 159,8 м², Чернівецька — 153,7 м² та Харківська області — 152 м² (Київ — 75,5 м²). По житловій нерухомості приріст досяг 94,3%. [4]

Сезонність ринку щебеню в Україні за даними Державної служби статистики в Україні на прикладі 2020 р. представлена на рисунку 1.4.

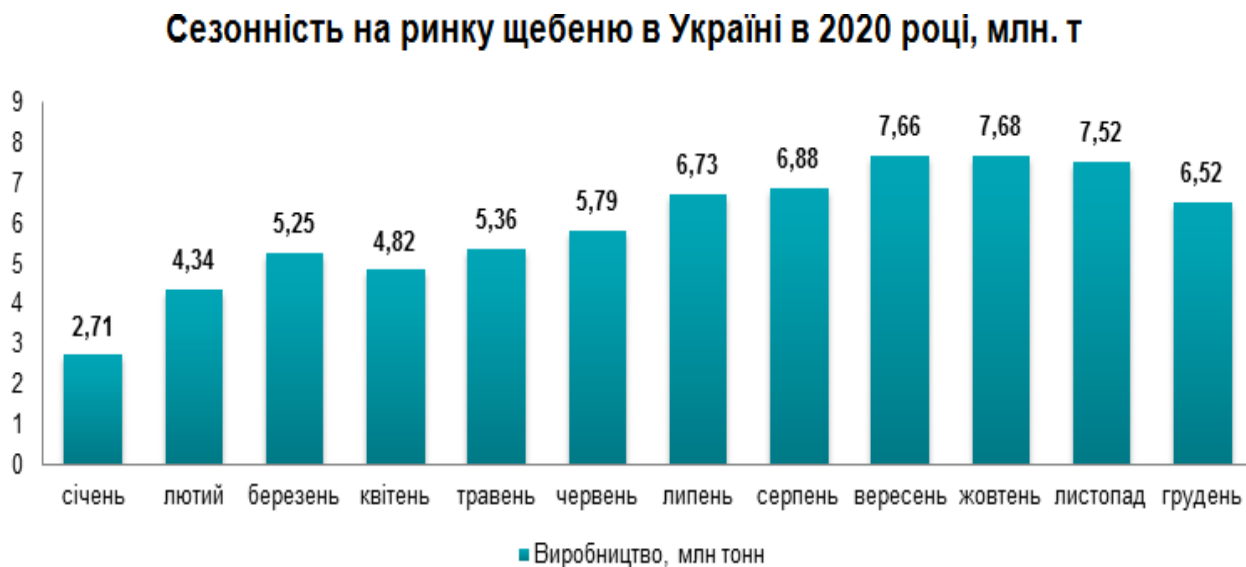


Рисунок 1.4. – Сезонність на ринку щебеню в Україні.

Найбільшим попитом на ринку України і сусідніх держав користується щебінь фракцій 5-20 мм, рідше 5-10 мм, який використовується для виробництва асфальту, бетону і залізобетонних конструкцій. Щебінь гранітний фракцій 20-40 мм, 40-70 мм також має стійкий попит і використовується в будівництві і ремонті залізничних насипів, трамвайних ліній, основ автомобільних доріг, при закладці фундаментів будівель і споруд, а також для подрібнення на більш дрібні фракції щебню.

Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року передбачається, що будівництво вимагатиме виробництва великої кількості високоякісного, високоміцного, з певними нормами лещадності, щебеню та буту [5]

Україна має високий потенціал з виробництва та експорту щебню. За умови подальшої державної та міжнародної підтримки будівництва і ремонту доріг, ринок щебню продовжить розвиток. Виробництво щебню і ціни на нього постійно збільшуються, що говорить про перспективи розвитку цього ринку, можливості розширення виробництва і продажів на внутрішньому ринку.

Найбільш перспективними з розробки кар'єрів та виробництва щебню залишаються Вінницька і Волинська області. Велика кількість розроблених кар'єрів в цих регіонах свідчать про величезні запаси граніту, а значить можливостей розвитку видобутку. [6]

1.2. Геологічна будова Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Іванівське родовище гранітів розташоване в південно західній частині Українського щита в районі північної околиці Подільського блоку (в межах Бердичівського блоку) в осьовій частині Піковської антикліналі складеної породами гніванської та березнинської товщ, а також бердичівськими гранітами та літинськими чарнокітами. Район родовища характеризується в цілому високим рівнем поверхні кристалічного фундаменту, перекритого чохлом четвертинних утворень.

Геологічна будова родовища визначається наявністю серії контрастних глибокометаморфізованих порід, які представлені товщою перешарування гранатвміщуючих гранітів та мігматитів, а також наявністю зони (ширина 300-400 м) ПнСх лівого зсуву, представленого сполученням лівозсувних та сколових деформацій як ПнСх, так і субмеридіонального напрямків, підпорядкованих їм ПнЗх тріщин скидового характеру та субгоризонтальних насувів.

В структурному плані родовище розташоване на флангах граніт-мігматитового куполу зональної будови.

В товщі перешарування гранатвміщуючих гранітів та мігматитів відмічається смугастість (св. №№ 89, 93), яка досить полого ($25 - 30^0$) занурюється на північний схід по азимуту 30^0 . Смугастість характерна переважно для мігматитів. Останніми складена велика частина території кар'єру. Це сірі дрібно-, середньозернисті породи, як правило, смугасті, складаються з кварцу (20-30%), польового шпату (до 50%), біотиту (3-5%), гранату (10-15%), нечисленних (до 1%) акцесорних мінералів (циркон, рудні мінерали). Вміст гранату дуже нерівномірний і коливається в межах від 10-15 (середній вміст) до 25%. Розмір зерен гранату невеликий (переважно менше 1 мм).

В північній частині кар'єру розвинений інший різновид гранатвміщуючих мігматитів, в яких вміст гранату перевищує 15%, в окремих різновидах досягає 30% і, в середньому, складає 16-17%. Мігматити в цій частині родовища світло-сірі середньо-, крупнозернисті, складаються з кварцу (20-25%), польового шпату (до 50 %), поодиноких виділень біотиту та, можливо, рогової обманки, а також з ізометричних, крупних (до 2-3 мм), відносно рівномірно розподілених по породі зерен рожевого альмандину (15-25%).

В породах відмічається смугастість, проявлена у нерівномірному розподіленні меланократових мінералів, які утворюють смуги (до 2-3 см), збагачені біотитом, або смуги збагачені гранатом.

Обидва описані різновиди - гранітів та мігматитів містять лінзовидні ксеноліти темно-сірих гнейсів, інколи з доволі крупними (до 5-6 см у поперечнику) гніздовидними скупченнями гранату.

Зазначені вище особливості геологічної будови кристалічного фундаменту в межах родовища відображаються в характері залягання кір вивітрювання. Вздовж зон катаклазу та інтенсивної тріщинуватості порід, а особливо на ділянках перетину зон Пн-ПнЗх та Сх-ПдСх простягання, спостерігаються потужні лінійні кори вивітрювання.

Абсолютні відмітки поверхні покрівлі кристалічних порід (з врахуванням порушених вивітрюванням) коливаються в межах від 231,7 до 242,2 м.

В межах родовища майже повсюдно кристалічні породи в приповерхневій частині порушені процесами вивітрювання до стану жорстви потужність якої коливається від 0,5 до 3,0 м в місцях розвитку лінійних кір вивітрювання. Розкриті породи на родовищі представлені четвертинним ґрунтово-рослинним шаром, суглинками та пісками. Суглинки розкриті свердловинами №№56, 57, 65 (1970 - 1971 рр). Породи мають буровато-сірий та палево-жовтий кольори, з великою кількістю піску, щільні. Потужність коливається від 0,9 до 2,0 м. Піски представлені сірими, сірувато-жовтими, жовтувато-охристими породами з домішками глини.

Потужність коливається в межах 1,0 -6,0 м та розкриті свердловинами №№ 82, 86, 90.

Корисна копалина Іванівського родовища представлена незмінними та порушеними вивітрюванням світло-сірими середньо-, крупнозернистими гранітами і мігматитами бердичівського комплексу, що характеризуються поступовими переходами і не мають чітких границь.

1.3. Дослідження якісної характеристики корисної копалини

Якісна характеристика корисної копалини у представленій кваліфікаційній роботі надана згідно діючих на сьогодні нормативних документів та порівняння їх з раніше проведеними на ПрАТ «Іванівський спеціалізований кар'єр» роботами:

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» [10,11,12,13]

1.3.1. Вимоги до якості сировини

Основні вимоги відповідно до якості сировини, щебеню та бутового каменю приведені нижче.

1. Міцність порід, що придатні для виробництва щебеню оцінюють (ГОСТ 23845-86):

- межею міцності при стисненні у сухому стані;
- межею міцності при стисненні у насиченому водою стані (таблиця 1.1);
- коефіцієнтом зниження міцності при насиченні водою;
- маркою за міцністю при стисненні у насиченому водою стані.

Таблиця 1.1. – Марки породи за міцністю при стисненні у насиченому водою стані.

Середня межа міцності при стисненні у насиченому водою стані породи у інтервалі, що відповідає висоті уступу, МПа (кгс/см ²)		Марка породи за міцністю
понад	до	
	20 (200)	Слабкі відміни
20 (200)	30 (300)	200
30 (300)	40 (400)	300
40 (400)	60 (600)	400
60 (600)	80 (800)	600
80 (800)	100 (1000)	800
100 (1000)	120 (1200)	1000
120 (1200)	140 (1400)	1200
140 (1400)		1400

2. Міцність щебеню із щільного природного каменю характеризують маркою, що визначається за його дробильністю при стиску (роздавлюванні) у циліндрі, яка повинна відповідати вимогам, наведеним в таблиці 1.2:

Таблиця 1.2. – Міцність щебеню

Марка щебеню за дробильністю	Щебінь із вивержених порід у насиченому водою стані	
	інтрузивні	ефузивні
1	2	3
1400	До 12	До 9
1200	Понад 12 до 16 вкл	Понад 9 до 11 вкл
1000	Понад 16 до 20 вкл	Понад 11 до 13 вкл
800	Понад 20 до 25 вкл	Понад 13 до 15 вкл.
600	Понад 25 до 34 вкл	Понад 15 до 20 вкл
400	-	-
300	-	-
200	-	-
<i>Примітка:</i> Допускається визначати марку щебеню із осадових і метаморфічних порід та гравію як у сухому так і у водонасиченому стані. При розбіжності марок за дробильністю міцність оцінюють за результатами випробування у насиченому водою стані		

3. Щебінь призначений для будівництва автомобільних доріг, додатково характеризується маркою за стиранистю у поличному барабані, яка повинна відповідати вимогам наведеним у таблиці 1.3:

Таблиця 2.3. – Щебінь, призначений для будівництва автомобільних доріг

Група щебеню за міцністю на стирання	Марка щебеню за стирання	Стираність (втрата у масі), %
Високоміцна	Ст-I	До 25 включно
Міцна	Ст-II	Більше 25 до 35 включно
Середньої міцності	Ст-III	Більше 35 до 45 включно
Слабка	Ст-IV	Більше 45 до 60 включно
Дуже слабка	Ст-V	Більше 60

4. Вміст слабких зерен (з границею міцності вихідної гірської породи на стиск у насиченому водою стані менше 20 МПа) у щебені в залежності від виду гірської породи і марки за дробильністю не повинен бути більше наведеного в таблиці:

Таблиця 2.4. – Вміст слабких зерен

Марка щебеню за дробильністю	Вміст зерен слабких порід, у % за масою
Щебінь з природного каменю (вивержених, метаморфічних і осадових гірських порід) марок: 1400; 1200; 1000	5
800; 600; 400	10
300	15

5. Показники морозостійкості щебеню при випробуванні заморожуванням і відтаванням або насиченням у розчині сірчанокислого натрію і висушуванням повинні відповідати наведеним в таблиці:

Таблиця 2.5. – Показники морозостійкості щебеню

Вид випробування	Марка щебеню за морозостійкістю								
	F15	F25	F35	F50	F100	F150	F200	F300	F400
Заморожування-відтавання:									
Число циклів	15	25	35	50	100	150	200	300	400
Втрати маси після випробування у %, не більше	10	10	5	5	5	5	5	5	5
Насичення у розчині сірчанокислого натрію – висушування:									
Число циклів	3	5	8	10	10	15	15	15	15
Втрати маси після випробування у %, не більше	10	10	10	10	5	5	3	2	1

6. Крупні заповнювачі для конструкційних важких та дрібнозернистих бетонів (далі – бетони) згідно ДСТУ Б В.2.7-43-96 повинні мати [14]:

- середню густину від 2000 до 2800 кг/м³;
- вміст пиловидних та глинистих часток у щебені з вивержених та метаморфічних порід, у щебені не повинен перевищувати для бетонів всіх класів 1% по масі;
- вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форм в крупному заповнювачі не повинні перевищувати 35% по масі;
- марка щебеню з природного каменю за міцністю повинна бути не нижче 300-1200 в залежності від класу бетону;
- вміст зерен слабких порід не повинен перевищувати 5-15 % по масі в залежності від класу бетону.

1.3.2 Результати лабораторних випробувань

За результатами фізико-механічних досліджень корисної копалини були зроблені наступні висновки:

Породи незмінені вивітрюванням:

Всього було досліджено 13 проб за повною програмою та 49 проб за скороченою.

- об'ємна вага коливалася в межах 2,76-2,94 г/см³;
- водопоглинення – 0,04-0,5%;
- межа міцності при стиску в водонасиченому стані – 862-1346 кг/см²;
- марка щебеню до дробильності при стиску в циліндрі – 1000-1200;
- марка щебеню за стиранністю в поличному барабані – І-І-І-ІІ;
- марка щебеню за спротивом удару на копрі ПМ – У-75;
- марка щебеню за морозостійкістю – Мрз-25;
- вміст глинистих та лещадних зерен в щебені – норма.

Породи порушені вивітрюванням:

Всього було досліджено 5 проб за повною програмою та 69 проб за скороченою.

- об'ємна вага коливалася в межах 2,74-2,81 г/см³;

- водопоглинення – 0,3-1,0%;
- межа міцності при стиску в водонасиченому стані – 541-932 кг/см²;
- марка щебеню за дробильністю при стиску в циліндрі – 600-1000;
- марка щебеню за спротивом удару на копрі ПМ – У-50;
- марка щебеню за морозостійкістю – Мрз-15;
- вміст глинистих та лещадних зерен в щебені – норма.

Породи вивітрені:

Всього було досліджено 1 проба за повною програмою.

- марка щебеню до дробильністю при стиску в циліндрі – 1000-1200;

Протоколом УТКЗ №3301 від 23.12.1971 р. запаси гранітів та мігматитів Іванівського родовища були затверджені в якості сировини для виготовлення щебеню відповідно ГОСТу 8267-64 «Щебень из естественного камня для строительных работ», ГОСТу 10268-62 «Заполнитель для тяжелого бетона», ГОСТу 8424-63 «Бетон дорожный», МРТУ 21-33-67 «Межреспубликанские технические условия на камень бутовый».

Протоколом ТР Українського державного інституту по проектуванню дорожнього хазяйства «УКРГИПРОДОР» №20 від 20.12.1991 р. запаси гранітів та мігматитів Іванівського родовища були затверджені в якості сировини для виготовлення щебеню відповідно ГОСТу 23845-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ. Технические условия и методы испытаний», ГОСТу 8267-82 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ, Технические условия», ОСТ 21-73-87 «Камень бутовый».

1.3.3. Хімічний склад корисної копалини

Відповідно до даних 2015 р.

