

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 1</i>

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 05 вересня 2025 р. № 5

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**для виконання курсового проєкту**  
з навчальної дисципліни

**«ГІРНИЧА ГЕОМЕТРІЯ»**

для здобувачів вищої освіти освітнього  
ступеня «бакалавр» денної та заочної форми  
навчання спеціальності 184 «Гірництво»  
(G16 «Гірництво та нафтогазові технології»)  
факультет гірничої справи,  
природокористування та будівництва  
кафедра маркшейдерії

Розглянуто і рекомендовано  
на засіданні кафедри маркшейдерії  
протокол від «25» серпня 2025 р.  
№ 7

Розробник: старший викладач кафедри маркшейдерії Куницька М.С.

Житомир  
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 2</i>

Куницька М.С. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гірнична геометрія» для здобувачів вищої освіти освітнього рівня «бакалавр» денної та заочної форми навчання спеціальності 184 «Гірництво» (G16 «Гірництво та нафтогазові технології») освітньо-професійна програма «Гірництво». – Житомир: Житомирська політехніка, 2025. – 68 с.

Упорядники: Куницька Марина Сергіївна, старший викладач кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Відповідальний за випуск: Куницька Марина Сергіївна, старший викладач кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Рецензенти:

Зав. кафедри, кандидат технічних наук, доцент В.О. Шлапак (кафедра маркшейдерії, Житомирська політехніка)

Зав. кафедри, кандидат технічних наук, доцент С.І. Башинський (кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т, Житомирська політехніка);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 3</i>

## ВСТУП

Гірнична геометрія – це гірнична наука, яка являє собою сукупність знань про просторово-геометричні закономірності розміщення форм гірських порід і корисних копалин, умов їх залягання, фізико-хімічних і якісних властивостей і процесів, які відбуваються в надрах при їх розробці.

Гірничому інженеру-маркшейдеру, окрім зйомок гірничих виробок, та задання напрямів, постійно доводиться вирішувати низку важливих завдань, пов'язаних з раціональним і ефективним розвідуванням, будівництвом і розробкою родовищ корисних копалин.

Одним з основних завдань маркшейдера гірничого підприємства є виявлення і відображення просторових закономірностей відповідно до результатів спостережень за покладом. Вирішуються ці завдання переважно методами гірничої геометрії.

У методичних вказівках розглядаються питання геометризації, методи складання структурних і якісних планів, особливості геометризації різних типів родовищ корисних копалин.

Гірнична геометрія це одна із фундаментальних дисциплін маркшейдерської спеціальності, в результаті вивчення якої на основі знань дисциплін геологічного і гірничого циклу, основ проектування, теорії ймовірності, математичної статистики, фізики і інших дисциплін студент повинен оволодіти методами геометризації надр.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 4</i>

### Зміст та оформлення курсового проекту

Пояснювальну записку складають на окремих аркушах формату А4 (210 x 300 мм) і формують в наступній послідовності:

- титульний лист;
- завдання на проектування;
- зміст (зміст);
- текстова частина записки;
- список використаної літератури;
- додатки і комплект графічних матеріалів.

Пояснювальна записка містить наступні розділи:

Розділ 1. Загальна характеристика родовища

- 1.1. Загальні відомості про родовище
  - 1.1.1. Географічне положення
  - 1.1.2. Обсяги розвіданих запасів по категоріям
  - 1.1.3. Геологічна вивченість родовища
- 1.2. Гіпотези щодо формування покладу
- 1.3. Характеристика району розташування родовища
  - 1.3.1. Тектонічна структура району розташування родовища
  - 1.3.2. Географічне положення на місцевості
  - 1.3.3. Гідрогеологія
- 1.4. Загальна характеристика родовища
  - 1.4.1. Тип, властивості та потужність розкритих порід
  - 1.4.2. Властивості та тип корисної копалини
  - 1.4.3. Напрямки використання та вимоги до якості корисної копалини

копалини

- 1.5. Технологія розробки родовища

Розділ 2. Обґрунтування раціональних методів оцінки просторової мінливості показників якості родовища

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68/5

2.1. Оцінка відходів до геометризації якісних показників: оцінка форми та розмірів та їх впливу на ефективність видобування.

2.2. Характеристика методів інтерполяції даних про якість покладу.

2.3. Характеристика існуючих методів підрахунку запасів

2.4. Висновок

Розділ 3. Оцінка геоструктурних показників родовища

3.1. Оцінка форми розкривних порід, побудова мінливості потужності розкривного шару.

3.1.1. Визначення обсягів розкривних порід ділянки родовища

3.2. Оцінка форми покладу корисної копалини

Розділ 4. Оцінка просторової мінливості показників якості покладу.

4.1. Оцінка вимог до якості корисної копалини (ТУ, ДСТУ, ГОСТ, вимоги замовника). Характеристика значень показників якості для родовища.

4.2. Виділення контурів окремих сортів та визначення їх об'ємів.

4.3. Висновок

Висновок

Список використаної літератури

Додатки

Виклад текстової частини пояснювальної записки слід вести від першого або третьої особи множини в безособовій формі.

Записка повинна мати наскрізну нумерацію сторінок. кожна главу, розділ, пункт (підрозділ) в межах глави нумерують арабськими цифрами. На першому місці ставлять номер глави, потім через точку - номер розділу, потім через другу точку - номер пункту. Приклад: 3.1.2. Розрахунок середнього значення потужності покладу. Нумерацію рисунків, таблиць та формул виконують в межах кожної глави двома арабськими цифрами, розділеними крапкою. Перша цифра означає номер глави, друга - номер малюнка, таблиці або формули. Кожен малюнок і таблиця повинні мати свою назву.

### Характеристика змісту окремих розділів

Вступ, мета курсового проекту: дається коротка характеристика геометрії надр як наукової та практичної дисципліни, розглядаються

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 6</i>

поставлені в курсовому проєкті завдання, наводиться характеристика основних методів їх вирішення.

У короткій геологічній характеристиці району, басейну, родовища або покладу наводяться загальні відомості про родовищі і гірничому підприємстві: географічне положення, орографія, гідрографія, клімат, стратиграфія, літологія, гідрогеологія; розглядаються питання тектонічної порушеності, структури пластів і рудних тіл, умови залягання тіл корисної викопного і вміщає товщі порід, речового складу корисних копалин і його якості, а також дається характеристика виконаних робіт на досліджуваному геологічному об'єкті.

Коротка гірничо-технічна характеристика відпрацьовується місце народження. У цьому розділі курсового проєкту даються відомості про схему розтину і підготовки родовища, застосовуваної системі відпрацювання та її параметрах. Для застосовуваної системи відпрацювання при можливості вказують основні техніко-економічні показники, що використовується, обладнання та механізми, рівень втрат і зубожіння корисної копалини при видобутку.

Попередня обробка даних пов'язана з відбором основний і збором додаткової інформації, її вивченням, узагальненням і поданням у формі, зручній для аналізів і висновків. Вивчаючи літературні джерела, схеми, креслення тощо, слід ретельно стежити за оформленням виписок, щоб надалі можна було їх легко використовувати.

Попередня обробка даних складається з упорядкування, систематизації та математичної обробки вихідної інформації. Незважаючи на різноманіття родовищ, що характеризуються різними гірничо-геологічними умовами, рекомендується наступний порядок обробки інформації:

1. Виділення на площі родовища геологічно однорідних ділянок. Маркованими ознаками при цьому можуть служити морфологічні і генетичні особливості родовища, літологічний склад порід, що вміщують, тектонічна порушеність масиву. Визначення рівня розведаності і вивченості досліджуваних ділянок.

2. Перевірка однорідності статистичних вибірок на виділених ділянках. Визначення основних математико-статистичних характеристик на основі формул варіаційної статистики або апарату випадкових функцій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк681 / 7</i>

3. Кількісна і якісна оцінка мінливості ознак в межах ділянки, доцільність застосування тієї чи іншої моделі мінливості.

В кінці розділу на підставі попередньої обробки необхідно зробити висновок про вибір методики геометризації для вирішення поставлених завдань.

Примітка. У деяких курсових проектах даний розділ проектування може бути відсутнім у зв'язку з індивідуальним змістом конкретного курсового проекту.

Конкретна геометризація родовища (покладу, рудного тіла, ділянки, жили і т.п.).

### **Висновки про характер розміщення показників**

Практично всі геологічні показники покладу мають свою функцію просторового розміщення. Ми ж вивчаємо просторове розміщення показників за окремими випадковими значеннями, тобто в розвідувальних точках чи точках зйомки.

Значення функції розміщення показника між точками вимірювання, зазвичай, нам невідомі. Це зумовило в процесі проведення геометризації керуватися такими припущеннями:

- зміну показника між сусідніми точками вимірювання вважають прямолінійною;
- значення показника, визначеного лише в одній із суміжних точок, поширюється на середнину відстані між точками вимірювання (рис. 1).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 8

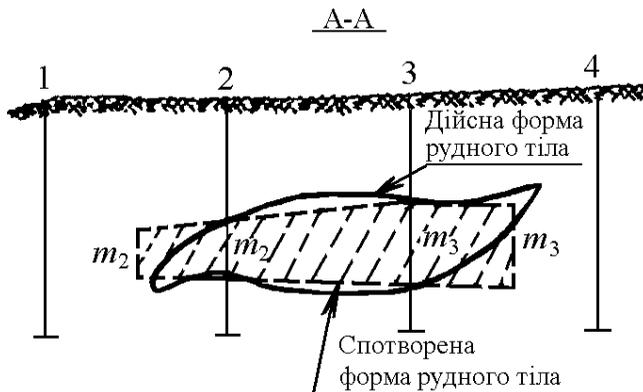


Рис. 1. Спотворення дійсної форми рудного тіла внаслідок лінійного поширення показників

Нехай нам відома дійсна форма рудного тіла (див. рис. 6.1). В перерізі *A-A* вона показана суцільною лінією. Внаслідок розвідки свердловинами №2 і №3 зафіксовано величини потужностей  $m_2$  і  $m_3$ . Враховуючи прийняті припущення, при побудові одержимо іншу форму рудного тіла, відмінну від дійсної (заштрихована частина на рис. 1).