За результатами лабораторних досліджень корисної копалини зроблені такі висновки:

За хімічним складом граніти та мігматити характеризуються (за 10 пробами, які приймають участь в підрахунку залишку запасів) наступними даними:

1. SiO₂ від 55,70 до 65,68%, в середньому – 62,75%;

2. Al_2O_3 від 14,02 до 19,43 %, в середньому – 16,52%;
3. TiO_2 від 0,50 до 1,04%, в середньому – 0,75%;
4. Fe_2O_3 від 5,37 до 11,98 %, в середньому – 8,14%;
5. CaO від 2,53 до 6,66 %, в середньому – 3,64%;
6. MgO від 1,97 до 7,70 %, в середньому – 3,32%;
7. SO_3 від 0,0 до 0,63%, в середньому – 0,43%;
8. K_2O від 0,75 до 2,63%, в середньому – 1,65%;
9. Na_2O від 2,07 до 3,9 %, в середньому – 3,041%;
10. п.п.п. від 0,04 до 0,75 %, в середньому – 0,38%.
11. Сірка сульф. від 0,12 до 0,43 %, в середньому – 0,23%

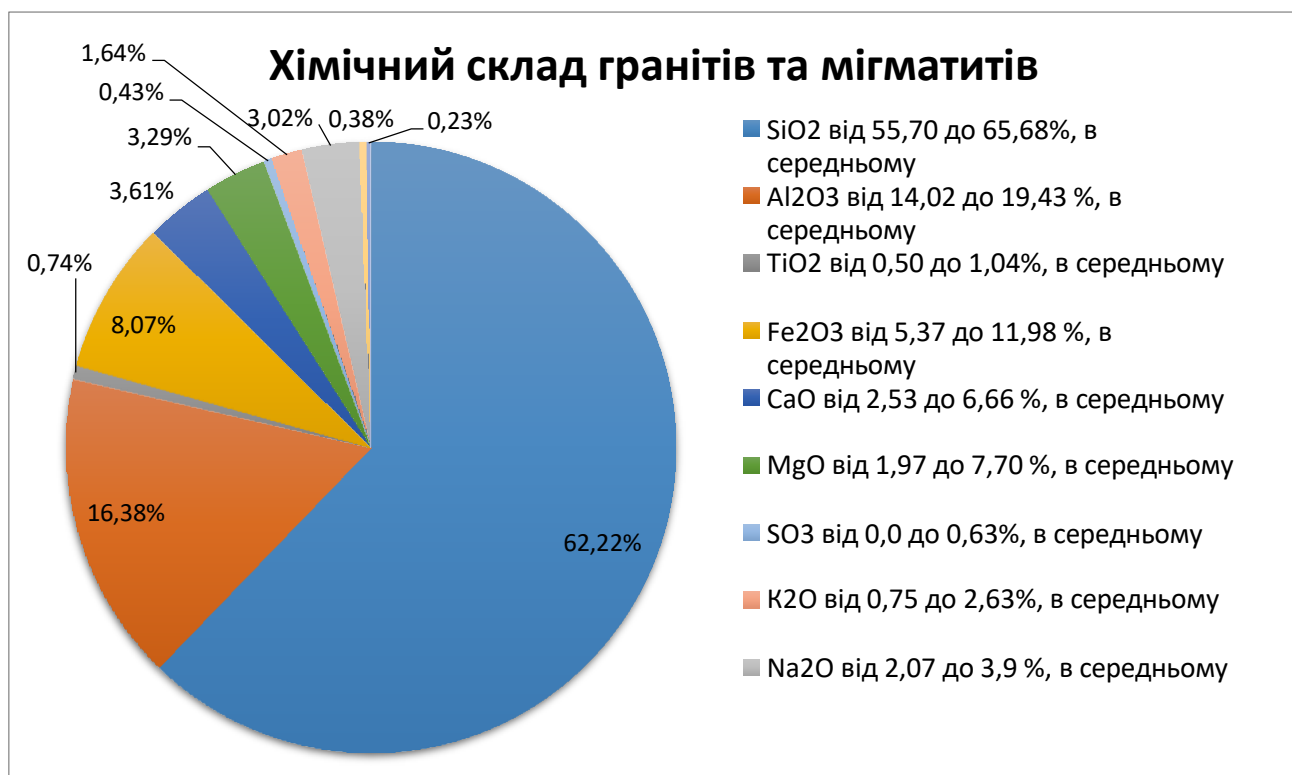


Рисунок 1.5. – Хімічний склад гранітів та мігматитів

Таким чином, хімічним аналізом порід підтверджуються їх петрографічні визначення.

За результатами петрографічних досліджень та визначення хімічного складу корисної копалини, можна зробити висновок, що за вмістом шкідливих з'єднань та

домішок вихідні породи Іванівського родовища придатні для виготовлення щебеню (ДСТУ Б В.2.7-75-98).

Фізико-механічні властивості корисної копалини

За даними фізико-механічних випробувань гранітів і мігматитів по пробах, які приймають участь в підрахунку залишку запасів, встановлено, що на родовищі, є два різновиди вивержених порід:

1. Незмінені, не порушені вивітрюванням граніти і мігматити;
2. Граніти і мігматити, порушені вивітрюванням.

Незмінені вивітрюванням породи, характеризуються наступними показниками:

1. Середня густина, в кг/м^3 , (за 47 пробами) змінюється від 2600 до 2940;
2. Дійсна густина (за 27 пробами), в г/см^3 , змінюється від 2,70 до 3,97;
3. Пористість (за 27 пробами), в %, змінюється від 0,4 до 5,1;
4. Водопоглинення (за 47 пробами), в %, змінюється від 0,02 до 0,51;
5. Межа міцності на стиск, в кг/см^2 в насиченому водою стані (за 79 пробами) від 760 до 1768. Марка 600-1400, переважає 1000-1200.
6. Втрата маси після 50-ти циклів заморожування і відтавання (за 65 пробами) відповідає марці F-50.
7. Коефіцієнт розм'якшення (за 29 пробами) – 0,08-0,99;
8. Вміст слабких зерен – 0%;

Незмінені граніти та мігматити Іванівського родовища відповідають вимогам ГОСТ 23845-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ» та придатні для виробництва щебеню будівельного марок 600-1400 за міцністю (переважає 1200-1400), F-50 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт».

Порушені вивітрюванням породи, характеризуються наступними показниками:

1. Середня густина, в кг/м^3 , (за 33 пробами) змінюється від 2580 до 2880;
2. Дійсна густина (за 6 пробами), в г/см^3 , змінюється від 2,81 до 2,90;
3. Пористість (за 6 пробами), в %, змінюється від 2,5 до 5,2;

4. Водопоглинення (за 33 пробами), в %, змінюється від 0,17 до 2,10;

5. Межа міцності на стиск, в кг/см^2 в насиченому водою стані (за 2 пробам) від 554 до 606. Марка 400-600, переважає 400.

6. Втрата маси після 25-ти циклів заморожування і відтавання відповідає марці F-25.

7. Вміст слабких зерен – 0%;

Порушені вивітрюванням граніти та мігматити Іванівського родовища відповідають вимогам ГОСТ 23845-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ» та придатні для виробництва щебеню марок 400-600 за міцністю, F-25 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт».

1.3.5. Дослідження щебеню

Випробування щебеню для будівельних робіт дані за результатами по 11 пробах гранітів і мігматитів (в т.ч. 2 проби по порушених), а також за результатами .

Після подрібнення породи на лабораторній щоківній дробарці у відповідності до вимог ГОСТ 23845-86 був визначений фракційний склад одержаного щебеню, виділений щебінь фракції 5-10 мм, 10-20 мм та 20-40 мм для проведення випробувань (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6. – Результати випробування щебеню

№ п/п	Показники	фракції, мм	1971 р.	1991 р.	2014-2015 р.
			незмінені / порушені		
1	2	3	4	5	6
1	Середня густина, кг/м ³	20-40	2800-2940 / 2780-2800		
2		10-20			
3		5-10			
1	Водопоглинення, %	20-40	0,14-0,33 / 0,17-0,26		
2		10-20			
3		5-10			
1	Вміст пиловидних та глинистих часток, %	20-40	0,0-0,8 / 0,8-0,9		0,08
2		10-20			0,12
3		5-10			0,18
1	Марка КРЗ за дробильністю	20-40	600-1400 / 600-1400		600-1400
2		10-20			600-1400
3		5-10			600-1400
1	Вміст лещадних зерен, %	20-40	1,2-4,0 / 1,5-2,0		
2		10-20	2,5-7,0 / 4,5-5,0		
3		5-10	4,0-12,0 / 8,0-10,0		
1	Втрата в масі, при здавлюванні в циліндрі (Дробильність), %	20-40	11,0-22,5 / 21,2-23,0		16,75
2		10-20	10,0-22,5 / 22,5-25,0		16,18
3		5-10	10,0-18,7 / 21,7-22,7		17,25
1	Марка	20-40	800-1400 / 800	1000	1000
2		10-20	800-1400 / 800	1000	1000
3		5-10	1000-1400 / 800	1000	1000
1	Втрата в масі по стираності, %	20-40	24,3-54,0 / 35,0		
2		10-20	20,0-31,2 / 28,0		
3		5-10	28,0-31,0 / 29,0		
1	Марка	20-40	Ст-I-Ст-IV / Ст-II	Ст-II	
2		10-20	Ст-I-Ст-II / Ст-II	Ст-II	
3		5-10	Ст-II / Ст-II	Ст-II	
1	Втрата в масі по морозостійкості, %	20-40	5,6-10,0 / 6,4-10,0		
2		10-20	5,3-10,0 / 8,0-10,0		
3		5-10	5,0-10,0 / 10,0		
1	Марка	20-40	F-25 / F-25	F-50	
2		10-20	F-25 / F-25	F-50	
3		5-10	F-25 / F-25	F-50	
1	Опір удару на копрі ПМ	20-40	75,5-172,5 / 66,3-67,7		
2		10-20	-		
3		5-10	-		
1	Марка	20-40	У-75		
2		10-20	-		
3		5-10	-		

Таким чином, за результатами випробувань можна зробити висновок, що щебінь виготовлений з порушених вивітрюванням та незмінених гранітів і мігматитів Іванівського родовища відповідає вимогам ДСТУ Б.В 2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

Марка щебеню по незмінених породах:

за дробильністю – 800 – 1400, переважає 1000;

за стираністю – Ст-I-Ст-IV, переважає Ст-II.

за морозостійкістю – F-25-F50.

Марка щебеню по порушених вивітрюванням породах:

за дробильністю – 800;

за стираністю – Ст-II.

за морозостійкістю – F-25.

1.3.6. Характеристика кристалічних порід, як сировини на бутовий камінь

Відповідно до результатів фізико-механічних досліджень порушені вивітрюванням та незмінні граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва бутового каменю марки 400-1200 за міцністю, F-25-F50 за морозостійкістю, відповідно вимог ДСТУ Б В.2.7-241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови».

Якісна характеристика щебеневого відсіву

Якість відсіву, який отриманий при виробництві щебеню, визначалася при геологорозвідувальних роботах 1971 р. та сертифікату якості 2014 р.

1971 р. Вивчення відсіву фракції 0-5 мм показало:

- міцність вихідної породи – 1000 кгс/см²;
- вміст пиловидних та глинистих часток – 4,8%;
- вміст глини в комочках – 0%;
- насипна вага – 1640 кгс/см³;
- водопоглинення – 2,5%;
- вміст зерен більше 10 мм – 0%;

- вміст зерен 5-10 мм – 7,3%;
- повний залишок на ситі 0,63 мм – 45,8%;
- вміст зерен, що пройшли крізь сито 0,16 мм – 15,8%;
- група відсіву – крупний;
- модуль крупності – 2,52.

2014 р. ПрАТ «Іванівський спецкар'єр» щорічно виконує випробування в зразків готової продукції відсіву дроблення вивержених гірських порід згідно вимог діючого ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови».

Згідно протоколу випробування пісків з відсіву дроблення гранітів і мігматитів Іванівського родовища порода характеризується наступними показниками якості:

- вміст зерен більше 10 мм – 0,0%;
- вміст зерен 5-10 мм – 10,46%;
- повний залишок на ситі 0,63 мм – 59,49%;
- модуль крупності – 2,80;
- прохід крізь сито 0,16 м – 14,59%;
- вміст пиловидних і глинистих часток – 4,55%;

Піски з відсівів дроблення гранітів Іванівського родовища відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови» придатні для дорожнього будівництва.

1.3.7. Радіаційно-гігієнічна характеристика і оцінка корисної копалини

Корисна копалина Іванівського родовища представлена гранітами та мігматитам.

В 2015 р. в діючому кар'єрі ВК «Геолог» було проведено радіаційно-гігієнічні дослідження видобувних уступів шляхом вимірювання ПЕД гамма-випромінювання.

Аналіз величин ПЕД природного гамма-випромінювання виконаний у відповідності з віковою та петрографічною належністю порід родовища.

Магматичні породи граніт-мігматитової формації бердичівського комплексу характеризуються значеннями ПЕД гамма-випромінювання, що коливаються в межах від 5,3-8,0 мкР*г⁻¹, складаючи в середньому 6,6 мкР*г⁻¹.

За величинами ПЕД гамма-випромінювання (до 20 мкР*г⁻¹) породи родовища згідно з вимогами НРБУ-97 і ДБН В.1.4-1.01-97 відносяться до 1 класу (використання без обмежень).

Величини сумарної питомої активності радіонуклідів сировини в надрах Іванівського родовища та готової продукції її переробки, що встановлені за результатами лабораторних гамма-спектрометричних досліджень, виконаних Випробувальним центром радіаційної гігієни Вінницької обласної санітарно-епідеміологічної станції Міністерства охорони здоров'я України в 2014 р.

Величини сумарної питомої активності радіонуклідів сировини в надрах та готової продукції її переробки за результатами лабораторних гамма-спектрометричних досліджень складають:

- Вихідна порода – 48-92 Бк/кг
- Щебінь фракцій – 58-77 Бк/кг.

Згідно сертифікатів та протоколів якості сировина в надрах та готова продукція її переробки відповідають вимогам НРБУ – 97, а також ДБН – 97 і придатні до використання у всіх видах будівництва без обмежень (І-клас).

Висновки до першого розділу.

В результаті проведених лабораторних випробувань порід Іванівського родовища за всі роки експлуатації можна встановити наступні загальні висновки про якість корисної копалини:

1. Корисна копалина (порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити) Іванівського родовища відповідає вимогам ГОСТ 23845-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ»;

2. Незмінені вивітрюванням граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва щебеню марок 800-1400 за міцністю, переважає 1000, Ст-

I-Ст-IV за стиранністю, переважає Ст-II, F-25-F-50 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт»;

3. Порушені вивітрюванням граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва щебеню марки 800 за міцністю, Ст-II за стиранністю, F-25 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт»;

4. Порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва бутового каменю марки 400-1200 за міцністю, F-25-F50 за морозостійкістю, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови».

5. Піски з відсівів дроблення гранітів і мігматитів Іванівського родовища відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови» придатні для дорожнього будівництва».

6. Порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити Іванівського родовища за вмістом сумарної питомої активності радіонуклідів віднесені до 1 класу з радіоактивності відповідно до НРБУ-97 «Норми радіаційної безпеки України», ДБН В.1.4-1.01-97 «Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні» та «Вимог до оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини» і придатні для всіх видів будівництва без обмежень.

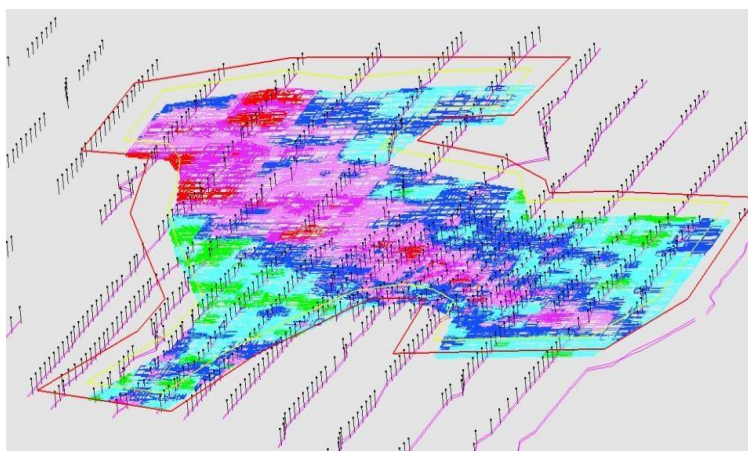
РОЗДІЛ 2

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГІРНИЧО-ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

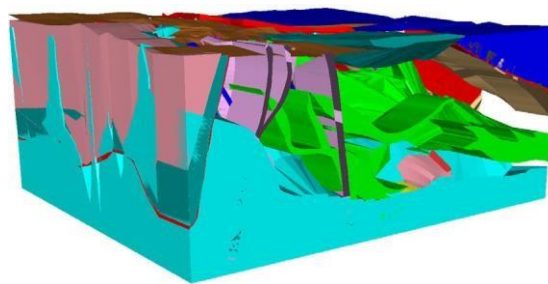
2.1. Методології вивчення числових полів

Методології вивчення числових полів геологічної природи базуються на концепції наближення даних. Тут, під наближенням, опис деякої, іноді неявно заданої, залежності або набору даних, що представляють її, розуміється за допомогою іншої простішої або єдиної залежності. У геологічних предметних областях потреба в наближенні фактичного матеріалу особливо висока. Це пов'язано з тим, що досліджувані геологічні об'єкти і процеси рідко доступні для прямого сенсорного сприйняття. Їх властивості діагностуються набором характеристик, значення яких залежать від багатьох випадкових факторів, які маскують корисний сигнал. Саме його ідентифікація є метою практично всіх попередніх опрацювань первинної геологічної інформації, призначеної для аналізу і прогнозування стану надр, втіленої в спеціальних інформаційних структурах: гірничо-геометричних моделях (ГГМ).

Гірничо-геометрична модель – це спрощене уявлення дослідника про природу геологічних полів в досліджуваному блоці земної кори.



2D



3D

Рисунок 2.1.– Гірничо-геометричні моделі родовища

Основою для побудови більшості ГГМ є ідея поширення фактичних даних, що характеризують окремі точки спостереження на їх місцевості. Методологічно цей процес здійснюється в рамках двох не дуже різних підходів - інтерполяції і екстраполяції даних.

Розподіл значень на ділянки між точками спостереження за певними правилами називається інтерполяцією.

Поширення даних за межі крайніх точок спостереження називається екстраполяцією або прогнозом (передбаченням).

Оскільки дуже важко визначити крайні точки спостереження в межах досліджуваної області, часто весь процес називається екстраінтерполяцією. Вона є основою так званого *відновлення* геологічного поля в місцях, що не охарактеризовані фактичним матеріалом.

2.2. Аналіз геологічного поля

Для кращого розуміння питання відновлення геологічних полів що маркшейдер, згідно з вкрай недостатніми і неповними фактичними даними, повинен відтворити цілісний погляд на цифрові поля досліджуваних геологічних ознак.

Існує два види відновлення геологічних полів - реставрація без згладжування вихідних даних і відновлення полів із згладжуванням [18].

У першому випадку відтворені гірничо-геометричні моделі, що забезпечують незмінність значень числового поля функції в початкових точках після екстраінтерполяції, а в другому - моделі, де ці значення дещо затребувані.

Слід зазначити, що відновлення без згладжування дуже трудомістка процедура і, незважаючи на свою академічну строгість, часто безглузда. Це особливо зрозуміло, коли сама інтерпольована функція вимірюється помилкою, яка цілком може перевищувати різницю згладжування. Виходить, що для того, щоб характеристики моделі були більш точними в просторі між точками спостереження, необхідно знизити її точність в самих вихідних точках.

Поверхні, які обмежують гірничо-геометричні моделі, нам заздалегідь

невідомі. Часто вони розраховуються програмно в ході спеціальних досліджень, пов'язаних з *тренд-аналізом*.

Математичний апарат аналізу трендів дуже різноманітний і складний, так як допускає безліч рішень і отримані результати іноді суперечливі. Вибір того чи іншого методу багато в чомусь суб'єктивний і залежить від досвіду і думки геолога.

В основі аналізу тенденцій є припущення, що будь-яке із значень z , що спостерігається, може бути представлено як сума двох компонентів, один з яких F розглядається як не випадкова функція координат, а інший (φ) вважається компонентом.

Для одновимірного (профільного) випадку функція тренду визначається виразом $Z(x)=F(x)+(\varphi)$.

Для двовимірного (площа) варіанту слід враховувати іншу координату, і тому формула приймає форму $Z(x,y)=F(x,y)+\varphi(x,y)$.

Залежно від постановки задачі геологічної проблеми, увага дослідника зазвичай зосереджена на одному з двох питань:

1. визначення регіональної складової (тенденції або тренда) у зміні признаку z ;
2. виділення локальної складової (пошук позитивних і негативних аномалій).

2.3. Виділення регіональної складової.

Геологи часто стикаються з проблемою, коли необхідно відволіктися від конкретних, випадкових коливань вимірюваної ознаки і розрізнити тільки її природну складову - тенденцію. Для цього розроблено безліч методів, заснованих на згладжуванні спостережуваних значень.

Нижче наведені основні з них:

1. згладжування числових полів методами плавного середнього;
2. наближення числових полів алгебраїчними многочленами (Фур'є-аналіз);
3. наближення числових полів гармоніками;
4. наближення числових полів сплайнами.

2.3.1. Метод плавного (згладженого) середнього

Методи плавного вікна найчастіше використовуються, тому що вони не вимагають складного програмного забезпечення і є відносно простими у використанні. Вони засновані на наступній загальній процедурі або алгоритмі. Для перших m членів (m - непарне) згладженого ряду за об'ємом n спостережень ($m < n$) будується поліном ступеню P ($R < m - 1$), після чого обчислюється його значення для точки $k = (m-1)/2$. Потім m членів береться знову, починаючи з другого, і всі розрахунки виконуються заново. У найпростішому випадку, коли Згладжування $P = 1$ виконується простим усередненням значенням z :

$$Z_k = \frac{1}{m} \sum_{t=k+(m-1)/2}^{t=k+(m-1)/2} cZ_t \quad (2.1)$$

де: m – кількість точок згладжування (вікна);

Z_t – вихідне значення признаку;

Z_k – вхідне значення признаку;

c – ваговий коефіцієнт. При простому усередненні він дорівнює одиниці.

Для двовимірного випадку вказаний вираз перетворюється в:

$$Z \in (x_i, y_i) = \alpha \sum_{1}^m cz(x, y) \quad (2.2)$$

де: x і y координати початкових точок спостереження;

α – є свого роду множником масштабу.

На рисунку 2.2 показані два графіки однакових навчальних даних, які є класичною синусовою хвилею, ускладненою випадковим шумом, отриманим за допомогою генератора випадкових чисел.

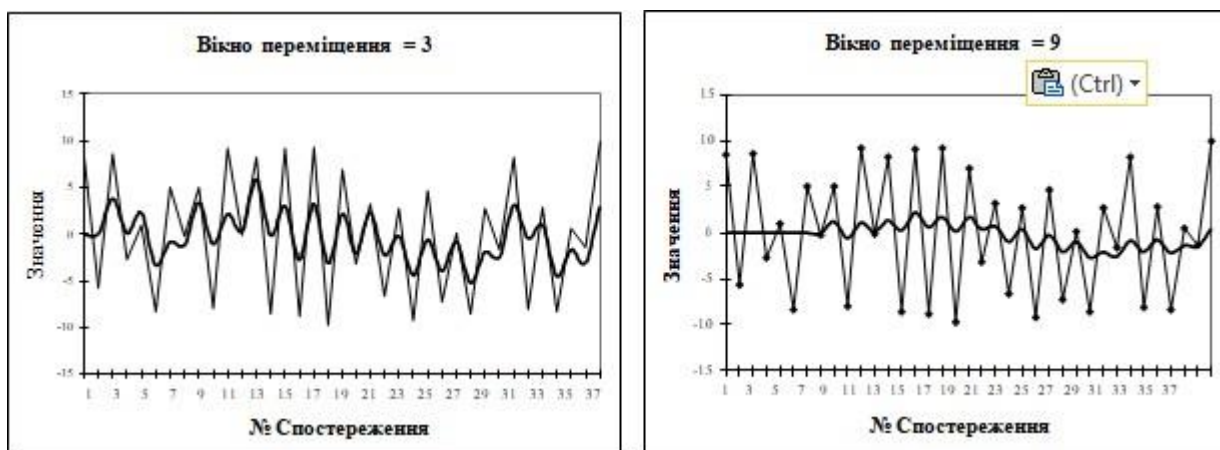


Рисунок 2.2.– Згладжування даних шляхом ковзного середнього

Для побудови відповідних діаграм, було використано інструмент «Ковзне середнє» модуля «Аналіз даних» MS Excel.

Усереднення з вікнами розміром 3 і 9 спостережень було зроблено відповідно. Очевидно, що при невеликих розмірах вікон, згладжених кривих практично повторюють хід зміни даних, а з великими проявляється синус-віддалена тенденція, однак, ускладнюється «шумовими» гармоніками.

Крім того, в лівій частині графіків помітна відсутність згладжених значень, що пов'язано з тим, що частина вікна усереднення виходить за межі поля даних.

Наближення до ковзного середнього, пригнічуючи високочастотну складову, при цьому зберігає загальну конфігурацію великих піків, відповідних регіональній складовій.

Серед численних модифікацій методу розсувного вікна, використовуваного в геології, виділяється метод «найближчих точок». Він ілюструє роботу алгоритму відновлення поля без згладжування і має наступні особливості:

1. розмір і форма вікна заздалегідь не встановлені;
2. відправні точки можуть розташовуватися нерівномірно на карті;
3. кількість «найближчих точок», що беруть участь у безперервному згладжуванні.

Щоб побудувати тренд методом «найближчих точок», вся територія, що

картирується, покрита звичайною прямокутною сіткою. Далі розраховуються згладжені значення z , що відповідають вузлам цієї сітки. Для цього потрібен наступний алгоритм:

Крок 1. Потрібно вишукати m точок, що найближчі до наступного вузла (x_i, y_i) нашої допоміжної мережі.

Крок 2. Обчислюються відстані D між вузлом мережі та кожною з точок:

$$D = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \quad (2.3)$$

Крок 3. Розраховується крокуючий множник:

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{D_j}} \quad (2.4)$$

Крок 4. Згладжування виконується відповідно до загального виразу двовимірного усереднення:

$$Z_{\epsilon}(x_i, y_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{D_j}} \sum_{j=1}^m \frac{z((x_i, y_i))}{D_j} \quad (2.5)$$

Таким чином, початкові точки враховуються з вагами обернено пропорційними їх відстаням до вузла координатної сітки.

2.3.2. Наближення алгебраїчними многочленами

Перш за все, потрібно визначити, що таке многочлен. Многочленом ступеня ϵ вираз:

$$A(x) = a * x^0 + b * x^1 + c * x^2 + d * x^3 + \dots h * x^k \quad (2.6)$$

Сенс поліноміального наближення полягає у підборі відповідного ступеня полінома для згладжування спостережуваних значень геологічної особливості.

Поліноміальне наближення пов'язане з рішенням двох серйозних проблем. По-перше, немає чітких критеріїв вибору ступеня многочлена, а по-друге, це досить трудомістка обчислювальна задача. Загалом, чим вище ступінь многочлена, тим більше його графік наближається до вихідних даних, тобто тим менше вони згладжуються. Це добре видно на рисунку 2.3. для поліномів 1-го, 2-го і 5-го ступенів.

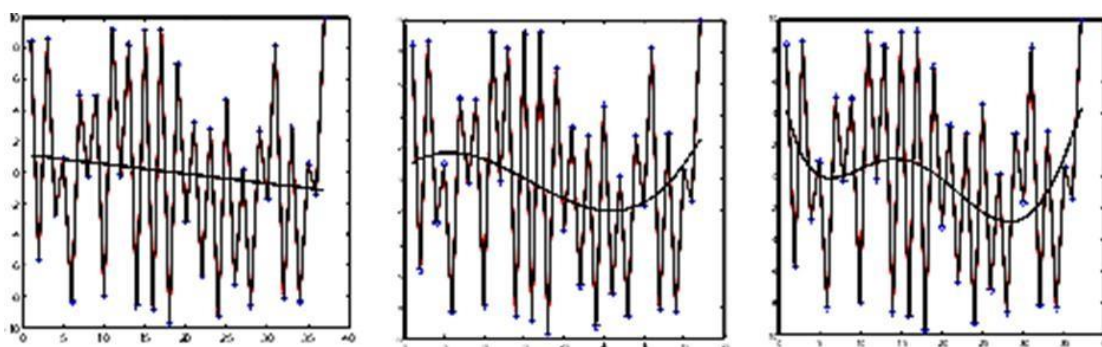


Рисунок 2.3. – Графіки апроксимації даних поліномами різних ступенів

Для виведення відповідних графіків використовувалася програмна система Matlab 6.5 [19]. В програмну систему були подана такі ж дані, як і при згладжуванні методом ковзного середнього, але різниця в результатах дуже помітна.

Робоча панель Matlab 6.5 для поліному ступеня 3 показана на рисунку 2.4.

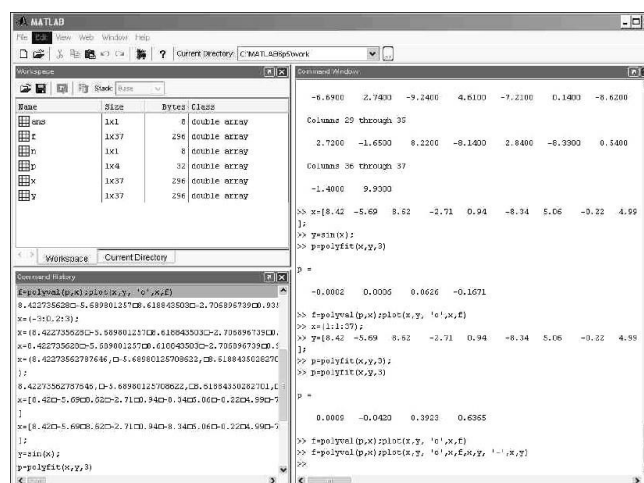


Рисунок 2.4. – Панель Matlab 6.5 для розрахунку поліному 3-го ступеня

Таким чином, визначення оптимального ступеня многочлена для конкретного наближення вимагає залучення додаткових даних по геологічній і геометричній моделі, і вона, як правило, відсутня. У будь-якому випадку, ми повинні вирішити, який мінімальний просторовий розмір аномальних параметрів геологічного поля, що нас цікавить. Тільки на цій основі можна вибрати відповідний ступінь, не ускладнений випадковими коливаннями.

Загалом, поліноміальну апроксимацію слід використовувати обережно з огляду на наступні обставини:

— зі збільшенням ступеня многочлена на діаграмах трендів починають переважати ефекти, пов'язані з дією локальних збурень числових полів;

— по краях многочленових карт і графіків можливий прояв неконтрольованих відхилень поверхні наближення від фактичних даних. Це так звані «ефекти краю», виражені у прояві необґрунтовано високих або, навпаки, низьких значень згладжуваного признаку в зонах, де дані відсутні.