При такому припущенні, крім технічних похибок визначення показників, ми допустили також так звану *похибку аналогії*. Вона є наслідком поширення значень виміряних величин показника на неосвітлену розвідкою частину покладу, яка знаходиться між точками вимірювання. Величина цих похибок залежить від багатьох чинників, про які мова йтиме далі.

### Про функцію розміщення показників

Будь-яка властивість  $P$  корисної копалини і гірських порід з точки зору розміщення її в надрах являє собою неявну функцію координат точки

$$P = f(x, y, z).$$

1)

Вказане положення не буде загальним, якщо його не пов'язати з часом  $t$ , оскільки реально ми маємо справу з процесом безперервних змін

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 9</i>

матерії з часом. Проте ці зміни для більшості родовищ настільки повільні, що їх можна не враховувати.

Уявити неявну функцію через складні умови і безліч чинників, які зумовлюють її характер (вигляд) не просто. Тому залишається єдиний вихід – зобразити дану функцію графічно за допомогою ізоліній, скориставшись окремими значеннями показника.

Використання методу ізоліній для вивчення і графічного зображення функцій типу (1) можливе в тому випадку, коли вона задовольняє умовам, відзначеним П.К. Соболевським: скінченності, однозначності, неперервності, плавності.

*Умова скінченності* означає, що для будь-якої точки значення  $z$  скінченне, тобто не може бути нескінченно великого значення  $z$  ні додатного, ні від'ємного.

*Умова однозначності* означає, що для заданих  $x$  і  $y$  третя координата має лише одне значення. Впливає це із основної властивості топографічної поверхні: перетинатися з прямою лінією або лінією, нормальною до площини проекції, лише в одній точці.

*Умова неперервності* вимагає, щоб нескінченно малому переміщенню точки в горизонтальній площині (приросту координат  $x$  і  $y$ ) відповідав нескінченно малий приріст функції (координати  $z$ ).

*Умова плавності* означає, що криві різних плоских перерізів поверхні (горизонталі, профільні лінії) мають бути плавними.

Перші дві умови очевидні і не потребують пояснень. Третю умову слід розуміти не як наявність суцільності показника у всіх точках. Наприклад, на розсипних родовищах золота, по суті, немає неперервності в розподілі металу, оскільки немає суцільного зливка, і частинки металу розпилені в усій масі золотовмісного піску.

Плавність функції є менш визначеним поняттям, ніж неперервність. При графічному зображенні функції плавність характеризується кривизною лінії, яка поступово змінюється, або поступовою зміною її ординат. Якщо сукупність спостережень дає можливість побудувати за ними в тому чи іншому інтервалі плавну криву, яка зображає досліджувану функцію, то спостереження можна вважати достатніми. Отже, велике практичне значення умови плавності полягає в тому, що вона визначає достатність спостережень.

### **Графічне зображення функцій показників**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 10

Оскільки аналітичний вигляд функції  $P = f(x, y, z)$  невідомий, то при вивченні родовищ графічне зображення функції (показника) за її частинними значеннями є найзручнішим і, головне, наочним способом її характеристики.

При цьому до графічного зображення пред'являються такі дві основні вимоги:

- можливість визначення функції за заданими її аргументами безпосередньо за кресленням (зручність вимірювання);
- наочне зображення зміни функції (наочність).

В окремих випадках функція  $P$  може набувати вигляду:

- однієї незалежної змінної  $y = f(x)$ ;
- двох незалежних змінних  $z = f(x, y)$ ;
- трьох незалежних змінних  $P = f(x, y, z)$ .

Для зображення функції  $y = f(x)$  в прямокутній системі координат будують ряд точок, які відповідають окремим значенням функції, і з'єднують їх плавною кривою. Одержують графічне зображення заданої функції (рис. 2).

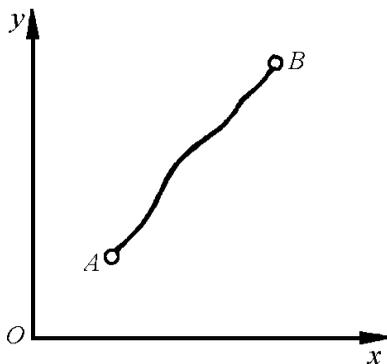


Рис. 2. Графічне зображення функції однієї змінної

Кривими такого типу зображуються: профіль вертикального перерізу поверхні по деякій лінії, лінія горизонтального перерізу поверхні, крива зміни показника в заданому напрямі.

Отже, функція однієї незалежної змінної зображається однією кривою лінією.

Житомирська політехніка	68	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
		Екземпляр № 1	Арк 1 / 11

Функція двох незалежних змінних  $z = f(x, y)$  характеризує поверхню тіл: форму покладів, зміну якісних показників у плоскому перерізі.

Якщо задатися рядом окремих значень функції  $z$ , що дорівнюють  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , то одержимо вирази:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= f_1(x, y), \\ a_2 &= f_2(x, y), \\ &\dots\dots\dots \\ a_n &= f_n(x, y), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

які можна переписати таким чином:

$$\left. \begin{aligned} y &= \varphi_1(x, a_1), \\ y &= \varphi_2(x, a_2), \\ &\dots\dots\dots \\ y &= \varphi_n(x, a_n). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Останні вирази являють собою сукупність функцій однієї незалежної змінної, кожна з яких графічно зобразиться однією кривою. Їх особливістю є те, що в усіх точках кожної кривої  $z$  дорівнює одному й тому ж значенню. На рис. 6.3 зображені функції виду (2) при  $z = a_1, z = a_2, z = a_3$  і  $z = a_4$ . Без сумніву видно, що тут ми маємо повну аналогію із зображенням топографічної поверхні.

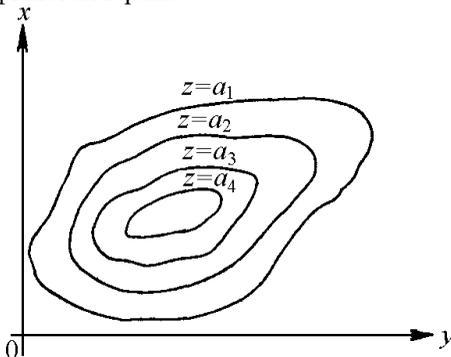


Рис. 3. Графічне зображення функції двох змінних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 12

Графічне зображення функції трьох незалежних змінних  $P = f(x, y, z)$  зводиться до одержання з неї низки функцій двох незалежних змінних, кожна з яких по аналогії з вищезазначеним зображається у вигляді топографічної поверхні.

П. К. Соболевський, розробляючи методика геометризації родовищ, звернув увагу ще на одну важливу обставину: з функціями вигляду  $y = f(x)$ ,  $z = f(x, y)$  і  $P = f(x, y, z)$ , можна виконувати будь-які математичні дії і від цього їх основні властивості (скінченність, однозначність, неперервність і плавність) не змінюються. Отже, після проведення з функціями тих або інших математичних дій їх знову можна графічно зображувати у вигляді кривих ліній або топографічних поверхонь.

### Геометризація структури родовища

Під *структурою масиву гірських порід* розуміють його будову, форму та розміри структурних блоків, порядок нашарування, тип контактів тощо. Тобто під *структурою тіла корисної копалини* слід розуміти просторове взаєморозташування окремих складових частин його геологічних елементів, які характеризуються відповідними показниками: елементами залягання, розмірами покладів, глибиною залягання, потужністю, морфологічним складом, формою покладів.

Кожний поклад має три лінійні виміри в просторі: довжину  $L$ , ширину  $l$  і товщу  $m$ . Залежно від співвідношення величин цих трьох вимірів в геології розрізняють три типи форм рудних тіл:

– ізометричні, які мають приблизно однакові всі розміри –  $L \approx l \approx m$ ;

– стовпоподібні, у яких один розмір значно більший, ніж два інших, наприклад, довжина велика, а ширина й потужність значно менші ( $L \gg l, m$ );

– плитоподібні, у яких два виміри (довжина й ширина) великі, а третій (потужність) значно менший ( $m \ll L \approx l$ );

– крім того, в природі зустрічаються і такі форми рудних тіл, які не підходять до жодного з перших трьох типів і виділяються в четвертий тип – *тіла складної форми*.

Незважаючи на різноманітність типів родовищ і умов, в яких вони знаходяться, для їх геометризації використовують метод розрізів і профілів, а також метод ізоліній. Теоретичні засади цих методів були розглянуті вище при розгляді графічного зображення функції показників. Внаслідок

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 13</i>

геометризації будують комплекти гірничо-геометричних графіків, які поділяють на структурні, що характеризують форму, будову рудних тіл і умови їх залягання, і якісні, що характеризують склад і якість корисних копалин та гірничо-геологічні умови. Сукупність цих графіків з певним наближенням дає уявлення про родовище в межах ділянки розвідки, шахтного поля чи поля розрізу, тобто є його графічною моделлю.

Залежно від типу родовища і виду корисної копалини необхідний комплект структурних і якісних планів, розрізів (перерізів) може бути різним.

Так, наприклад, для пластових вугільних родовищ, що розроблюються підземним способом, достатньо мати гіпсометричний план по кожного пласта.

Для лінзоподібних вугільних родовищ, крім гіпсометричного плану, необхідно складати план ізопотужностей покладу. Якщо такий поклад розроблюють відкритим способом, то до вказаних гірничо-геометричних графіків необхідно ще скласти план ізоглибин.

Всі рудні родовища і деякі родовища неметалевих корисних копалин, а також розсипні родовища потребують, крім названих типів графіків, складання ще якісних планів.

Розглянемо детальніше призначення та методику складання структурних і якісних графіків.

### **Система розрізів**

Структура будь-якої складності насамперед представляється системою її вертикальних і горизонтальних геологічних перерізів (розрізів) в характерних напрямках.