2.3.3. Апроксимація гармоніками

У випадках, коли передбачається періодичний характер зміни геологічної особливості в просторі, гармонійне наближення може використовуватися за допомогою аналітичного апарату Фур'є-аналізу. Такої циклічності можна очікувати в ситуаціях, що характеризуються більш-менш регулярним повторенням в досліджуваному блоці земної кори деяких геологічних умов, що в свою чергу забезпечує періодичність змін величини геологічних особливостей.

Найчастіше, або навіть в обов'язковому порядку, перетворення Фур'є використовуються у всіх геологічних застосуваннях, які вимагають інтерпретації будь-яких хвильових картин. Найяскравішою ілюстрацією цього є, звичайно ж, часовий графік обробки сейсмічних даних.

Математичний смисл перетворення Фур'є полягає у можливості представлення будь-якого сигналу $y(x)$ у вигляді нескінченної суми у синусоїд $\sin(v \cdot x)$. Функція $F(v)$ називається перетворенням Фур'є, інтегралом Фур'є або Фур'є-спектром сигналу. Її аргумент v - представляє собою частоту этой составляющей сигнала.

Свого часу ця блискуча ідея Фур'є була категорично відкинута такими відомими математиками, як Ейлер, Лагранж і Д'Аламберт. Великі вчені помилялися, але навіть найпалкіші шанувальники таланту Фур'є не могли передбачити, яким широким буде застосування його роботи в результаті винаходу комп'ютерів.

Фур'є-спектр представляє собою синусоїдальний тренд, відображаючи різнопорядкові гармоніки, що утворились при складенні синусоїдальних сигналів.

Розглянемо рисунок 2.5, на якому представлені результати Фур'є-перетворених даних, отриманих штучним шляхом.

На верхньому графіку відображена вихідна крива, що виникла при складанні трьох синусоїд, відповідно до наведених на рисунку виразам. Задача полягає в тому, щоб відновити характеристики цих елементарних синусоїд від дійсно складного сигналу. Освітній характер даних дозволяє однозначно оцінити результати рішення, порівнявши його з оригінальними компонентами (підкресленими на малюнку).

З цією метою за допомогою засобів пакету MATHCAD 2001 отриманий графік Фур'є-спектру або прямого перетворення [19].

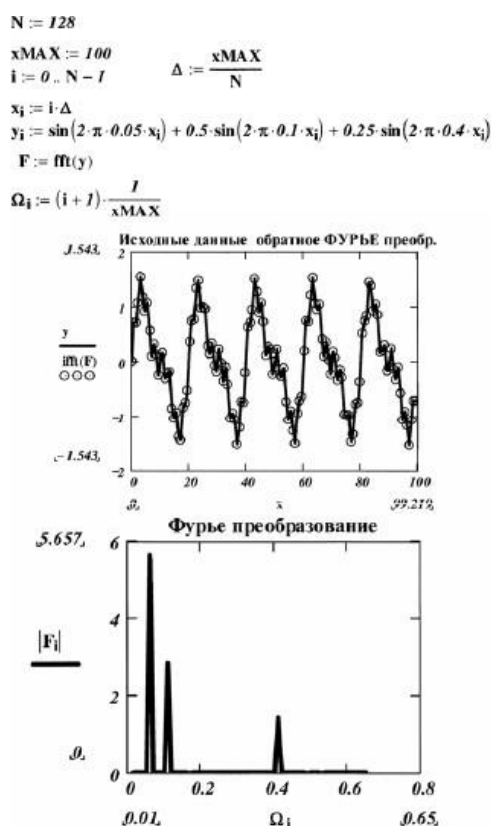


Рисунок 2.5. – Зображення Фур'є-перетворень

Доцільно звернути увагу на три особливості положення піків графіка перетворення Фур'є:

- на графіку спектру Фур'є присутні 3 піки - стільки ж, скільки складається синусова хвиля;

- x - координата (частота) кожного з них дорівнює коефіцієнту при x_j в аргументі відповідної синусоїди, а саме: **0.05, 0.1** та **0.4**;
- висота кожного піку дорівнює половині попереднього, що пояснюється коефіцієнтами у синусоїд, а саме: **1, 0.5** та **0.25**.

Перший пік пояснює гармоніку (або тренд) самого низького порядку. Другий – ускладнює першу гармоніку, а третій пік – другу.

Знаючи Фур'є-спектр, ми можемо відновити вихідні значення, оперуючи відомою формулою Фур'є $F(v) * \sin(v * x)$. Це називається оберненим перетворенням Фур'є. Розраховані відновлені точки дуже точно відобразились на графіку.

2.3.4. Апроксимація сплайнами

Термін «сплайни» був введений в обіг в середньовіччі. Так називалися довгі сталеві лінійки, якими позначали корпуси майбутніх каравел і бриганти. Якщо ці лінійки не надто вигнуті, то криві, отримані з їх допомогою, є максимально гладкими з усіх можливих лекал. Саме ця обставина стала особливо привабливою для вивчення явищ гладкості математичними методами. В результаті була розроблена теорія сплайнів, що широко використовується в машинобудівній і авіабудівній промисловості, словом, скрізь, де потрібні особливо плавні контури корпусів.

Властивість згладжування «гострих кутів» дуже корисна в геології і в маркшейдерії. Вона дозволяє усунути ряд недоліків, властивих поліноміальній апроксимації (наприклад, зменшити спотворення, введені граничними ефектами).

Сплайн-інтерполяція відноситься до методів частинної апроксимації.

Концептуально використання сплайнів в задачах геологічного картографування, наприклад, описується наступною процедурою:

- вся математична область ділиться на відносно невеликі ділянки трикутної форми або прямокутники (локуси), що не перетинаються;
- у вершинах локусів повинні бути спостережні точки;
- для кожного локуса окремо будується свій многочлен (поліном). При цьому необхідно вибирати коефіцієнти многочленів так, щоб не було розривів

на з'єднаннях сусідніх локусів, тобто загальне полотно геологічного поля повинно бути безперервним і гладким.

При такому підході відсутність розривів гарантується загальними прилеглими точками спостереження, в яких, звичайно ж, значення ознаки повинно бути однаковим. Плавність кривої наближення забезпечується безперервністю першого і другого похідних в точках склеювання її фрагментів.

На рисунку 30 представлений профіль, побудований за допомогою сплайн-функції, програмно реалізованою в пакеті MatLab 6.5. Значення у вихідних точках спостережень генерувалось згідно виразу $y=3*\cos(x)$.

Сплайн-інтерполяція виміряних даних

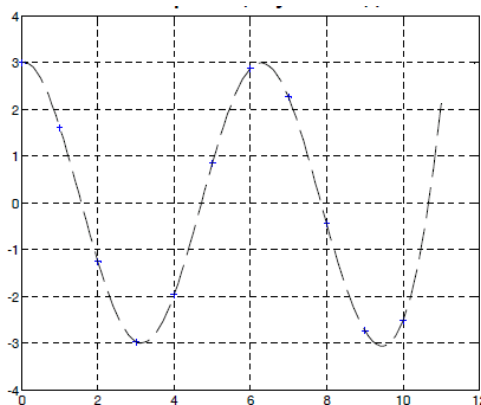


Рисунок 2.6. – Сплайн-інтерполяція виміряних навчальних даних значень функції: $y=3*\cos(x)$.

На рисунку добре видно, що відбулося не згладжування, а саме інтерполяція геологічної особливості між точками спостереження, через яку абсолютно пройшла сплайнова крива. Іншими словами, сплайн-апроксимація є методом відновлення поля без згладжування (тобто без усереднення) і не підходить для розрахунку тренда в чистому вигляді. Ця проблема вирішується шляхом поєднання декількох методів, наприклад, розсувних віконних і сплайнових функцій.

2.4. Обособлення локальної складової

Часто, особливо при роботі в деталях, необхідно відволіктися від низькочастотних компонентів геологічного поля. Іноді маркшейдера цікавлять тільки його локальні варіації. Наприклад, нам потрібно з'ясувати, чи підпорядковується їх статистичний розподіл нормальному закону, тобто чи є вони випадковими. Якщо так,

то їх не можна брати до уваги, а якщо ні, то деякі з них можуть мати пошукове значення.

Поєднуючи методи аналізу трендів з формально-логічними методами, можна домогтися виключення трендової складової з геологічного поля. Після цієї процедури тренд-ускладнюючі варіації будуть представлені в чистому вигляді.

Для вирішення цієї задачі необхідно постулювати тип трендового поля, яке можна апроксимувати функціями різних типів і складності. Якщо він відомий апріорі, досить виконати наступні дії:

Крок 1. Обчислити рівняння регресії виходячи із апріорної інформації про тенденцію.

Крок 2. Обрахувати в кожному спостереженні трендову складову. Ці операції ілюструються рисунком 2.7.

Фільтрація регіонального тренду

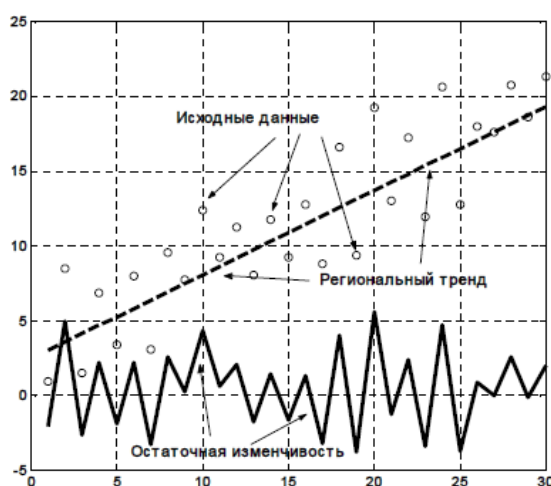


Рисунок 2.7. – Визначення локальної мінливості відніманням регіонального тренду

Висновки до другого розділу.

1. Багатомірні методи обробки інформації є надзвичайно потужними, оскільки дозволяють працювати з великою кількістю складових величин. Вони необхідні у випадках, коли потрібно працювати із складними комбінаціями діючих факторів, які неможливо дослідити окремо один від одного.
2. Для вибору правильного інструмента програмного забезпечення доречно виконати тренд-аналіз і, залежно від постановки задачі, зосередитись на одному з двох питань: визначення регіональної складової (тенденції або тренда) у зміні признаку, або виділення локальної складової (пошук позитивних і негативних аномалій).
3. Необхідність відволіктися від конкретних, випадкових коливань вимірюваної ознаки, розрізняючи тільки природну складову – тенденцію, обґрунтовує застосування одного з методів, заснованих на згладжуванні спостережуваних значень.
4. В роботі визначі та обґрунтовані оптимальні методи згладжування спостережуваних значень, а саме:
 - згладжування числових полів методами плавного середнього;
 - наближення числових полів алгебраїчними многочленами (Фур'є-аналіз);
 - наближення числових полів гармоніками;
 - наближення числових полів сплайнами.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РОДОДОВИЩА ТА ЗДІЙСНЕННЯ ЙОГО ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ

3.1. Методика створення 3-D моделі та здійснення геометризації родовища корисної копали з використанням ГІС технологій

При використанні сучасних ГІС-технологій можна з однієї сторони здійснити інтегрування та впорядкування інформації про ресурсний потенціал корисних копалин родовища та представити дані у зручному для розуміння вигляді, а з іншої – здійснити аналіз та управління у картографічному вигляді, починаючи з докладного обстеження нових та освоєних родовищ, здійснення на них досліджень. При цьому масштаби досліджень можуть бути різні – від масштабів невеликого родовища і до масштабів усієї країни та планети загалом.

В даний час гірничодобувні компанії є одними з основних споживачів широких можливостей картографії, геометризації, просторового аналізу та моделювання, які й надає геоінформатика. ГІС – технології дозволяють гірничодобувним компаніям вирішувати широкий спектр практичних завдань: створення 3D моделі родовища, геометризації, розвідки й дорозвідки, раціонального видобування, оптимального транспортування корисних копалин, складання та ведення геологічних карт та атласів, підрахунку та оцінки запасів і складання на цій основі звітності, а також у питаннях охорони природи та при оцінці впливу на довкілля, при реагуванні на позаштатні ситуації та ін.

Рівень розвитку гірничо-геоінформаційних систем у світі за останні 40 років значно збільшився. Це призвело до зміни самого характеру діяльності гірничих компаній та до закономірного зростання їхньої продуктивності.

Як відомо, в галузі гірничої промисловості ГІС можна застосовувати в багатьох операціях, таких як розвідка, розрахунок свердловина, виробництво розвідувальних проб ґрунту, обчислення обсягу запасів родовищ, тривимірне моделювання, 3D аналіз, прогнозування занурення свердловини, прогнозування багатих та слабких шарів покладу мінеральних ресурсів та інші. Крім цього різні види геологічних

наборів даних, таких як геофізичні ехограми, геохімічні та геологічні карти, результати радіометричних вимірювань, свердловини та родовища корисних копалин можуть бути відображені та аналізовані з використанням даних технологій.

На сьогоднішній день, у світовому ринку комерційних комп'ютерних програм для гірничих підприємств працюють десятки фірм, що пропонують понад 1000 програмних продуктів різного класу, призначених для автоматизації найрізноманітніших функцій управління гірничим виробництвом. Порівняльний аналіз застосування інтегрованих геоінформаційних програм у гірничій справі наведено в таблиці 3.1 (Mining programs of Gemcom (2017); Datamine (2017); MineScape (2017); Surpac Vision(2017); Micromine (2017); GeoTech-3D (2017); Geoblock (2016) Як видно з таблиці 1, у світі є більше 5 лідируючих інтегрованих геоінформаційних програм, що застосовуються в гірничодобувних підприємствах.

Наведемо деякі зарубіжні дослідження застосування цих програм. Наприклад, Tianxuan та ін ГІС застосовували для передбачення небезпеки вибуху газу у вугільній промисловості способом аналізу графічного перекриття, який заснований на інструментах ГІС. За допомогою цієї системи візуалізації, стає можливим оцінити для даного району запаси вибухонебезпечних газів, і цим пропонується новий, зручний для розрахунку метод на основі інтуїції для регіонального прогнозування небезпеки вибуху газів.

Тим Warner ГІС інструмент та методи дистанційного зондування застосовував для прогнозування зростання міст у області Morgantown Західної Вірджинії. Методику, розроблену в даній роботі, можна застосовувати для визначення меж підземних гірських робіт на схилі.

Yousefi and Kamkar-Rouhani використовує ГІС для відображення на карті місцезнаходження золота та інших металів в області Mahneshan, Іран. Вони розробили методику, за допомогою якої можна обчислити загальну кількість запасів золота та інших металів з різних родовищ, щоб зробити прогноз мінерально-сировинних потенціалів.

Таблиця 3.1.– Аналіз програмного забезпечення

ГІС	Основні задачі надрокористування				
	Розвідка	Проектування	Моделювання	Планування	Технологічні процеси
1	2	3	4	5	6
Gemcom	Функції з роботи з геологорозвідувальними свердловинами	Функції побудови детальної геометричної моделі кар'єру та шахти	Блочне моделювання, сіткове моделювання поверхні	функції детального календарного планування відкритих гірничих робіт	Функції імітаційного моделювання роботи парку гірничого та транспортно-го обладнання; функції проектування БВР
Datamine	-	Проектування відкритих та підземних гірничих робіт	моделювання родовищ, каркасне моделювання просторових тіл та поверхонь, блочне моделювання	Календарне планування гірничих робіт, короткострокове планування	-
MineScape	Геологорозвідувальна база даних	Блок «Кар'єри»	Моделювання пластових родовищ	-	Буріння і підривання
Surpac Vision	Обробка геологорозвідувальної інформації; обробка даних із свердловин	Проектування кар'єрів та БВР Проектування підземних рудників та БВР	моделювання та оцінка запасів родовищ, включаючи геостатистику	Календарне планування	-
Micromine	Класичний статистичний аналіз геологорозвідувальної інформації	Автоматизоване проектування кар'єрів та шахт із заданими параметрами	Побудова блокових моделей із заданим розміром елементарних блоків інтерактивне тривимірне каркасне моделювання рудних тіл	-	-

Продовження таблиці 3.1

GeoTech-3D	-	Проектування векторних та каркасних моделей елементів відкритої та підземної систем розробки	Побудова векторних, каркасних та блокових моделей рудних тіл	Функції коригування; оптимізація кордонів кар'єру за економічними показниками	Проектування масових вибухів для відкритих та підземних гірничих робіт
		Візуалізація елементів систем розробки			
Geoblock	Аналіз свердловинних даних та їх перетворення; компонування свердловинних проб по шарах та горизонтах	-	Моделювання ступеня розкриття мінералів та прогноз збагачуваності руд	-	-
			блочне моделювання		
Surfer 15	Аналіз свердловинних даних та їх перетворення. Класичний статистичний аналіз.	-	Побудова блокових моделей; сіткове моделювання поверхні; моделювання та оцінка запасів родовищ, включаючи геостатистику	Функції коригування;	-

ГІС дозволяє виконувати кількісні розрахунки запасів сировинних ресурсів, з урахуванням чого прогнозувати сприятливі області родовищ корисних копалин. Відповідно до розробленої моделі родовищ золота та інших металів встановлено просторовий розподіл 20 відомих покладів корисних копалин.

Процес створення 3D моделі родовища та його геометризація за допомогою ГІС-технологій складається з кількох етапів:

- розробка структури бази даних для зберігання первинної інформації за даними геологічної розвідки;

- наповнення бази інформацією геологічного та геофізичного випробування;
- статистичний аналіз первинних геологічних даних, виправлення помилок, угруповання даних, засвідчення бази, виявлення закономірностей;
- побудова свердловин у просторі моделі, угруповання за профілями;
- виділення та оконтурювання рудних та нерудних інтервалів за стратиграфічним принципом, уточнення інтервалів за значеннями бортового вмісту елементів (інтерпретація геологічних даних);
- уточнення меж просторового розміщення порід, з урахуванням тектонічних порушень, а також за даними геофізичних досліджень (сейсміка, гравіметрія, електророзвідка);
- каркасне моделювання родовища (виділення тіл і порід супутніх порід, моделювання пластів, аномалій, пасток тощо);
- створення порожніх блокових моделей;
- геостатистичний аналіз даних розвідки, варіограми, визначення законів просторової мінливості геологічних характеристик компонентів;
- моделювання вмісту компонентів математичними методами: найближчого сусіда (полігональний метод), зворотних відстаней (IDW), крігінгу (у модифікаціях) та ін.;
- моделювання гідродинамічних систем, забрудненості, хімічного складу та ін.;
- уточнення контурів поширення порід у родовищі за заданими кондиціями.

3.2. Інформаційна база геологічного моделювання та геометризації родовищ

У процесі побудови моделі формується структурована база даних, яка забезпечує високу технологічність робочого процесу на всіх етапах моделювання та утворює єдине інформаційне середовище для аналізу польових геофізичних, сейсмічних, каротажних, свердловинних, промислових та геодезичних даних, а також результатів гідродинамічного моделювання та контролю за розробкою. Фактично база даних геологічної моделі є центральною ланкою всього процесу побудови моделі. Вихідні дані завжди мають обмежену достовірність та можуть коригуватися на всіх етапах побудови моделі. Абсолютні позначки перетинів пластів можуть змінюватися на ± 10 метрів від спочатку встановлених, координат також вони можуть змінюватися в середньому на ± 150 метрів. Основні помилки або низька достовірність структурних побудов при моделюванні пов'язана як із сейсмічними даними, так і з похибками інклінометрії.

Помилки в результатах інтерпретації ГІС, що є основним джерелом кількісної інформації при заповненні тривимірних сіток, викликаються порушеннями технології первинного аналізу розрізу свердловин, недостатнім об'ємом випробувань або їх низькою достовірністю при великих інтервалах випробувань, низьким ступенем достовірності кернових досліджень, малою кількістю спеціальних комплексних досліджень. Суперечності між даними інтерпретації ГІС, результатами випробування та даними видобутку можна оцінити тільки в практично готовій геологічній моделі або на етапі її адаптації до історії розробки після ре масштабування.

За результатами моделювання великої кількості родовищ встановлено, що підсумкова база вихідних даних геологічної моделі може бути створена і структурована лише на останніх етапах побудови геолого-технологічної моделі, коли будуть усунуті всі протиріччя та всі різномірні дані будуть узгоджені між собою. Управління даними при моделюванні великих родовищ з великою кількістю свердловин та підрахованих об'єктів ускладняється необхідністю:

- 1) взаємного узгодження даних із різних джерел, формування початкових

інформаційних масивів – ув'язування фонду свердловин з даними ГІС, інклінометрії, промисловими даними, сейсмічними даними;

2) переробки та оцінки якості первинних даних, зважаючи на постійний, але нерівномірний за обсягом інформаційний потік первинних даних;

3) постійного коригування даних на різних етапах побудови моделі;

4) безперервного оновлення інформації та контролю за її якістю.

Збір та підготовка даних. Найтриваліший етап: може зайняти від 10% до 40% часу всього процесу знаходження нового геологічного знання. Першим найважливішим завданням виконання роботи зі створення 3Д геологічної моделі є створення повної несуперечливої, перевіреної фахівцями на наявність помилок бази вихідних даних.

Оцінювання даних. Вхідні дані можуть спочатку перебувати в одній базі або кількох. Перед завантаженням даних у базу даних геологічної моделі необхідно врахувати, що різні джерела даних можуть бути спроектовані під певні завдання та, відповідно, виникають проблеми, пов'язані з об'єднанням даних: різні формати представлення числових даних; різне кодування даних; різні способи зберігання даних; різні одиниці виміру, а також частота збору даних та дата останнього оновлення. Складність прив'язки даних до однойменних свердловин полягає в тому, що в різних підрозділах існують свої особливості ідентифікації даних і свердловин і, часто, вони суттєво відрізняються. Як правило, у проекті фігурує кілька однойменних свердловин. Наприклад, на Стремигородському родовищі фігурує більше тисячі пар свердловин, які мають двійники з такою ж числовою складовою, назви свердловини.

Перегляд усієї інформації щодо проекту в процесі підготовки вихідних даних необхідний для оцінки стану всього проекту. Образ мислення фахівців геологічних, маркшейдерських, гірничих і геофізичних спеціальностей спрямовано оцінку даних більшою мірою у образному і графічному вигляді, ніж у числовому чи табличному. У зв'язку з цим, образному та графічному уявленню будь-якої інформації в програмних комплексах, призначених для моделювання, особливо в DV-Geo, приділено найпильнішу увагу. *Перехід від числового представлення даних до образного мінімізовано технологічно за допомогою спеціальних алгоритмів.*

Об'єднання та чищення даних. На цьому етапі відбувається побудова бази даних геологічної моделі (БД) для подальшої обробки. Корекція відбувається на основі здорового глузду, використання правил та/або із залученням експерта, який добре знає предметну область. Запис у базі даних, у якій є помилка, має бути виправлено або, у спірних випадках, виключено з подальшого розгляду. Коригування та зміни даних проводяться безперервно, збільшення кількості ітерацій викликано неминучою появою в ході проекту нової інформації, що серйозно впливає як на геологічне уявлення про родовище, так і на методики, що використовуються при побудові моделі. Формування даних різні структуровані таблиці або масиви, підготовлені для різних етапів моделювання, є важливим технологічним елементом, що дозволяє скоротити час виконання окремого етапу. З БД необхідно не просто вивантажувати і надавати користувачеві дані, що зберігаються, а надавати спеціально підготовлені і відкориговані для використання на цьому етапі робіт і в певних форматах конкретних прикладних пакетів.

База даних геологічних моделей великих родовищ має забезпечувати можливість додаткових функцій, що пов'язані з розрахунковими процедурами. Такі функції необхідні для розвантаження груп фахівців від рутинних операцій. По можливості програмне забезпечення, що підтримує БД, має забезпечувати проведення деяких процедур процесу моделювання та геометризації.

Оперативний обмін даними між учасниками проекту повинен забезпечувати швидку передачу даних по всьому технологічному ланцюжку. Ситуація, коли треба в найкоротші терміни переробити якийсь етап робіт з урахуванням нової інформації, досить типова, тому зберігання проміжної інформації та відомостей про джерела її отримання – обов'язкова умова ведення проекту. За досвідом моделювання таких великих родовищ стало очевидним, що БД повинна забезпечувати можливість широкого використання на будь-якому робочому місці по всьому ланцюжку технологічного процесу. Всі дані в БД геологічної моделі можна розділити за дисциплінарним рівнем та способами використання даних. Мультидисциплінарні дані забезпечують інтеграцію всієї інформації в геологічній моделі, розділи даних показано на рисунку 3.1.

База даних проекту			
Завантаження та обмін даними	Контроль версій та даних	Модель об'єкту	Список об'єктів
Інтерактивні інструменти візуалізації			
Простір 3-D	Переріз простору 3-D	Простір 2-D	Динамічний профіль
Візуалізація графіків	Підготовка для друку	Динамічні фільтри	План багатofакторного аналізу
Базові модулі			
Кореляція ГІС	Обробка ГІС та керну	Структурне моделювання	Побудова карт
Літологічне моделювання	Геологічне моделювання	Статистичне дослідження даних	Підрахунок об'ємів
Визначення запасів	Стохастичне моделювання	Об'єктне моделювання	Багатоточкова геостатистика
ГІС контроль	Модулі інтеграції		
Базові алгоритми			
Кригінг	Автоматична кореляція інтервалів ГІС	Алгоритм узгодження з принциповою моделлю	Інтерполяція методом зворотних відстаней
Сплайнова інтерполяція	Послідовна гаусова симуляція	Алгоритми адаптації	Послідовне індикаторне моделювання

Рисунок 3.1. – Структура даних геологічної моделі

Оцінювати повноту міждисциплінарних даних є малоперспективним, оскільки повного набору немає в жодному проекті. Для технології моделювання важливо, щоб

у вихідній інформації в тому чи іншому обсязі були всі види даних за способами використання: прямі апріорні (безальтернативні та альтернативні) дані – для підготовки інформаційних числових масивів для 3D моделювання; проміжні дані – для аналізу та інтерпретації з метою отримання нових даних для геологічного моделювання та геометризації; технологічні дані – для ухвалення рішення про характеристики та розміри області побудови моделі, про технологію моделювання та використання алгоритмів стохастичного або детермінованого моделювання; верифікаційні дані – для перевірки достовірності підсумкової геологічної моделі чи результатів проміжних етапів моделювання; концептуальні геологічні та настановні дані-вимоги до геологічної моделі та загальноприйняті угоди та правила.

Для зберігання та управління даними була створена система на основі розробленої схеми потоків даних, адаптованої до всіх етапів побудови моделі. Основна ідея організації потоків даних полягає в концентрації не лише вихідних, а й проміжних даних у єдиній базі даних. Передача всіх даних відбувається направленням інформаційних потоків від виконавця попереднього етапу до виконавця наступного лише через єдиний інформаційний центр.

Крім стандартних завдань формування та підготовки інформаційних масивів для чергового етапу, БД пов'язана з окремими функціями прикладних пакетів більшою мірою спрямованих на графічну та образну візуалізацію геолого-геофізичних та промислових даних. Така система зберігання, оцінки та управління даними створена на основі інтеграції загальнодоступної програми MS Access та DV-Geo. За результатами наших досліджень були сформульовані вимоги до БД, з яких основними є такі:

- у БД повинні надходити всі вихідні дані та всі вихідні дані з окремих етапів;
- має бути забезпечена максимальна простота використання без залучення програмістів;
- повинні бути автоматизовані стандартні операції переведення вихідних даних у форматів;
- склад вхідних та вихідних даних кожного етапу має регламентуватися;

- повинна бути забезпечена можливість візуалізації даних у графічному та образному вигляді;
- швидкість обробки даних та швидкість доступу повинні бути мінімізовані.

Для роботи з перетвореними з вихідної інформації табличними даними використовується MS Access. Кваліфікація та освітній рівень геологів, маркшейдерів та геофізиків дозволяє їм використовувати у своїй професійній діяльності цей продукт. Для зберігання перетворених з вихідної інформації не табличних даних використовується стандартна структура директорій, що знаходиться на сервері даних під керуванням Windows NT Server, що дозволяє розмежувати права користувачів доступу.

Так як MS Access є основним додатком при роботі з таблицями, DV-Geo – основний додаток для роботи з даними в графічному режимі. Створений у DV модуль експорту/імпорту дозволяє завантажувати стандартні файли з геолого-геофізичною інформацією (LAS, LIS, RGI, INK, CPS, FLT, GRD та ін.) та табличні дані зі стандартних таблиць MS Access.

Особливе місце під час роботи над створенням геологічної моделі займає контроль якості. Система контролю складається з комбінації методик та регламенту, обов'язкового для виконання всіма учасниками проекту, та технологій, що реалізують ці методики. Контроль якості здійснюється на всіх етапах проекту, але головним чином: на стадії підготовки до завантаження в спеціалізовані БД, на час вступу до загальної БД підсумкових або проміжних даних після конкретного етапу робіт, при завантаженні в програмний комплекс цифрового 3D моделювання.

Жоден програмний комплекс 3-х мірного моделювання неспроможний врахувати всі геологічні та фізичні закони. Але саме тривимірна модель призначена для того, щоб отримати правильне уявлення про будову родовища в будь-якому довільно вибраному перерізі. Отже, основна увага при моделюванні має приділятися коректності геологічних побудов та правильності розподілу.

База знань за будь-якого геологічного дослідження, підрахунку запасів, пошаровому моделюванні, побудові геологічних карт існувала раніше у вигляді звітів, описів методик, використовуваних рівнянь, критеріїв, алгоритмів.

Комп'ютерна геологічна модель та технологія її створення дала додаткові можливості, пов'язані з тим, що всі складові моделі, у тому числі й база знань, формуються та існують у єдиному інформаційному та обчислювальному середовищі та можуть бути доступні на всіх етапах роботи з моделлю. Особливістю комп'ютерної бази знань є наявність у ній технологій і методик, і навіть послідовності побудови моделі інтегрованої геолого-геофізичної інтерпретації.

База знань геологічної моделі представляється у вигляді двох етапів – технологічних знань і геолого-фізичних знань. Технологічні знання – це набір та послідовність операцій геолога, використання яких призводить до побудови цієї моделі. Геолого-фізичні знання – це коригування 3-вимірної моделі, які геолог або маркшейдер вносить або використовує в ручному або напівавтоматичному режимі при побудові цієї моделі. До технологічних знань відносяться: алгоритми та запити бази даних, петрофізичні моделі колектора, алгоритми обробки та інтерпретації даних ГІС, алгоритми розрахунку 3-х мірних сіток та карт, статистичні зв'язки між сейсмічними атрибутами та петрофізичними параметрами, оцінки точності та достовірності побудови 3D моделі.