*Вертикальні геологічні розрізи* складають по кожній розвідувальній лінії. Складання розрізу починають з нанесення висотної сітки – системи горизонтальних паралельних ліній, профілю рельєфу земної поверхні по даному перерізу і виходів корисних копалин та маркуючих горизонтів. Потім, користуючись планом розташування свердловин, наносять устя і осі розвідувальних і гірничих виробок, які знаходяться в площині загального розрізу. По осях розвідувальних свердловин послідовно в масштабі наносять зустрінуті свердловиною гірничі породи, корисні копалини, тектонічні розриви тощо.

Потім відповідні точки, що належать одним і тим же породам, з'єднують прямими лініями. При цьому побудову розпочинають з шару, який має найбільшу кількість фактичних даних. Гірські породи в площині

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 14</i>

розрізу зображають відповідними умовними знаками і стандартами. На геологічні розрізи наносять контури і будову всіх літологічних різноманітностей, які попадають в площину розрізу.

На профілях будують лише необхідні контури земної поверхні і покладу. Цим вони відрізняються від вертикальних розрізів.

Масштаби розрізів беруть однаковими з масштабом геологічної карти або гіпсометричного плану. Причому, вертикальний і горизонтальний масштаби, переважно, беруть однаковими. Водночас, у випадках горизонтального і дуже пологого залягання допускається спотворення масштабів. Але і в цьому випадку декілька розрізів по характерних напрямках повинні мати однакові масштаби.

*Горизонтальні розрізи*, зазвичай, будують на рівні відміток експлуатаційних горизонтів гірничих робіт при розробці світи пластів або жил. При їх складанні користуються системою вертикальних розрізів вхрест простягання порід і документацією квершлагів та інших виробок.

Отже, геологічні розрізи є дуже важливими структурними графіками. Вони в одних випадках, являючи собою результат графічного узагальнення первинної документації, є остаточними матеріалами, а в інших випадках їх використовують в процесі подальшого узагальнення як проміжний матеріал, наприклад, при складанні структурних планів в ізолініях, геологічних карт, блок-діаграм тощо. Тому при геометризації родовищ необхідно звернути дуже серйозну увагу на документальність і належне виконання цих структурних графіків.

### **Гіпсометричний план**

Форму покладу корисної копалини в надрах визначають поверхні відділення корисної копалини від вміщуючих бокових гірських порід її – поверхні лежачого і висячого боків, поверхні тектонічних розривів або поверхні з мінімальним промисловим вмістом компонентів для випадків, коли корисна копалина поступово переходить в безрудні бокові породи.

В загальному випадку ці поверхні є поверхнями топографічного виду. Тому поверхню покладу або геологічної структури можна зобразити як топографічну поверхню за допомогою ліній однакових відміток, які називають ізолініями (ізогіпсами для вугільного пласта). План поверхні покладу вугільного пласта в ізогіпсах називають гіпсометричним планом. При цьому, якщо потужність пласта витримана, то будують гіпсометричний план висячого чи лежачого боку покладу. Якщо ж

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 15

потужність змінюється, то будують ізогіпси як висячого боку (покрівлі), так і лежачого (підшови).

Побудову гіпсометричних планів покрівлі або підшови пласта за даними розвідки виконують безпосереднім чи непрямым способом.

### Складання гіпсометричного плану за висотними відмітками

Безпосереднім способом гіпсометричні плани складають за висотними відмітками окремих точок пласта. В цьому випадку роботи проводяться в такій послідовності:

- на план за координатами наносять устя свердловин, точки зустрічі свердловини з покрівлею пласта або точки виходу свердловини з підшови пласта, а також всі інші точки, в яких були визначені відмітки покрівлі чи підшови пласта;

- біля всіх таких точок випишують абсолютні відмітки підшови або покрівлі пласта;

- проводять аналіз густоти розвідувальної мережі за геометричним критерієм;

- задавшись величиною перерізу ізогіпс, проводять інтерполяцію відміток, тобто знаходять відмітки, кратні вибраному перерізу;

- однойменні відмітки з'єднують плавними кривими і одержують ізогіпси покрівлі або підшови покладу.

Вибираючи висоту перерізу ізогіпс, необхідно враховувати характер і умови залягання покладів, масштаб креслення, ступінь змінності показника, величину відміток тощо.

Для гіпсометричних планів Г.І. Вілесов пропонує величину перерізу  $h$  ізогіпс обчислювати за формулою:

$$h = \frac{aNt\delta}{1000},$$

де  $a$  – мінімальна відстань між ізогіпсами, мм (для витриманих пластів  $a = 10$  мм, для невитриманих пластів  $a = 5$  мм);

$N$  – знаменник чисельного масштабу гіпсометричного плану;

$\delta$  – середній кут падіння покладу.

Побудову ізогіпс покладу необхідно починати з найбільш вивченої частини родовища.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 16</i>

Переріз ізогіпс на плані, як свідчить практика, має бути кратним деяким цілим значенням. Залежно від масштабу плану, кута падіння пласта і висоти поверху вони бувають рівними 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 і 100 м.

### **Побудова гіпсометричних планів за допомогою вертикальних розрізів**

Якщо родовище розвідують буровими свердловинами, розташованими по розвідувальних лініях, то по цих лініях будують вертикальні геологічні розрізи в масштабі плану (рис. 4). Для побудови гіпсометричного плану можна використати вертикальні розрізи.

На них з урахуванням відміток будують висотну шкалу з горизонтальних ліній, які знаходяться одна від одної на відстані, що дорівнює висоті вибраного перерізу ізогіпс покрівлі або підшви пласта ( в даному випадку через 25 м). На розрізах знаходять положення точок (див. рис. 4, б), відмітки яких кратні вибраній висоті перерізу ізогіпс. Наприклад, на розрізі I-I це точки *a, b, c, d, e, q* з відмітками 200, 225, 250, 250, 225, 200 м відповідно. Потім ці точки з розрізу I-I переносять на план (рис.4, а) на лінію розрізу I-I, з розрізу II-II – на лінію II-II і так далі. На плані з'єднують точки з однойменними відмітками і одержують в плані ізогіпси покрівлі пласта.

Аналізуючи характер ізогіпс покрівлі пласта, можна сказати, що родовище має форму брахіантиклінальної складки.

Використання вертикальних розрізів при складанні гіпсометричних планів виключає трудомістку роботу з інтерполяції відміток на плані. Завдяки цьому спосіб одержав широке застосування при геометризації родовищ.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 17

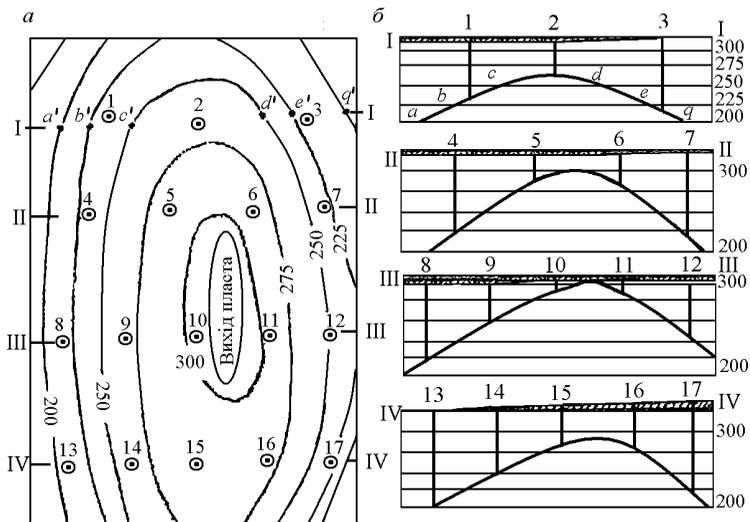


Рис. 4. Побудова гіпсометричного плану (а) за вертикальними розрізами (б)

### Побудова гіпсометрії нижчележачого пласта за гіпсометрією вищележачого

В процесі розвідки і розробки світи пластів часто вищележачі пласти виявляються краще вивченими і розвіданими, ніж ті, які залягають нижче. При експлуатації родовищ відповідно до умов охорони надр пласти, переважно, розроблюються в низхідному порядку. Тому гіпсометрія відробленого чи краще вивченого розвідувальними і гірничими роботами вищележачого пласта виявиться значно кращою, ніж нижчележачого.

Загальність процесу складкоутворення зумовлює загальність деформації (згинання) пластів, розташованих на різних горизонтах. Ця обставина здавна враховувалась в практичній роботі геологів, маркшейдерів і експлуатаційників та використовувалась при характеристиці геологічних структур.

На цій підставі можна здійснювати побудову гіпсометрії нижчележачого пласта за гіпсометрією вищележачого.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 18

Розглянемо таку побудову для двох геологічних умов: потужність міжпластя постійна і змінна.

### Потужність міжпластя постійна

Побудову можна виконати двома способами: *за допомогою вертикальних розрізів* або *безпосередньо на плані*.

При використанні *вертикальних розрізів* їх будують вхрест простягання пластів. На кожному розрізі від профілю вищележачого пласта, побудованого за гіпсометрією цього пласта, паралельно проводять профіль нижчележачого пласта на відстані, що дорівнює нормальній потужності порід міжпластя. Потім точки, кратні вибраному перерізу ізогіпси нижчележачого пласта, способом, розглянутим в попередньому пункті, переносять на площину плану.

Отже, на плані знаходять точки пласта із ступінчастими відмітками по кожній лінії розрізу. З'єднуючи точки з однаковими відмітками, одержують гіпсометричний план пласта.

При виконанні *побудови гіпсометрії нижчележачого пласта безпосередньо на гіпсометричному плані вищележачого пласта* відмічають ряд характерних точок в місцях перегину ізогіпс і в місцях зміни кутів падіння пласта (в місцях зміни закладень між ізогіпсами). З намічених точок ставлять перпендикуляри до ізогіпс в бік підняття пласта довжиною  $l = l_n \cos \delta$  в масштабі плану, де  $l_n$  – відстань по нормалі між пластами,  $\delta$  – кут падіння пласта, який визначають за закладенням і перерізом ізогіпс для кожного перпендикуляра. Через кінці перпендикулярів проводять ізогіпси, відмітки яких такі ж, як ті, з яких проведені перпендикуляри. Одержують гіпсометричний план нижчележачого пласта.