До геолого-фізичних знань відносяться: принципові геологічні моделі, історія формування покладів у вигляді результатів палеотектонічного та седиментаційного аналізів, параметри геологічних тіл, виправлення результатів інтерпретації геофізичних методів при 3D узагальненні, об'ємні коригування 3D моделі. Можливість продовження роботи з моделлю визначається як наявністю вихідних і підсумкових даних, і знанням послідовності дій інтерпретатора-геолога чи маркшейдера, а й збереженням бази знань геологічної моделі, що містить принципові, часто суб'єктивні, уявлення геолога.

3.3. Геометризація Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Геометризація здійснювалась на основі даних, що представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – Данні по свердловинам

Лінія	x	y	SiO ₂	густина	міцність	пористість
1	72550	17900	55.7	2615	91.5	5.1
2	72600	17900	57.6	2645	94	4.5
	72600	17800	56.9	2640	93	4.8
3	72700	17900	62.3	2690	132	2
	72700	17800	61.9	2670	130	2.4
	72700	17700	63.1	2750	152	1.5
	72700	17600	62.5	2685	133	2
4	72800	17900	62.4	2685	132	2.6
	72800	17800	62	2670	130	2.6
	72800	17700	62.2	2680	132	2.7
	72800	17600	63.1	2750	144	1.5
5	72900	18000	62	2670	130	2.4
	72900	17900	64	2780	160	0.8
	72900	17800	63.6	2760	158	1.5
	72900	17700	64.3	2795	168	0.8
	72900	17600	64.8	2850	169	0.7
6	73000	18000	63.1	2750	145	1.6
	73000	17900	63.4	2770	146	1.1
	73000	17800	63.8	2770	158	1
	73000	17700	64.7	2840	168.8	0.7
	73000	17600	65.2	2910	174.5	0.4
7	73100	18000	62.9	2690	140	1.7
	73100	17900	63.2	2755	154	1.6
	73100	17800	63.5	2760	149	1.6
	73100	17700	63.9	2775	160	0.9
	73100	17600	65.8	2940	176.8	0.4
8	73200	18100	62.8	2690	140	2.6
	73200	18000	63.1	2740	145	1.5
	73200	17900	63.4	2775	150	1.3
	73200	17800	63.7	2775	158	1
	73200	17700	65.2	2900	172	0.4
9	73300	17900	63	2770	150	1.5
	73300	17800	64.2	2780	168	0.9

Першим етапом геометризації покладу Іванівського родовища гранітів та мігматитів був аналіз даних на наявність грубих помилок. В результаті досліджень одержали табл. 3.3, що характеризує відсутність грубих помилок в межах кожної з ліній, що досліджувалась.

Таблиця 3.3. – Данні по свердловинам

Лінія	X, м	Y, м	SiO ₂	густина, кг/м ³	міцність, МПа	Пористість, %
1	72550	17900	55.7	2615	91.5	5.1
2	72600	17900	57.6	2645	94	4.5
	72600	17800	56.9	2640	93	4.8
3	72700	17900	62.3	2690	132	2
	72700	17800	61.9	2670	130	2.4
	72700	17700	63.1	2750	152	1.5
	72700	17600	62.5	2685	133	2
4	72800	17900	62.4	2685	132	2.6
	72800	17800	62	2670	130	2.6
	72800	17700	62.2	2680	132	2.7
	72800	17600	63.1	2750	144	1.5
5	72900	18000	62	2670	130	2.4
	72900	17900	64	2780	160	0.8
	72900	17800	63.6	2760	158	1.5
	72900	17700	64.3	2795	168	0.8
	72900	17600	64.8	2850	169	0.7
6	73000	18000	63.1	2750	145	1.6
	73000	17900	63.4	2770	146	1.1
	73000	17800	63.8	2770	158	1
	73000	17700	64.7	2840	168.8	0.7
	73000	17600	65.2	2910	174.5	0.4
7	73100	18000	62.9	2690	140	1.7
	73100	17900	63.2	2755	154	1.6
	73100	17800	63.5	2760	149	1.6
	73100	17700	63.9	2775	160	0.9
	73100	17600	65.8	2940	176.8	0.4
8	73200	18100	62.8	2690	140	2.6
	73200	18000	63.1	2740	145	1.5
	73200	17900	63.4	2775	150	1.3
	73200	17800	63.7	2775	158	1
	73200	17700	65.2	2900	172	0.4
9	73300	17900	63	2770	150	1.5
	73300	17800	64.2	2780	168	0.9

Другим етапом було дослідження статистичних характеристик основних показників, що характеризують параметри гранітів та мігматитів Іванівського родовища.

Спочатку було одержано основні статистичні характеристики (табл.3.4).

Таблиця 3.4. – Основні статистичні параметри

параметри	SiO ₂	густина	міцність	пористість
min	55.7	2615	91.5	0.4
середнє	62.8	2749.2	145.6	1.8
max	65.8	2940	176.8	5.1
СКВ	2.2	77.9	22.0	1.2
медіана	63.1	2755	149	1.5
асиметрія	-1.999	0.612	-1.022	1.481
Δх	2.02	65	17.06	0.94

Потім одержали частоти розподілів параметрів по визначених проміжках з інтервалом Δх (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. – Гістограми частот

	SiO ₂	частоти	густина	частоти	міцність	частоти	пористість	частоти
1	57.72	3	2680	7	108.56	3	1.34	13
2	59.74	0	2745	6	125.62	0	2.28	1
3	61.76	0	2810	15	142.68	9	3.22	6
4	63.78	20	2875	2	159.74	12	4.16	0
5	65.8	9	2940	3	176.8	9	5.1	2

Третім етапом геометризації Іванівського родовища гранітів та мігматитів було дослідження кореляційного зв'язку між основними показниками гранітів та мігматитів для всього родовища. Результати кореляційного аналізу наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. – Кореляційна таблиця для всього покладу

	SiO ₂	густина	міцність	пористість
SiO ₂	1	0.81	0.96	-0.97
густина	0.81	1	0.89	-0.85
міцність	0.96	0.89	1	-0.97
пористість	-0.97	-0.85	-0.97	1

Аналіз кореляційної таблиці для всього покладу гранітів та мігматитів Іванівського родовища показав наявність сильного кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції від 0,81 до 0,97) між всіма основними показниками. Побудовані графічні залежності, що представлені на рис.3.2 -3.7.

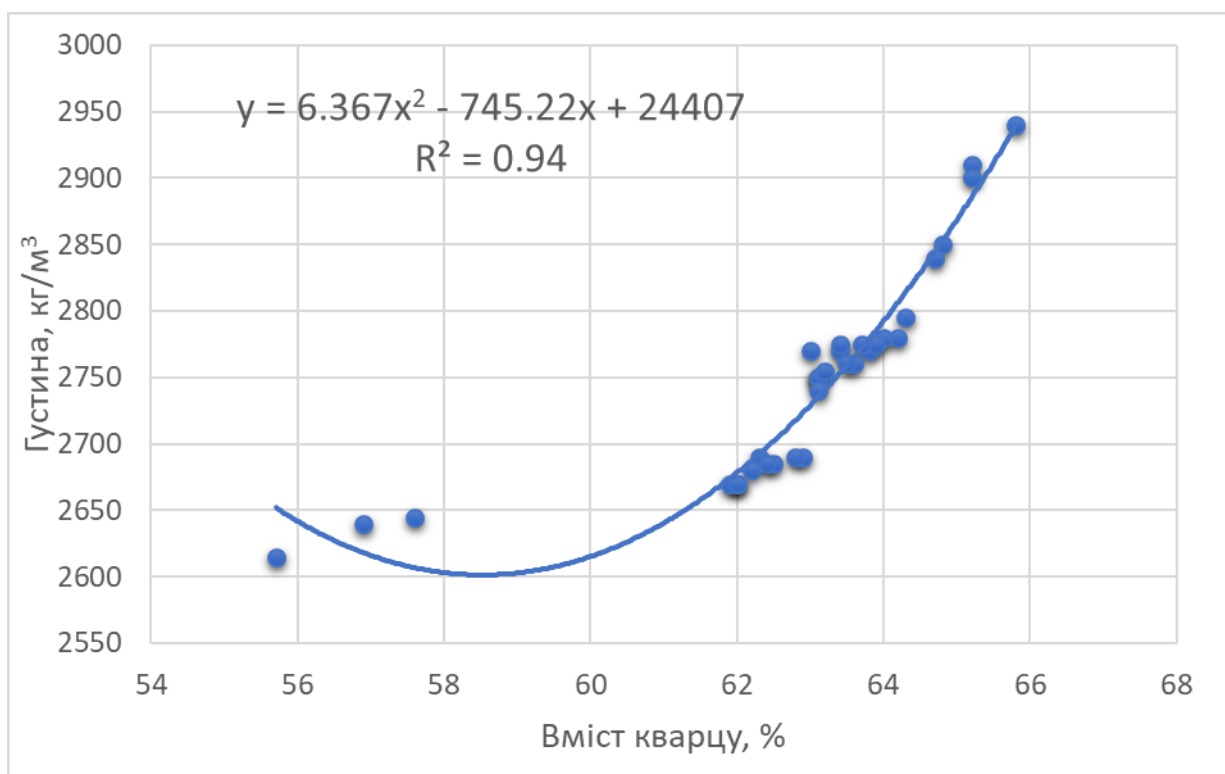


Рисунок 3.2. – Графічна залежність між густиною та вмістом кварцу для Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між густиною та вмістом кварцу для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = 6.367x^2 - 745.22x + 24407 \quad (3.1)$$

$$R^2 = 0.94$$

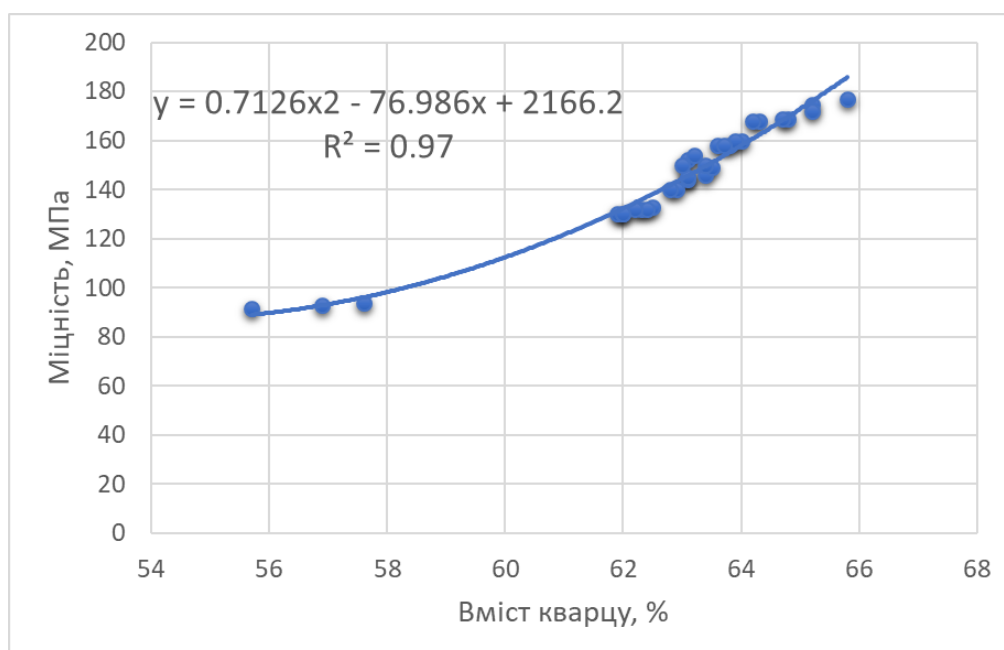


Рисунок 3.3. – Графічна залежність між міцністю породи на стиск та вмістом кварцу для Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між міцністю породи на стиск та вмістом кварцу для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = 0.7126x^2 - 76.986x + 2166.2 \quad (3.2)$$

$$R^2 = 0.97$$

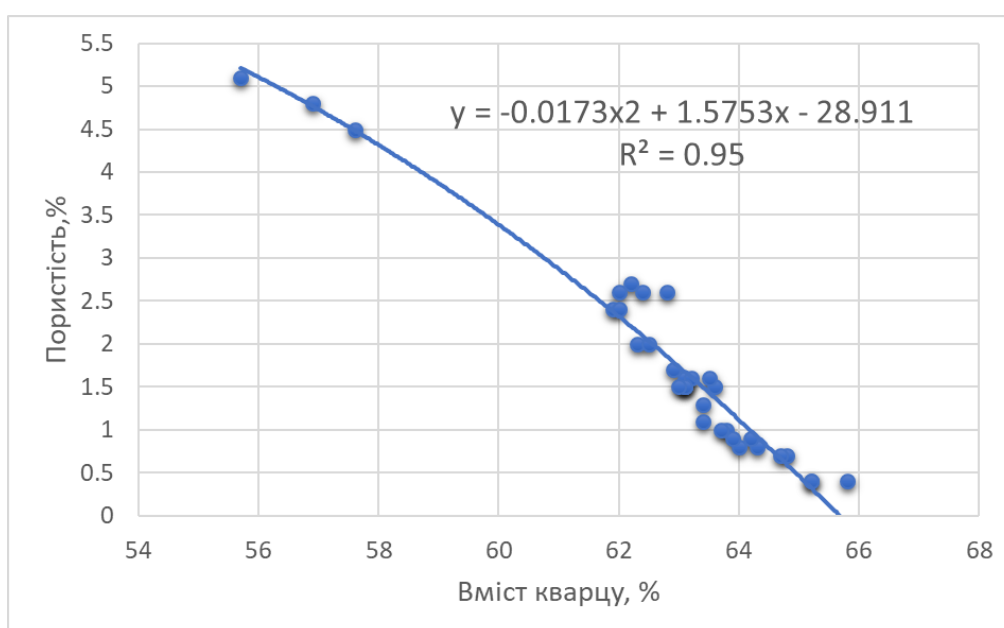


Рисунок 3.4. – Графічна залежність між пористістю та вмістом кварцу Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між густиною та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = -0.0173x^2 + 1.5753x - 28.911$$

$$R^2 = 0.95$$
(3.3)

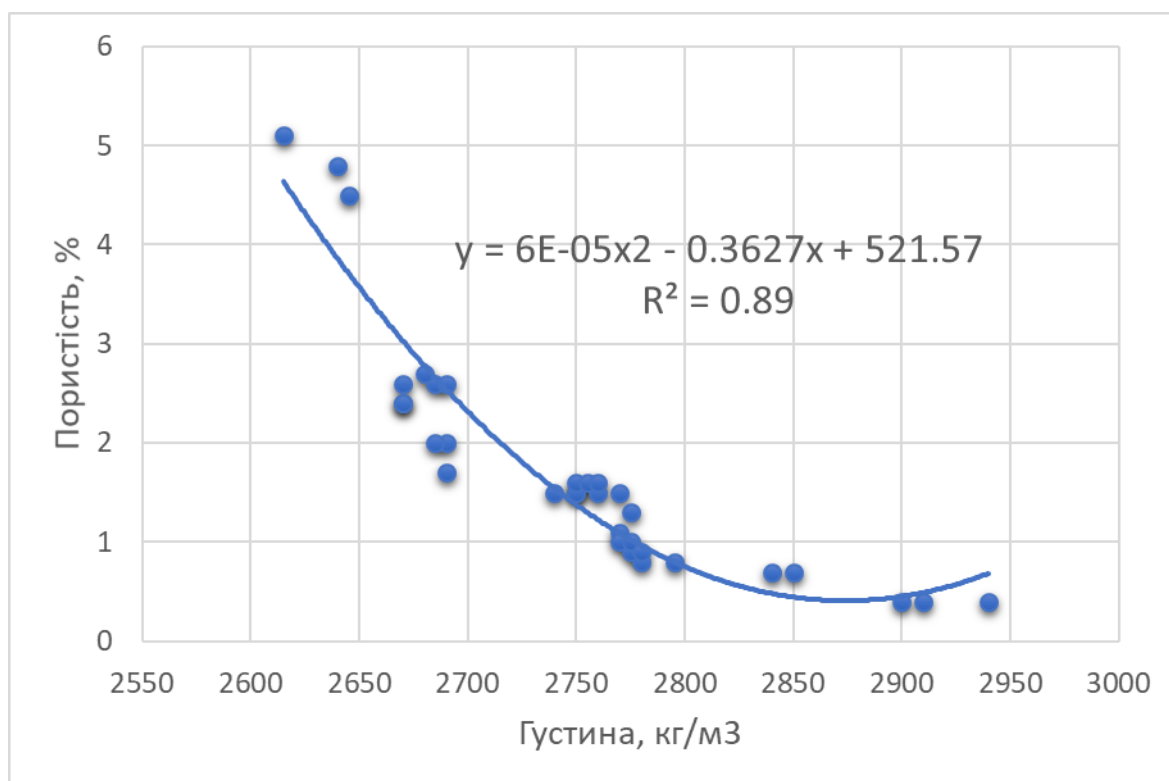


Рисунок 3.5. – Графічна залежність між пористістю та густиною для Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між густиною та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = 6 \cdot 10^{-0,5}x^2 - 0.3627x + 521.57$$

$$R^2 = 0.89$$
(3.4)