### Потужність міжпластя змінна

У випадку, коли потужність порід міжпластя, зібраних в складки, змінюється поступово, гіпсометричний план нижчележачого пласта будують за даними розвідки з використанням гіпсометрії вищележачого пласта та графіка сходження (рис.5).

*Графіком сходження* називають графік, який характеризує зміну потужності міжпластя між двома сусідніми пластами. Ця зміна може характеризуватися системою вертикальних розрізів по розвідувальних лініях або планом ліній рівних значень вертикальних потужностей між пластами  $M$  і  $K$  – картою сходжень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 19

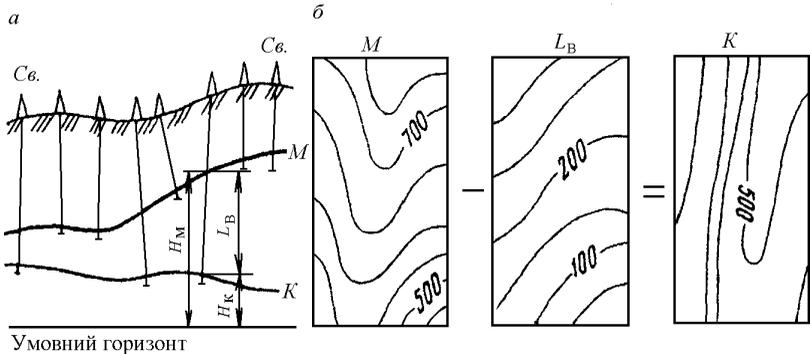


Рис. 5. Схема побудови гіпсометричного плану недостатньо розвіданого пласта К:  
а – вертикальний розріз;  
б – віднімання топографічних поверхонь

*Картою сходжень* іноді називають план ізоліній вертикальних потужностей  $L_B$ .

Побудову гіпсометрії поверхні нижнього пласта К проводять шляхом віднімання від гіпсометрії поверхні верхнього пласта М ізоліній вертикальної потужності світи між пластами  $L_B$ .

Такий метод одержання гіпсометричних планів (структурних карт) використовується в нафтовій геології.

На побудованих так гіпсометричних планах, крім основних показників, що характеризують корисну копалину (потужність, зольність, вихід керну тощо) відображають: положення ліній (зон) тектонічних порушень, ліній розщеплення і виклинювання пластів, межі розповсюдження різних сортів корисної копалини, межі виклинювання, межі балансівих і забалансових запасів, а також межі блоків підрахунку запасів тощо.

Гіпсометричні плани мають дуже важливе значення при освоєнні та розробці родовищ корисних копалин. Вони:

- дають просторове уявлення про умови залягання покладу (пласта) і про геологічну структуру родовища;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідно ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 20

– служать основою для проектування геологорозвідувальних свердловин і гірничих виробок;

– використовуються для підрахунку запасів пластових родовищ та для перспективного і поточного планування гірничих робіт;

– служать основою для побудови ізоліній різних ізогradientів при вивченні геотермічного режиму гірських порід, газоносності пластів, гідрогеології родовища і при геофізичних дослідженнях надр.

Гіпсометричні плани є основними структурними графіками, які характеризують поверхню покладу.

### План ізопотужностей покладу

Хоч гіпсометричний план покладу й дає уявлення про форму і положення покладу в надрах землі, проте розв'язування багатьох задач, пов'язаних з характеристикою і використанням потужності покладу, потребує додаткових розрахунків і побудов. Для розв'язування таких задач зручніше скористатися спеціальним структурним графіком – *планом покладу в ізопотужностях* (рис. 6.). Ці плани дають наочне уявлення про зміну потужності та можливість визначати її в будь-якій точці без додаткових побудов.

Будуючи план покладу в ізопотужностях, тіло, обмежене з висячого і лежачого боків топографічними поверхнями, замінюють простішим тілом, яке з висячого боку обмежене умовною топографічною поверхнею, а з лежачого боку – площиною. Ця площина є площиною проєкцій, на яку по нормалі “осаджують” поклад. Залежно від кута падіння покладу його частіше “осаджують” на горизонтальну чи вертикальну площину. Проте інколи з метою одержання на зображенні меншого спотворення розмірів покладу його “осаджують” (проєктують) на похилу площину, елементи залягання якої приблизно дорівнюють середнім значенням простягання і падіння покладу. У випадку “осаджування” покладу на горизонтальну площину використовують його вертикальні потужності, а при “осадженні” на вертикальну площину – горизонтальні потужності. Якщо ж “осаджують” на похилу площину, у якої елементи залягання близькі до елементів залягання покладу, використовують значення потужностей, близькі до нормальних потужностей покладу.

План покладу в ізопотужностях можна розглядати як гіпсометричний план поверхні покладу, “осадженого” на горизонтальну площину.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 21

Одержана внаслідок “осаджування” топографічна поверхня, що обмежує поклад зверху, є умовною поверхнею, яку використовують як засіб для характеристики потужностей покладу на тій чи іншій ділянці.

Існують *безпосередній* і *непрямий* способи побудови ізопотужностей покладу.

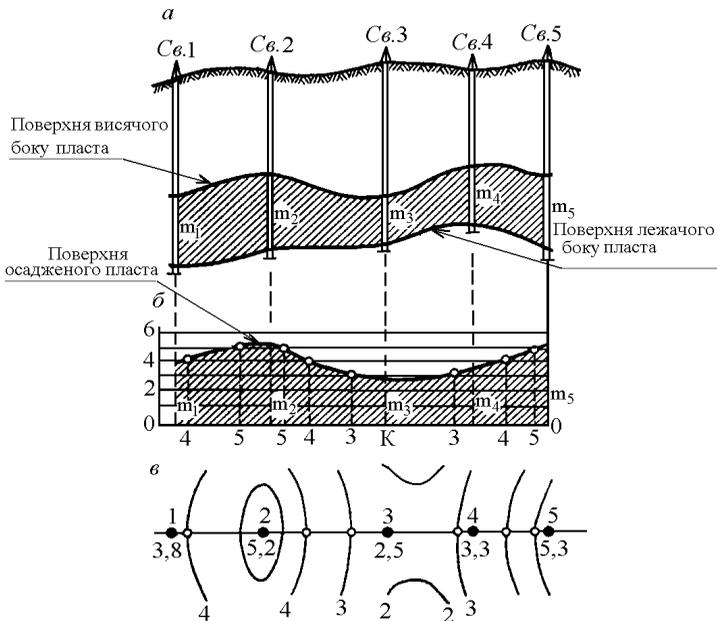


Рис. 6. Побудова ізопотужностей покладу  
(за В. О. Букринським):

*а* – вертикальний розріз покладу; *б* – “осаджений” на горизонтальну площину вертикальний розріз покладу; *в* – план ізопотужності покладу

*Безпосередній спосіб* полягає в побудові на плані ізоліній за відмітками однакової потужності. При цьому залежно від техніко-економічних вимог задаються перерізом ізопотужностей і виконують лінійне інтерполювання між значеннями потужності в найближчих точках.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 22</i>

З'єднуючи плавною кривою лінією точки з однаковими значеннями потужності, одержують план ізопотужностей покладу.

Якщо поклад розкритий системою гірничих виробок (свердловинами, шурфами, горизонтальними і похилими виробками), то інтерполювання виконують спочатку на ділянці, яка має велику густоту точок вимірів потужності.

Непрямий спосіб побудови ізоліній потужності має два різновиди:

- спосіб з використанням вертикальних геологічних розрізів покладу по розвідувальних лініях або профільних перерізів покладу;
- спосіб графічного віднімання від топографічної поверхні всячого боку покладу топографічну поверхню лежачого боку і одержують нову топографічну поверхню – поверхню ізопотужностей покладу корисної копалини.

*Побудову ізопотужностей з використанням вертикальних геологічних розрізів* виконують в такій послідовності:

- виходячи з вимог, вибирають масштаб плану, за яким будуватимуться ізопотужності покладу;

- на план наносять розвідувальні лінії – лінії розрізів; на них відмічають точки з цілочисловими значеннями потужності покладу, кратні прийнятому перерізу;

- з'єднують на плані точки з однаковими відмітками потужності плавними кривими лініями і одержують ізопотужності покладу.

*Спосіб графічного віднімання* – єдиний спосіб при побудові ізопотужностей, коли поклад складної форми розвіданий бурінням вертикальних, похилих і викривлених свердловин та коли за допомогою свердловин важко визначити нормальну до площини проєкції потужність. В цьому випадку простіше за даними буріння побудувати гіпсометричні плани всячого та лежачого боків покладу і на їх основі побудувати ізопотужності.

План ізопотужностей дає можливість шляхом лінійного інтерполювання визначити вертикальну потужність покладу в будь-якій точці. Він характеризує в плані розміщення мас корисної копалини, уможливує підрахунок її запасу і визначення об'єму проектних або виконаних робіт та установлення нульового контуру або контуру промислової потужності покладу.

## **План ізоглибин**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/6/184.00.1/Б/ППВ 03
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 23

Глибина залягання покладу – відстань по вертикалі від земної поверхні до покрівлі покладу.

В різних точках земної поверхні корисна копалина залягає на різних глибинах.

Геометричне місце точок на земній поверхні з однаковими відмітками значень глибин називають *ізоглибиною*, а сам графік – *планом ізоглибин*.

Ізоглибини залягання покладу можна вважати ізопотужностями товщі порід, які покривають поклад. Тому визначення і способи побудови ізоглибин аналогічні побудові ізопотужностей.

Нехай поклад корисної копалини розвідано з поверхні свердловинами глибокого буріння (рис. 7).

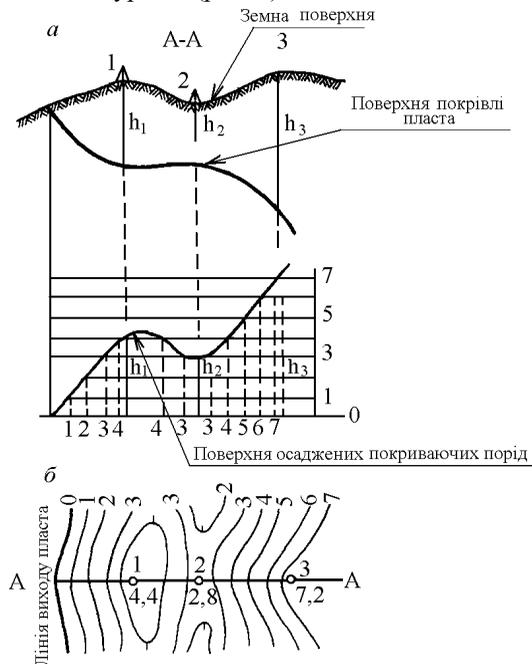


Рис. 7. Побудова ізоглибин залягання пласта  
(за В. О. Букринським):  
а – профіль пласта і профіль поверхні;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 24

*б* – план ізоглибин залягання пласта

Виконуємо уявне “осадження” всієї товщі гірських порід, яка покриває поклад, на горизонтальну площину. Внаслідок одержимо деяку криволінійну поверхню “осаджених” покривних гірських порід, тобто таку поверхню, яка характеризуватиме потужність покривних порід від поверхні до покрівлі покладу корисної копалини в будь-якій точці. Розсічемо утворену поверхню горизонтальними площинами через строго визначену висоту і спроекуємо точки перетину на горизонтальну площину. З’єднаємо точки з однаковими відмітками плавними кривими лініями і одержимо ізоглибини залягання покрівлі покладу корисної копалини.

Система ізоглибин на плані є прихованою умовною топографічною поверхнею. Слід відзначити, що така поверхня реально в природі не існує і одержується як похідна з реально існуючих поверхонь; призначена вона для розв’язування багатьох технічних задач.

Побудову ізоглибин залягання покрівлі (підшви) покладу можна здійснити безпосереднім і непрямим способами.

*Безпосередній спосіб побудови ізоглибин покрівлі (підшви) покладу* полягає в тому, що на план певного масштабу, вибраного залежно від задачі, яка розв’язуватиметься, за координатами наносять устя розвідувальних виробок. За даними документації вертикальних розвідувальних виробок визначають по кожній виробці вертикальну потужність порід, що покривають поклад, – вертикальну глибину від устя розвідувальної виробки до покрівлі (підшви) покладу, і цю величину виписують біля устя розвідувальної виробки. Задавшись перерізом ізоглибин, інтерполюють виписані відмітки, і, з’єднуючи точки з однаковими відмітками, одержують ізоглибини залягання покрівлі (підшви) покладу.

Якщо ж поклад корисної копалини розвідано серією похилих гірничих виробок або викривленими свердловинами, то побудову ізоглибин залягання покладу здійснюють *непрямим способом*, який ґрунтується на математичних діях над поверхнями топографічного виду. Спочатку за даними розвідки побудуємо гіпсометричний план покрівлі (підшви) пласта в ізогіпсах з цілочисловими відмітками. Сумістимо на координатній сітці план поверхні з гіпсометричним планом покрівлі (підшви) покладу і віднімемо від першої поверхні другу. Внаслідок одержимо нову похідну поверхню – систему ізоглибин покрівлі (підшви) покладу (рис.8).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 25

Графік ізоглибин дає можливість швидко *прочитати по ізолініях глибину залягання* в будь-якій точці земної поверхні. Ізоглибина з певною відміткою може бути *межею відкритих розробок*.

За допомогою ізоглибин – ізопотужностей покривної товщі порід – визначають об'ємною палеткою П. К. Соболевського *обсяги розкривних робіт* при відкритих розробках.

Ізоглибини будують для визначення *коефіцієнтів розкриву* шляхом ділення ізоглибин залягання на ізопотужності покладу.

Ізоглибина з відміткою нуль – це *лінія виходу висячого боку покладу на земну поверхню*. На плані лінії виходу визначають як лінію перетину однойменних горизонталей земної поверхні і висячого боку покладу.

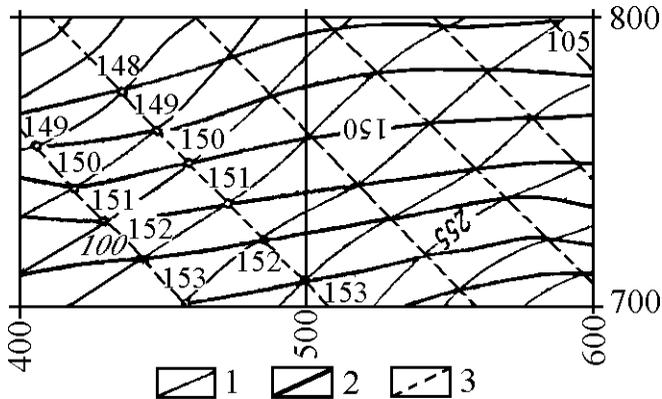


Рис.8. Непрямий спосіб побудови ізоглибин залягання покрівлі:  
1 – ізолінії поверхні; 2 – ізогіпси покрівлі пласта;  
3 – ізоглибини покрівлі пласта

Якщо на даній ділянці родовища є наноси з визначеною середньою глибиною, то ізоглибина залягання корисної копалини з відміткою, що дорівнює середній глибині наносів, є *лінією виходу висячого боку покладу під наноси*. Знати цю лінію необхідно при заданні розвідувальних шурфів або свердловин для уточнення виходу покладу під наноси.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68/26</i>

## Геометризація умов залягання корисних копалин

*До умов залягання корисної копалини відносять* гірничо-геологічні, гідрогеологічні і тектонічні чинники, які впливають на технологію розробки родовища. Це дані, які характеризують: залягання і контакти корисної копалини з вміщуючими породами – різкі контакти чи поступовий перехід в пусті породи; будову, літологічний склад і елементи залягання вміщуючих (бокових) порід; стійкість, міцність порід всього боку; здатність порід до спучування; наявність ослаблених зон, тріщинуватості, карстових пустот або печер, тектонічних порушень.

*Гідрогеологічні умови* визначаються наявністю водоносних, водонепрохідних горизонтів, рівнем ґрунтових вод, походженням, складом підземних вод, умовами живлення і дренажу водоносних горизонтів, очікуваним припливом вод в гірничі виробки, заміною водонепрохідних глин пісками тощо.

Багато які з перерахованих чинників є геологічними тілами, форму і положення в надрах яких зображують графіками, побудова яких аналогічна побудові графіків, що характеризують поклад корисної копалини.

Водночас, структура гірського масиву і притаманні йому фізичні, хімічні, технологічні властивості взаємопов'язані. Тому встановити і пізнати закономірності просторового розміщення властивостей масиву і його структурних особливостей можна лише при їх спільному вивченні. Для цього важливо мати зручне і наглядне компонування всього обсягу розвідувальних даних. Таке компонування можливе, зокрема, якщо геометризацію структури товщі проводити, застосовуючи циклографічні проєкції.

Для вибору способу зображення тієї чи іншої ознаки гірського масиву або окремого літологічного різновиду необхідно насамперед установити характер ознаки, спосіб її визначення, одиницю вимірювання, ступінь змінності, область, яку вона характеризує тощо. Так, наприклад, якщо необхідно зобразити тріщинуватість шару, потрібно врахувати простягання тріщин, кут їх падіння, частоту, розміри та інше. В даному випадку ми маємо справу з орієнтованою ознакою, яка властива конкретному шару. При зображенні вмісту якогось корисного або шкідливого компонента у вугільному пласті чи вміщуючих породах орієнтування не має значення. Головним тут є те, що така ознака характеризує лише ту ділянку товщі, де вона визначена, і тому площа

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 27

розповсюдження її значення обмежена розмірами ділянки вимірів і визначень.

Якщо ж мова йде, наприклад, про коефіцієнт фільтрації товщі порід, багатогазовість тощо, то місце вимірювання ознаки не співпадає з межами ділянки, яку ця ознака характеризує, і установити її межі важко чи взагалі неможливо.

Враховуючи ці особливості, всі ознаки (показники), які підлягають геометризації, можна умовно поділити на три групи: *орієнтовані, обмежені, необмежені*.

Стосовно такого розподілу ознак розглянемо способи їх зображення разом із зображенням структури товщі порід на кругових геологічних колонках.

### Геометризація фізико-хімічних якостей корисних копалин

Якісну характеристику родовища, фізичні і хімічні властивості корисних копалин, а також кількісний вміст в них корисних і шкідливих вапняку, доломітів, мергелю, які є сировиною для виробництва цементу, характеризується гідравлічним  $M$ , силікатним  $S$ , залізним  $F$  модулями.

Якість мінеральної сировини суттєво залежить від хімічних, фізичних і технологічних властивостей, що в сукупності з гірничо-геологічними умовами залягання покладів визначає промислову цінність родовища. Цінність родовища зростає, якщо в покладі виявлено два або більше корисних компонентів, одночасно видобування яких можливе.

Сукупність робіт з виявлення якісних особливостей покладу, а також техніка графічного моделювання просторових закономірностей розміщення фізико-хімічних властивостей корисних копалин називають *геометризацією властивостей родовищ*.

Геометричні графіки, які відображають якісні властивості, дають змогу установити залежність між компонентами, що входять до складу корисної копалини, і саме цим визначити характер розташування цих компонентів. Це має суттєве значення при проектуванні розробки родовища і його експлуатації.

Такі графіки уможливають планування видобування корисної копалини з установленим складом, необхідним для технологічного процесу її переробки.

Геометризацію можна проводити окремих виробок, блоків, горизонтів або всього родовища в цілому.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 28</i>

Процес геометризації властивостей родовища складається з таких етапів: опробування, опрацювання даних вимірювання і опробування, складання якісних графіків і розв'язування за ними задач.

*Опробування* – це спеціальні роботи, які проводять з метою взяття проб для подальшого визначення за ними якості корисної копалини.

Комплексне вивчення властивостей речовини покладу проводять на всіх стадіях геологорозвідувальних і експлуатаційних робіт.