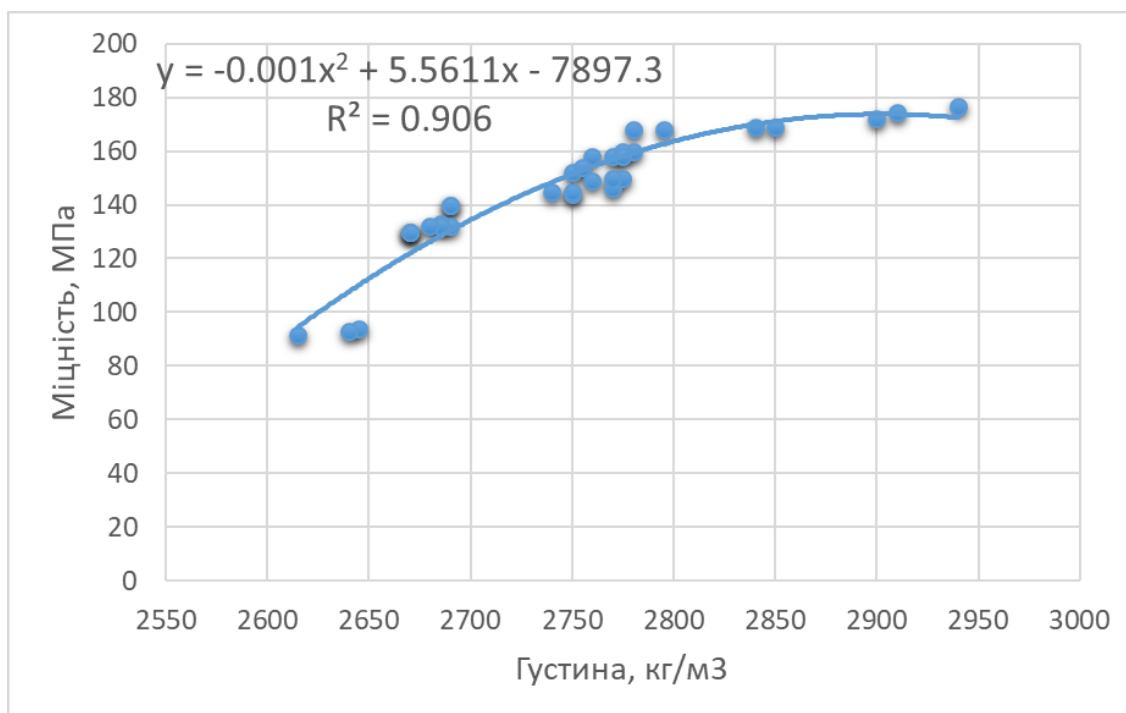


Рисунок 3.6. – Графічна залежність між міцністю та густиною для Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між густиною та міцністю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = -0.001x^2 + 5.5611x - 7897.3$$

$$R^2 = 0.906 \quad (3.5)$$

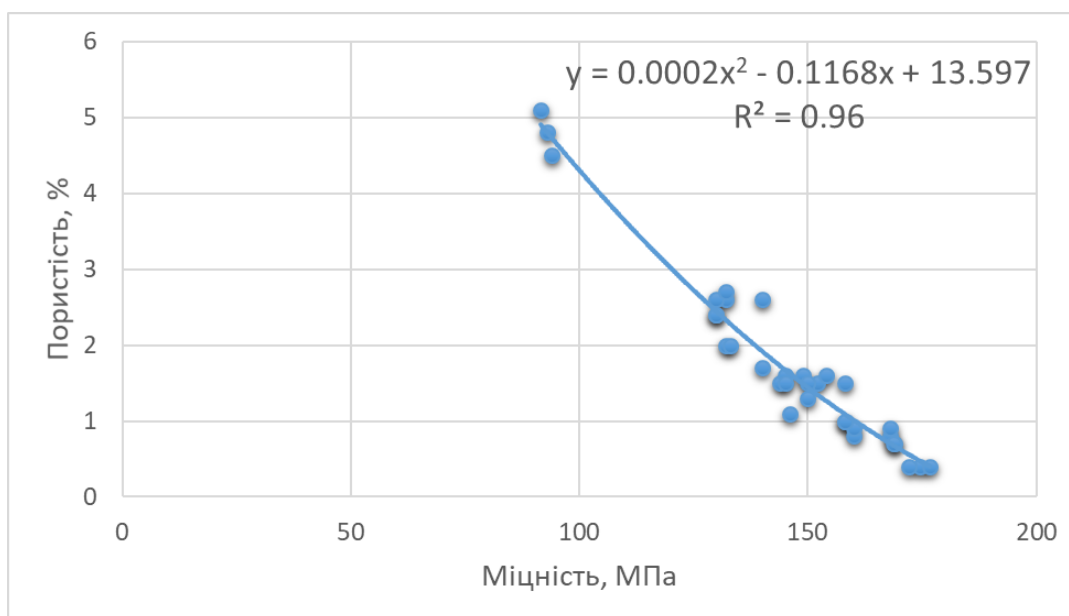


Рисунок 3.7. – Графічна залежність між міцністю та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів

Аналітично одержану залежність між міцністю та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів можна представити у вигляді поліному 2 порядку.

$$y = 0.0002x^2 - 0.1168x + 13.597$$

$$R^2 = 0.96$$
(3.6)

За результатами виконаних досліджень було виконано геометризацію та одержано моделі покладу Іванівського родовища гранітів та мігматитів за такими показниками: відсотковий вміст SiO_2 , пористість, густина та міцність (рис.3.8 -3.11).

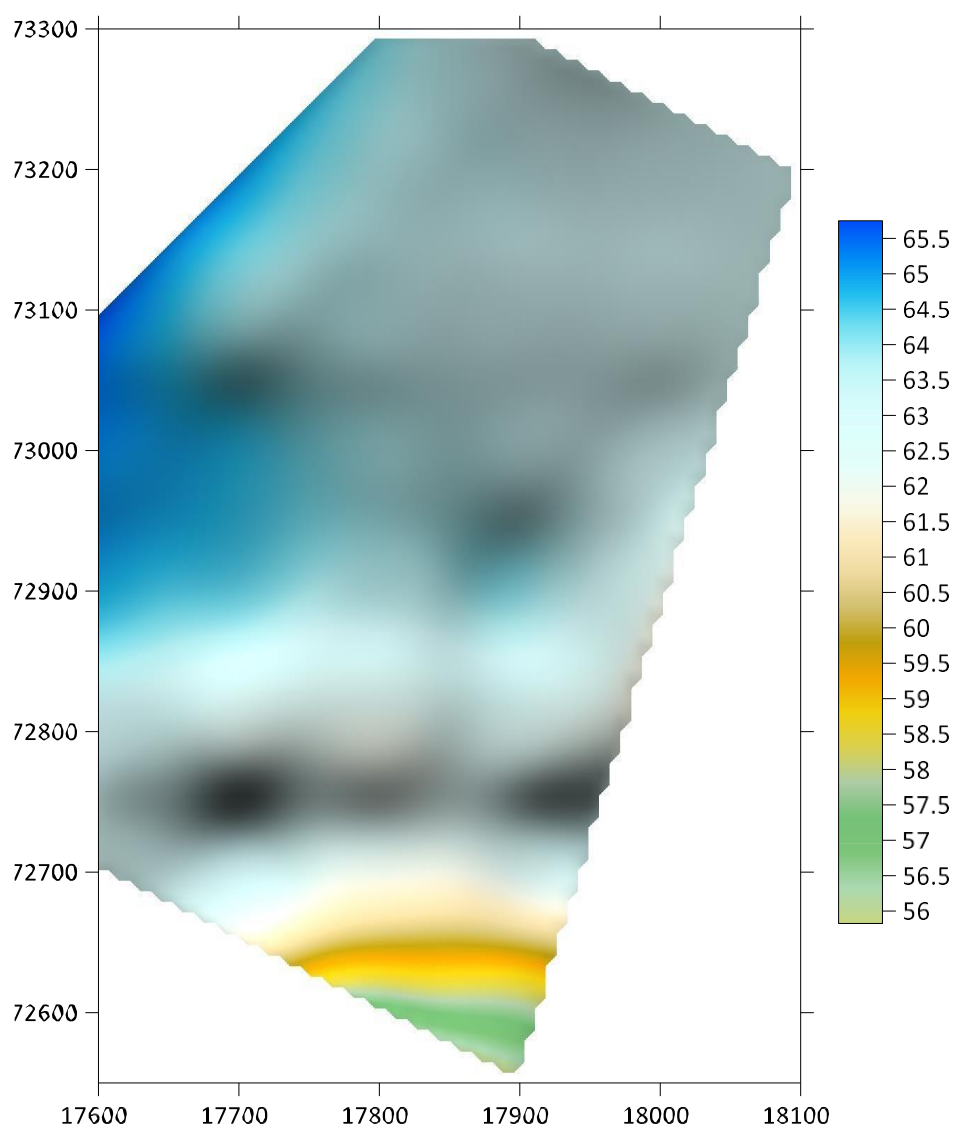


*Рисунок 3.8. – Гірничо-геометрична модель зміни вмісту кварцу
в межах родовища, %*

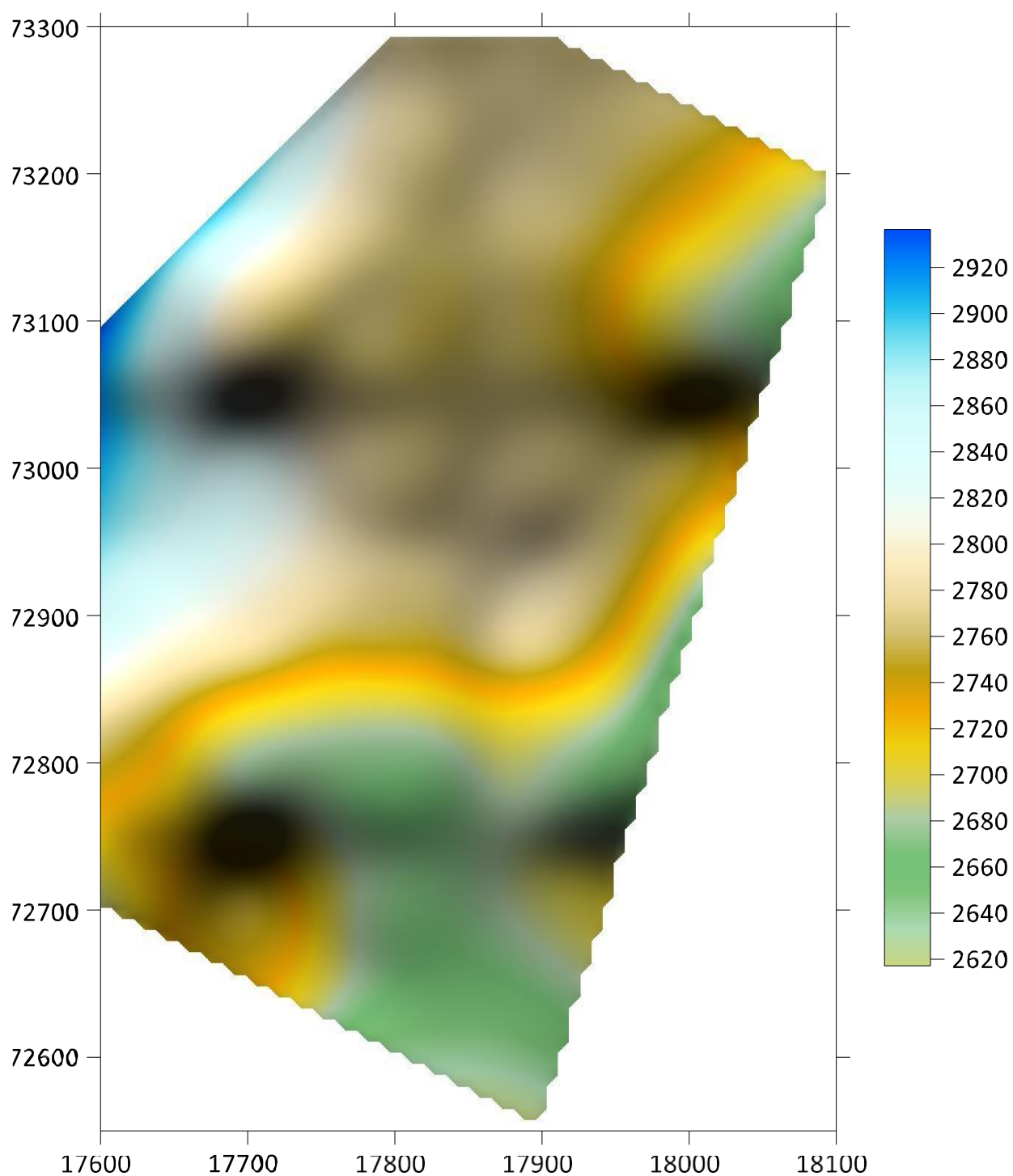


*Рисунок 3.9. – Гірничо-геометрична модель зміни густини породи
в межах родовища, кг/м³.*