Залежно від поставлених задач *опробування поділяють на хімічне, технічне, технологічне і мінералогічне.*

*Хімічним опробуванням* визначають хімічний склад і вміст корисних компонентів і шкідливих домішок в корисній копалині, оцінюють кількісний вміст корисної копалини в родовищі та її якісну характеристику компонентів визначають безпосереднім чи непрямим вимірюванням, опробуванням і хімічними аналізами проб з подальшим статистичним опрацюванням і графічним зображенням результатів.

*Проба* – це частина корисної копалини, відібрана так, що за нею можна характеризувати родовище в цілому.

Різні види корисних копалин характеризуються різними якісними показниками. Так, якість руди характеризується вмістом в ній металу та інших корисних компонентів, а також її технологічними властивостями.

Якість вугілля визначається вмістом в ньому вуглецю і летких речовин, а також вмістом шкідливих елементів – сірки, фосфору. Якість

*Технічне опробування* застосовують у випадку, якщо одного хімічного опробування недостатньо для якісної оцінки мінеральної сировини і необхідно знати її технічні властивості, наприклад, міцність будівельних матеріалів – вапняку, доломіту, пісковика, міцність і гнучкість азбесту, розміри кристалів, гранулометричний склад формувального піску тощо.

*Технологічним опробуванням* визначають: технологічні властивості корисної копалини, які необхідно при виборі і установленні раціональних способів її переробки та збагачення; коксівність вугілля; ступінь збагачуваності, сортування, плавкості та інші особливості корисної копалини.

*Мінералогічне опробування* проводиться з метою вивчення мінерального складу і структурних особливостей корисної копалини.

Опробуванню піддається корисна копалина в масиві (в цілику), в рудній масі – сировина; опробовуються також продукти і відходи переробки сировини.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 29</i>

Залежно від геологічних особливостей, виду гірничої виробки і завдань опробування відбір проб в масиві здійснюється наступними способами: борозновим, задирковим, точковим, шпуровим, валовим, вичерпним або жменьовим. Розмір проби визначають, керуючись досвідом.

Якщо корисна копалина при її розробці за потужністю повністю розкривається вибоєм підготовчої або очисної виробки, то опробування проводять на всю потужність покладу. У випадку великої потужності покладу, відроблюваного шарами або горизонтами, корисна копалина опробовується в підготовчих і очисних виробках по кожному шару чи горизонту і якісна характеристика покладу складається з характеристик по окремих його шарах і горизонтах.

Для визначення речовинного складу і фізико-хімічних властивостей корисної копалини в її природному заляганні без відбору геологічних проб застосовують нові геофізичні методи – *нейтронний, гамма-променів* тощо. Вони дають можливість швидко одержати оцінку якості мінеральної сировини.

Міцність, інтенсивність тріщинуватості гірських порід визначають ультразвуковими приладами, а напружений стан масиву гірських порід – акустичними.

Одержані дані вимірювань і опробування реєструють в спеціальному журналі і наносять на маркшейдерський план, вказуючи їх номер і числове значення показника.

Опробування покладу супроводжується старанними геологічними зарисовками, фотографуванням відслоненості вибоїв.

*Плани опробування* є узагальненням результатів первинної геологічної документації виробок і опробування. Їх складають на основі маркшейдерського плану, на який наносять контури всіх гірничих виробок, пройдених на даному горизонті. На маркшейдерський план наносять дані зарисовок і опробування, установлюють тим чи іншим способом контур рудного тіла, тип і сорт руди. Дані опробування на плані наносять з одного чи двох боків контурів гірничих виробок. Напроти місць опробування вказують номер проби, потужність покладу корисної копалини. З надходженням хімічних аналізів проб на плані надписують вміст компонентів. Плани опробування систематично поповнюють в процесі проведення гірничих виробок.

Плани опробування покладу є одним з найважливіших документів геолого-маркшейдерської служби гірничого підприємства, оскільки вони служать базою для побудови ізоліній вмісту компонентів, для визначення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 30

середнього вмісту компонентів по виробках, горизонту, шару, ділянках і всьому родовищу.

Якщо потужний поклад розкритий і опробуваний у вертикальних виробках, розташованих по розвідувальних лініях, то узагальнення даних геологічної документації і опробування проводять на вертикальних розрізах – профільних перерізах, котрі будують по лініях розвідувальних виробок.

Для наочного відображення якісних і структурних особливостей покладу вертикальний масштаб розрізів часто беруть в декілька разів більшим горизонтального.

На рис. 13 показано частину плану опробування залізорудного покладу.

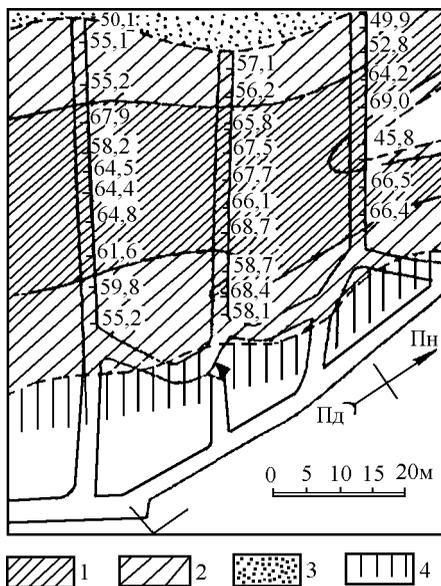


Рис. 13. Частина плану опробування залізорудного покладу:  
1 – руда синька; 2 – руда фарбова; 3 – джеспіліти;  
4 – фарбові роговики

### Опрацювання даних опробування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 31

Опрацювання даних складається із упорядкування, систематизації та опрацювання вихідної інформації.

Незважаючи на багатovidність родовищ, які характеризуються відмінними гірничо-геологічними умовами, можна рекомендувати такий порядок опрацювання інформації.

Насамперед опробування супроводжується детальною геологічною документацією – зарисовками або фотографуванням відслоненості вибоїв.

Повибійні зарисовки складають систематично в міру проходження виробки в масштабах 1:20÷1:50 на спеціальних перфораторах чи в пікетажних книжках.

Для наочного зображення зміни вмісту компонентів в родовищі будують графіки результатів опробування (емпіричні криві). Наочність залежить від вибраного масштабу і типу шкал по горизонтальній і вертикальній осях. Найкращу наочність одержують, якщо відношення вертикального розміру до горизонтального становить: 1:2, 2:3.

Шкали, на яких відкладають величини, можуть бути рівномірними і функціональними. Графіки можуть бути у вигляді полігональної, східчастої або точкової діаграми.

В табл. 1 наведені результати борознового опробування рудної жили “А”, а на рис. 14 полігональна і східчаста криві зміни вмісту компонента уздовж виробки.

Таблиця 1

№ п/п	Відстань від початку опробування, м	Вміст с, ум. од.	№ п/п	Відстань від початку опробування, м	Вміст с, ум. од.
1	4	183,7	11	44	19,5
2	8	92,5	12	48	19,0
3	12	31,0	13	52	6,5
4	16	132,0	14	56	11,0
5	20	52,6	15	60	9,5
6	24	61,4	16	64	5,6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 32

7	28	26,8	17	68	2,0
8	32	19,0	18	72	15,0
9	36	19,5	19	76	4,6
10	40	31,5	20	80	3,0

Полігональну (емпіричну) криву будують так. На аркуші паперу проводять дві взаємно перпендикулярні прямі (осі). Вибирають масштаби. На горизонтальній осі від початкової точки відкладають відстані до середини інтервалів опробування і відмічають їх точками. В кожній з одержаних точок ставлять перпендикуляри довжиною, рівною величині вмісту в вибраному масштабі.

На кінці кожного перпендикуляра ставлять точку. Одержаний графік називають *точковою діаграмою*. Якщо з'єднати точки відрізками прямих, то одержимо *полігональну (емпіричну) криву зміни вмісту компонента в родовищі* (див. рис. 14, а).

Східчаста крива (див. рис.14,б) складається з прямокутників, основи яких дорівнюють інтервалу опробування, а висоти пропорційні значенню вмісту компонента в опробуваному інтервалі. Така крива в практиці використовується рідко, в основному для наочності і лише для суцільного опробування.

У випадку необхідності емпіричні криві будують по всіх виробках, блоку, панелі, горизонту. Матимемо вже блокові картки або погори-зонтні плани опробування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 33

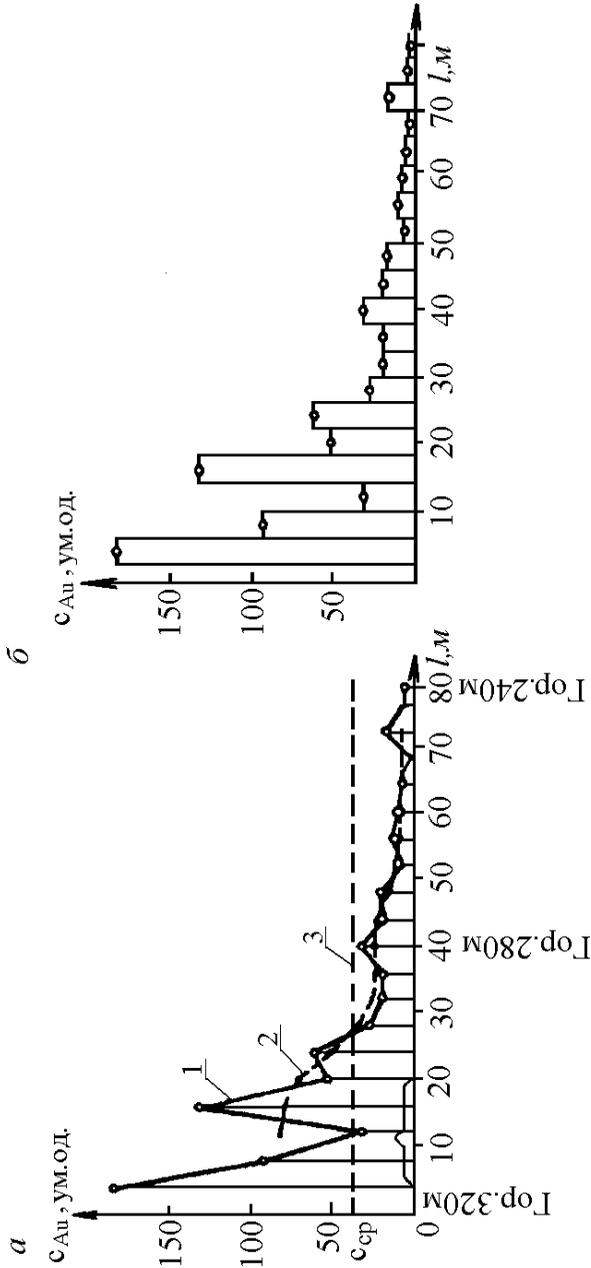


Рис. 14. Полігональна (а) і східчаста (б) криві зміни вмісту компонента по виробці:

1 – емпірична крива; 2 – згладжена крива; 3 – рівень середнього вмісту компонента по виробці

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 34

### Згладжування результатів спостережень

Згладжування виконують для виявлення закономірностей у зміні значень показника по розвідувальній виробці. Емпіричні криві зазвичай мають складний вигляд. Це утруднює аналізувати зміни показника, особливо при зображенні його на плані в ізолініях.

Складність емпіричних кривих зумовлюється складністю розподілення і зміни того чи іншого показника. Картина ще більше ускладнюється наявністю похибок, які обов'язково pojawiaються при визначенні числових значень показника в окремих точках. Тому для узагальнення результатів спостережень і виявлення певних закономірностей виконують згладжування емпіричних кривих. Згладжування буває *лінійне, площинне і об'ємне*. Перед початком згладжування емпіричної кривої вмісту вирішується питання про використання розвідувальних точок з дуже високим вмістом корисного компонента в руді. Ці точки іноді називають *ураганними*.

В практиці в одних випадках вплив ураганних проб зовсім не враховується, в інших – поширюється на половину інтервалу, тобто на таких же засадах, як і проби, що дають типові результати для даної ділянки, і, нарешті, вводиться деякий коефіцієнт, що залежить від частоти появи проб цього класу. Слід відзначити, що виключення з процесу опрацювання проб з надто високим вмістом компонента не має ніякого сенсу.

Розрізняють аналітичне і механічне згладжування.

*При аналітичному способі* згладжування підбирають теоретичну плавну криву розподілення, яка найкраще описує дане статистичне розподілення. При цьому завжди слід мати на увазі, що функціональна залежність, яка виражається прийнятою формою згладжування, є наближеною. Вибір форми згладжування визначає ступінь цього наближення і встановлює межі, в яких воно дійсне.

Як приклад аналітичного способу згладжування можна назвати параболічне згладжування. Суть його полягає в тому, що ординату згладженої кривої обчислюють за формулою параболі того чи іншого порядку.

Параметри згладженої параболі знаходять способом найменших квадратів і з виконанням умови

$$\sum (y' - y)^2 = \min,$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68/ 35

де  $y'$  – ордината згладженої кривої;

$y$  – ордината емпіричної кривої.

Недоліком такого способу згладжування є великий обсяг обчислювальних робіт. Крім того, емпіричні криві не завжди мають вигляд параболи другого порядку. Тому виникає необхідність користуватися рівняннями параболи вищого порядку. Застосування гармонічного аналізу до згладжування емпіричних кривих ускладнюється тим, що вони рідко мають виражену періодичність. Звідси зрозуміла перевага механічних способів згладжування емпіричних кривих.

При механічних способах згладжування ординати емпіричної кривої замінюють так званою змінною (ковзною) середньою. При цьому значення вирівняних ординат знаходять або графічно за допомогою палетки, або аналітично, обчислюючи середнє значення показника на ділянці шириною з трьома або п'ятьма ординатами. Такий спосіб одержав назву “змінного (ковзного) вікна”. Він є найпоширенішим.

Ступінь одного згладжування залежить від розмірів “вікна” (відстані між крайніми ординатами у “вікні”) і кроку переміщення “вікна” при згладжуванні (відстані між сусідніми ординатами, на яку переміщується “вікно”). Розміри “змінного вікна” вибираються залежно від характеру самих кривих. У випадку постійної відстані між пробами використовують “вікно” з трьома або п'ятьма ординатами і кроком відповідно в один чи два інтервали. Якщо ж інтервали опробування неоднакові, то “вікно” вибирають розміром 2 см і крок переміщення 0,5 см.

Розглянемо спосіб ковзного середнього на прикладі.

В табл. 2 наведені дані опробування уздовж виробки залізрудного родовища. Спочатку за даними таблиці будують емпіричну криву 1 (рис. 15). Щоб її згладити, вибираємо “вікно згладжування” розміром в два інтервали, в якому міститься три ординати і крок переміщення в один інтервал. Обчислюємо послідовно середні значення ординат, які попадають у “вікно” і будуюмо “згладжену криву” – 2. З положень, що лежать в основі цього способу згладжування, випливає, що площ, обмежена згладженою кривою, має дорівнювати площі, обмеженій емпіричною кривою. Як видно з наведеного прикладу, незгладженими залишаються частини на початку (інтервал 0-10) і в кінці (інтервал 100-110) емпіричної кривої, які за розмірами дорівнюють половині “вікна”.

Таблиця 2

Місце взяття	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68/36

проб

% 10 30 20 40 25 60 40 50 30 45 40 30

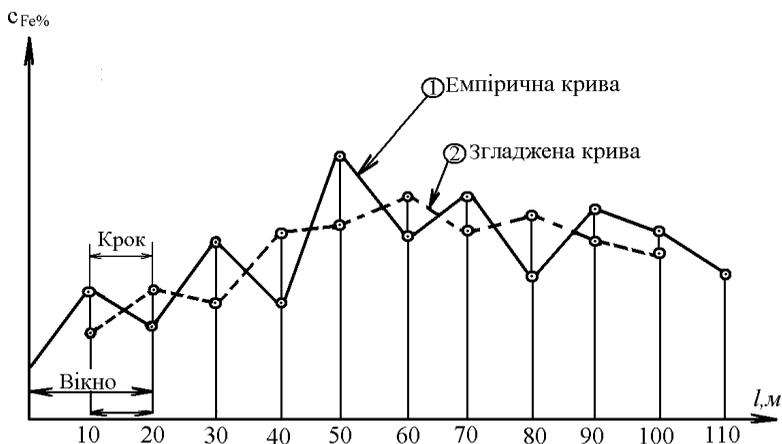


Рис. 15. Згладжування емпіричної кривої методом “ковзного вікна”

При будь-якому способі згладжування мають задовольнятися дві основні вимоги:

- мінімальне відхилення ординат “згладженої кривої” від ординат емпіричної кривої;

- зображення достатньої плавності “згладженої кривої”.

Крім того, згладжування має забезпечувати:

- звільнення “згладженої кривої” від впливу випадкових похибок при визначенні показників;

- наочність плану ізоліній;

- збереження характеру змін показника.

Вказані вимоги протирічать одна одній. Тому згладжування емпіричних кривих вмісту необхідно проводити так, щоб “згладжені криві” зберігали характер зміни вмісту. Отже, згладжування слід проводити в розумних межах, зважаючи на характер розташування компонентів у рудному покладі і точність матеріалів опробування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 37

Згладжування по площі, зазвичай, проводять на погоризонтних планах опробування, коли точки опробування розташовуються більш-менш рівномірно, а показник, який вивчають (вміст корисних компонентів), змінюється нерівномірно. При цьому ізолінії показника будують після опрацювання даних опробування методом “ковзного вікна”. Згладжування по площі зводиться до об’єднання окремих проб в межах вибраного “вікна” і знаходженню за ними середнього значення показника з віднесенням його до центра “вікна”. Найчастіше “вікно” вибирають в формі квадрата зі стороною 2 см в масштабі плану.

“Ковзне вікно” переміщують на половину сторони квадрата в двох перпендикулярних напрямках (рис. 16) так, щоб він послідовно займав положення  $a_1, a_2, a_3, \dots; b_1, b_2, b_3$  і т.д. доти, поки “вікном” не буде обстежена вся площа опробуваного контуру.

Положення  $a_1$  “вікна” показане на рисунку суцільною товстою лінією. Тут в його межах є три точки опробування з відповідними значеннями показника, середнє з яких дорівнює 4 і віднесене до центра “вікна”.

Аналогічно одержуємо середні значення для інших положень “ковзного вікна”.

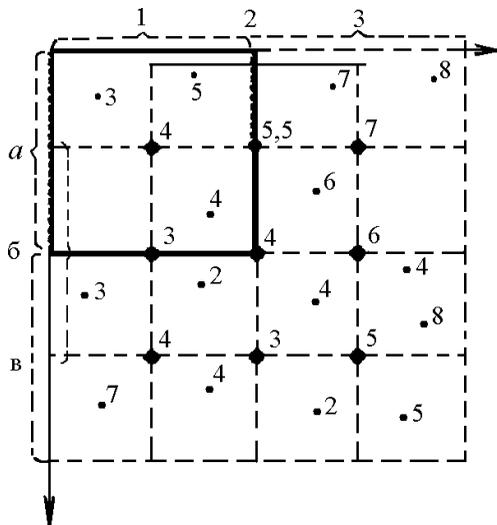


Рис.16. Згладжування по площі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 38</i>

Знайдені середні значення, зазвичай, визначають закономірнішу зміну показника по площі і служать основою для накреслення плану в ізолініях досліджуваного показника.

В практиці при площинному згладжуванні користуються палеткою в формі пронумерованих квадратів. Її переміщують за схемою, вказаною на рисунку.

Суть об'ємного згладжування полягає в тому, що відповідно до прийнятої системи підготовки родовище в межах поверху розбивають на низку вертикальних призм з приблизно однаковими основами. Ребрами призми можуть бути гезенки. Ці призми в свою чергу горизонтальними площинами поділяють на призми меншої висоти. Кожна мала призма має перекривати по вертикалі сусідню на дві третини своєї висоти. За пробами, які попали в малі призми, обчислюють середнє значення показника і відносять його до центра призми. За одержаними середніми значеннями показника будують ізолінії вмісту.