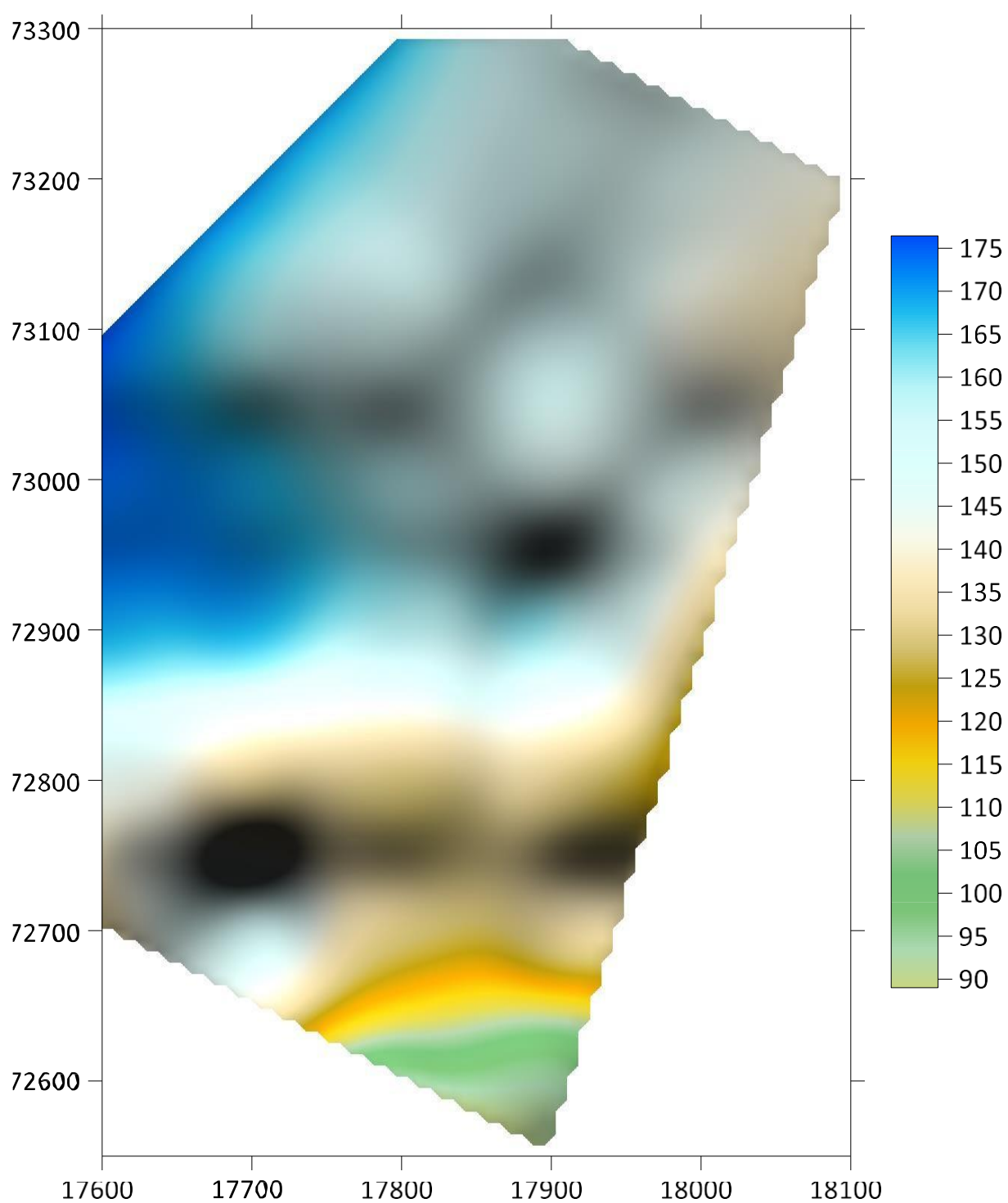


*Рисунок 3.10. – Гірничо-геометрична модель зміни міцності на стиск
в межах родовища, МПа.*

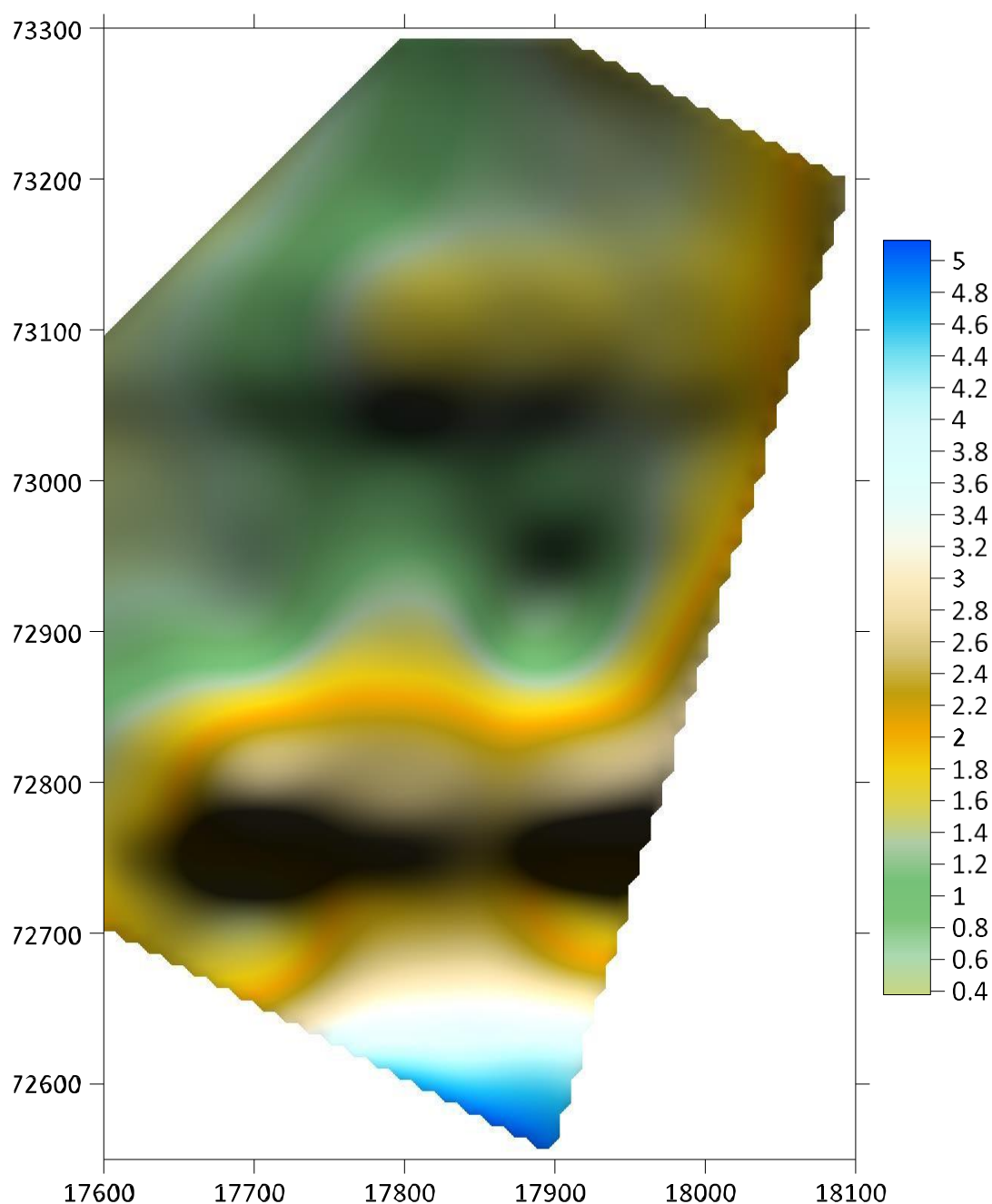


*Рисунок 3.11 – Гірничо-геометрична модель зміни пористості
в межах родовища, %.*

На основі аналізу одержаних гірничо-геометричних моделей можна зробити висновок, що найбільш якісна сировина в центральній частині родовища, а найменш якісна – в південній.

Висновки до третього розділу

1. В ході роботи було досліджено Іванівське родовище гранітів та мігматитів та здійснено його геометризацию.

2. Показано, що лише у процесі створення 3D геологічної моделі можна сформулювати несуперечливу базу вихідних та підсумкових даних та відкоригувати результати інтерпретації геофізичних та промислових методів.

3. Показано, що для побудови геологічних моделей родовищ, що розробляються, з великою кількістю експлуатаційних свердловин доцільно створювати спеціалізовані вибірки свердловин для побудови структурних карт і розрахунку основних параметрів.

4. Визначено критерії вибору свердловин для побудови 3D моделей.

5. Показано, що, використовуючи статичну геологічну цифрову модель, можна попередньо оцінити видобувні параметри.

6. Аналіз кореляційної таблиці для всього покладу гранітів та мігматитів Іванівського родовища показав наявність сильного кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції від 0,81 до 0,97) між всіма основними показниками. Побудовані відповідні графічні залежності.

7. Одержані аналітичні залежності між густиною та вмістом кварцу, між міцністю породи на стиск та вмістом кварцу, між густиною та пористістю, між густиною та міцністю та між міцністю та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів у вигляді поліномів 2 порядку.

8. На основі аналізу одержаних гірничо-геометричних моделей можна зробити висновок, що найбільш якісна сировина в центральній частині родовища, а найменш якісна – в південній.

9. Одержані моделі характеризують зміни властивостей порід в межах родовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених закономірностей здійснено дослідження просторового розподілу корисних компонентів в межах ПАТ «Іванівський спеціалізований кар'єр».

Виконані дослідження дали змогу отримати такі наукові висновки та рекомендації:

1. Багатомірні методи обробки інформації є надзвичайно потужними, оскільки дозволяють працювати з великою кількістю складових величин. Вони необхідні у випадках, коли потрібно працювати із складними комбінаціями діючих факторів, які неможливо дослідити окремо один від одного.

2. Для вибору правильного інструмента програмного забезпечення доречно виконати тренд-аналіз і, залежно від постановки задачі, зосередитись на одному з двох питань: визначення регіональної складової (тенденції або тренда) у зміні признаку, або виділення локальної складової (пошук позитивних і негативних аномалій).

3. Необхідність відволіктися від конкретних, випадкових коливань вимірюваної ознаки, розрізняючи тільки природну складову – тенденцію, обґрунтовує застосування одного з методів, заснованих на згладжуванні спостережуваних значень.

4. В роботі визначені та обґрунтовані оптимальні методи згладжування спостережуваних значень, а саме:

- згладжування числових полів методами плавного середнього;
- наближення числових полів алгебраїчними многочленами (Фур'є-аналіз);
- наближення числових полів гармоніками;
- наближення числових полів сплайнами.

5. Корисна копалина (порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити) Іванівського родовища відповідає вимогам ГОСТ 23845-86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ»;

6. Незмінені вивітрюванням граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва щебеню марок 800-1400 за міцністю, переважає 1000, Ст-I-Ст-IV за стиранністю, переважає Ст-II, F-25-F-50 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт»;

7. Порушені вивітрюванням граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва щебеню марки 800 за міцністю, Ст-II за стиранністю, F-25 за морозостійкістю відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт»;

8. Порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити Іванівського родовища придатні для виробництва бутового каменю марки 400-1200 за міцністю, F-25-F50 за морозостійкістю, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови».

9. Піски з відсівів дроблення гранітів і мігматитів Іванівського родовища відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови» придатні для дорожнього будівництва.

10. Порушені вивітрюванням та незмінені граніти і мігматити Іванівського родовища за вмістом сумарної питомої активності радіонуклідів віднесені до 1 класу з радіоактивності відповідно до НРБУ-97 «Норми радіаційної безпеки України», ДБН В.1.4-1.01-97 «Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні» та «Вимог до оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини» і придатні для всіх видів будівництва без обмежень.

11. В ході роботи було досліджено Іванівське родовище гранітів та мігматитів та здійснено його геометризацію

12. Показано, що лише у процесі створення 3D геологічної моделі можна сформулювати несуперечливу базу вихідних та підсумкових даних та відкоригувати результати інтерпретації геофізичних та промислових методів.

13. Показано, що для побудови геологічних моделей родовищ, що розробляються, з великою кількістю експлуатаційних свердловин доцільно створювати спеціалізовані вибірки свердловин для побудови структурних карт і розрахунку основних параметрів.

14. Визначено критерії вибору свердловин для побудови 3D моделей.

15. Показано, що, використовуючи статичну геологічну цифрову модель, можна попередньо оцінити видобувні параметри .

16. Аналіз кореляційної таблиці для всього покладу гранітів та мігматитів Іванівського родовища показав наявність сильного кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції від 0,81 до 0,97) між всіма основними показниками. Побудовані відповідні графічні залежності

17. Одержані аналітичні залежності між густиною та вмістом кварцу, між міцністю породи на стиск та вмістом кварцу, між густиною та пористістю, між густиною та міцністю, між густиною та пористістю, між густиною та міцністю та між міцністю та пористістю для Іванівського родовища гранітів та мігматитів у вигляді поліномів 2 порядку.

18. На основі аналізу одержаних гірничо-геометричних моделей можна зробити висновок, що найбільш якісна сировина в центральній частині родовища, а найменш якісна – в південній.

19. Одержані моделі характеризують динаміку властивостей порід в межах родовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мінеральні ресурси України. <http://minerals-ua.info/>
2. Мінеральні ресурси України. Щорічник// ДНВП «Геоінформ України», 2018. – с. 269.
3. <https://bigbud.kmu.gov.ua/>
4. <https://profbuid.in.ua/uk/stati-2/1806-shchebin-rinok-problemi-transportuvannya-ta-perspektivi-galuzi>
5. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>.
6. Аналіз ринку щебеню в Україні та країнах ближнього зарубіжжя. ProConsultsng Аналітика ринків. Фінансовий консалтинг. <https://proconsulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-shebnya-v-ukraine-i-stranah-blizhnego-zarubezhya-2018-god>
7. Гірничий Закон України;
8. «Кодекс цивільного захисту України» ВВР №34-35, 2013 р.;
9. Кодекс України про надра;
10. ДСТУ Б.В 2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».
11. ДСТУ Б В.2.7-241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови».
12. ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови».
13. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Бетони важкі. Технічні умови.
14. Бакка М.Т. Видобування природного каменю: Ч.1. Геолого-промислова і технологічна оцінка родовищ природного каменю: навчальний посібник/ М. Т. Бакка, О. Х. Кузьменко, Л. С. Сачков. – К.: ІСДО, 1993. – 352 с.
15. Іськов С.С. Геометризація якісних показників покладів гранітоїдних і габроїдних декоративних каменів: дис. канд. техн. наук/ Іськов Сергій Станіславович. – Житомир, 2008. – 203 с.
16. Бурштинська Х.В. Колокація з умовами у цифровому моделюванні рельєфу // Геодезія, картографія і аерофотознімання. -2002. - Вип. 62. - С. 103-110.

17. Сербенюк С.Н., Кошель С.М., Мусин О.Р. Методы моделирования геополей по данным в нерегулярно расположенных точках // Геод. и картогр. - 1990. - № 11. - С. 31 -35.

18. Burshtynska Kh., Zajac A. Application id differential splines for relief simulation // ISPRS Commission IV Symposium of geospatial theory, processing and application, 8-12 July 2002. Ottawa (Canady). - P. 509514.

19. Система обробки та аналізу даних розвідки і формування тривимірних моделей родовищ корисних копалин / Г.І. Рудько, В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко // Геоінформатика. — 2010. — № 2. — С. 26-31. — Бібліогр.: 3 назв. — укр.

20. Криворучко А.О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища // А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов // Вісник Житомирського державного технологічного університету, Технічні науки. – 2012. – №4 (63). – С.190-202.

21. Шпакова Г.В. Шляхи і можливість переробки будівельних відходів в Україні / Г.В. Шпакова // Будівельне виробництво. – 2012. – № 54. – С. 22–25.

22. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine / V.V. Korobiichuk, O.M. Sidorov, R.V. Sobolevskyi, V.O. Shlapak, A.O. Kryvorushko // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – Житомир, 2017. – № 1 (79). – С. 182–190.

23. Lypez-Buendia, Angel M. Energy efficiency contribution of the natural stone: approach in processing and application / M. Angel Lypez-Buendia // Proceedings of global stone congress. – Alicante, 2010.

24. Криворучко А.О. Обґрунтування методики геометризації габроїдних порід на основі визначення та оцінки показників структури та декоративності: дис. канд. техн. наук: 05.15.01 / А.О. Криворучко. – Житомир, 2006. – 230 с.

25. Іськов С.С. Геометризація якісних показників покладів гранітоїдних і габроїдних декоративних каменів: дис. канд. техн. наук: 05.15.01 / С.С. Іськов. – Житомир, 2008. – 202 с.