Об'ємне згладжування не знайшло широкого використання. Воно застосовується для узагальнення даних опробування на родовищах з дуже нерівномірним розподіленням в руді корисних компонентів.

Слід відмітити, що при будь-якому способі згладжування результати кореляції між “ковзними середніми” спотворюються. Тому при узагальненні результатів опробування у випадку достатньої кількості проб доцільніше користуватися не “ковзним середнім”, а ділянковим середнім значенням показника.

### **Якісні гірично-геометричні графіки**

Вивчення якісних властивостей корисної копалини має велике значення при геометризації родовища. В багатьох випадках при визначенні генезису родовища корисної копалини вирішальними є характер зруднення, його інтенсивність і напрям, представлені просторовими графіками.

Якісні геометричні графіки уможливають установлення певної залежності між компонентами і характером розміщення їх в корисній копалині. Це має велике значення при проектуванні і розробці родовищ. Найбільший практичний інтерес являють собою графіки, які характеризують вміст корисних компонентів у руді.

Вміст корисних компонентів є найбільш мінливим показником покладу. Його характеристика ґрунтується на результатах опробування і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/6/184.00.1/Б/ППВ 03
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 39

графічно представляється кривими вмісту по окремих виробках, кривими вмісту по розвідувальних лініях і графіками ізовмістів, які характеризують розподіл вмісту по плоских перерізах по площі покладу або об'ємі рудного тіла. Вище було відмічено, що для усунення технічних похибок результатів визначення вмісту і виявлення основних особливостей його розміщення виконують лінійне, площинне або об'ємне згладжування.

Криві вмісту по розвідувальних лініях будують за середнім значенням вмісту в окремих розвідувальних виробках, тому зазвичай не виникає необхідність в їх згладжуванні. Середній вміст по окремій розвідувальній виробці обчислюють як середнє арифметичне або середньозважене за інтервалами опробування, чи воно може бути одержане діленням площі, обмеженої кривою вмісту по розвідувальній виробці, на довжину опробованої частини виробки.

Для зручності подальшого використання “згладжених кривих” вмісту на них беруть точки із значеннями, кратними вибраному перерізу ізоліній на графіках ізовмістів. За сукупністю ліній зі ступінчастими відмітками на плані звичайним способом будують *графік ізовмістів*.

*Ізолінією вмісту компонента* називають лінію, яка з'єднує точки з однаковими числовими значеннями вмісту цього компонента в одиниці об'єму або маси руди.

Найбільший інтерес представляють плани ізовмістів компонентів, які визначають кондиційність руди.

В процесі розробки покладу зразу на всю потужність план ізоліній вмісту характеризує середній вміст компонента на всю потужність. Прикладом такого графіка може служити рис. 17, на якому побудовані ізолінії середніх вмістів компонента ділянки жильного покладу в проєкції на похилу площину.

При розробці масивних покладів окремими шарами план ізовмістів характеризує середній вміст компонента по потужності шару. Ізовмісти в плоских перерізах рудного тіла потрібні для характеристики просторового розміщення компонентів.

Графіки, які характеризують вміст компонентів у руді, використовують при оконтурюванні покладу за мінімальним промисловим вмістом компонентів, підрахунку запасів, плануванні видобутку руди із заданим вмістом компонентів, техніко-економічних розрахунках тощо. В деяких випадках виникає необхідність в складанні графіків вмісту шкідливих компонентів. Будують їх так само, як і графіки вмісту корисних компонентів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/6/184.00.1/Б/ППВ 03
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 40

Із викладеного випливає, що на якісних графіках ізолінії характеризують приховану умовну топографічну поверхню. На плані за ізолініями не можна визначити значення показника в даній точці. Воно відноситиметься не до самої точки, а до ділянки, центром якої є ця точка. Ділянка ця дорівнює площі “статистичного вікна”, за допомогою якого здійснено згладжування даних опробувань.

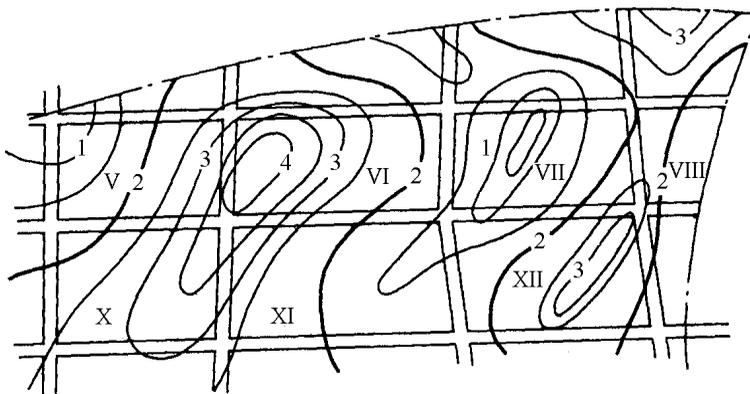


Рис. 17. Ізолінії вмістів корисного компонента ділянки жильного покладу в проекції на похилу площину

За характером розподілення компонентів родовища поділяють на п'ять груп:

- з дуже рівномірним розподілом компонентів;
- з рівномірним розподілом компонентів;
- з нерівномірним розподілом компонентів;
- з дуже нерівномірним розподілом компонентів;
- надто нерівномірним розподілом компонентів.

Для кожної групи відповідно до ступеня і характеру мінливості показників вибирають густоту опробування від 1 до 50 м і більше.

При вивченні складу і якості корисної копалини часто доводиться користуватися існуючими залежностями між компонентами і літологією масиву. В цьому випадку доцільно складати структурно-якісні плани з використанням циклографічних проекцій. Методика складання структурно-якісних планів розглянута в попередньому розділі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/6/184.00.1/Б/ППВ 03
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 41

### Аналіз прихованих і умовних топографічних поверхонь

*Мінливість геологічних показників* – це зумовлена генезисом родовища зміна значень показників від точки до точки, від напряму до напряму, яка підпорядкована певним тенденціям, що пов'язані зі структурою масиву. Вона є одним із головних чинників, що визначають вибір системи розвідки родовища, густоту розвідувальної мережі, спосіб підрахунку запасів.

Очевидно, чим родовище мінливіше, тим має бути більше зібрано інформації про нього, тобто тим в більшій кількості точок має бути визначене значення показника. Інакше ступінь вивченості родовища буде недостатнім. Це може зумовити суттєві помилки при підрахунку запасів і ускладнення при проектуванні та розробці.

Проте не всяка мінливість є несприятливим чинником при розвідці, геометризації і підрахунку запасів. Так, наприклад, якщо потужність покладу хоч і не залишається постійною, а змінюється відповідно до закону прямої, то навіть при дуже малій кількості розвідувальних даних форма покладу може бути охарактеризована достатньо повно, а обчислення запасів і середніх характеристик може бути проведене без помітних похибок. Тому при вивченні показників для проведення геометризації і підрахунку запасів мінливість слід розглядати як чинник, що ускладнює вивчення родовища.

При такому підході до вирішення цього питання під мінливістю показників потрібно розуміти не зміну взагалі, а таку зміну, яка не підпорядкована певному закону і складається із незакономірного зростання і спадання.

Мінливість є широким поняттям, яке характеризує розміщення параметрів в надрах з різних точок зору. Мінливість показників, які характеризують поклад корисної копалини, істотно впливає: на вибір методики розвідки і схеми розкриття, обґрунтування системи розробки, методику геометризації покладу та її моделювання. Мінливість оцінюють кількісно і якісно. Кількісна оцінка визначає *інтенсивність*, якісна – *характер мінливості*. Характер мінливості та її інтенсивність – це дві сторони одного й того ж явища.

*Характер мінливості* виражається описом будь-яких змін показників або зв'язків між ними. Відомі численні приклади закономірних змін різних геологічних ознак. Здебільшого це просторові закономірності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.02/6/184.00.1/Б/ППВ 03
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 42</i>

Прикладом такої мінливості є поступове зменшення потужності лінзоподібних тіл осадового походження до периферії, вертикальна і горизонтальна зональність в зміні речовинного складу деяких рудних тіл, зональний склад рудних тіл за їх потужністю тощо.

Характер мінливості відображається геометрично відповідними ізолініями.

Зустрічаються іноді випадки взаємного закономірного зв'язку мінливості двох чи кількох ознак. Так, в поліметалевих рудах вміст срібла змінюється залежно від вмісту свинцю, кадмію – від вмісту цинку. Часто спостерігається пряма або обернена залежність потужності рудного тіла від вмісту компонентів, які входять до складу руди. Загальновідомі закономірності співвідношення зольності і теплоти згоряння вугілля.

Виходячи з цього, рекомендують характер мінливості визначати її складністю:

- проста мінливість – зміна показників відбувається за законом прямої;
- складна мінливість – зміна показників відбувається за законом кривої другого порядку;
- дуже складна мінливість – показники змінюються за приблизними закономірностями;
- надто складна або випадкова мінливість – показники змінюються без будь-якої тенденції до закономірностей.

*Інтенсивність мінливості* виражається числом і уможливорює порівняння окремих частин покладу, горизонтів тощо за інтенсивністю мінливості показника при певних умовах досліду (способу одержання даних про показник).

В практиці геометризації найчастіше виникає необхідність у визначенні інтенсивності мінливості таких показників, як потужність, якість, умови залягання, потужність, стійкість розрізу вміщуючих порід тощо.

При проведенні розвідувальних робіт мають справу з дуже великою кількістю показників. Їх вивчення уможливорює створення моделі родовища. Природа цих показників дуже різна. Тому визначити універсальний метод оцінки мінливості, який би був ефективним при розв'язуванні багатьох задач розвідки та експлуатації, відтворював би всі аспекти мінливості кожного параметра надр, неможливо.

Відомі методи оцінки мінливості показників можна умовно поділити на такі три групи: *геологічні, статистичні, аналітичні*.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 43

Про мінливість родовища необхідно мати уявлення на самих перших стадіях його розробки, щоб в подальшому правильно розміщувати розвідувальні виробки. Аналізуючи геологічні дані і керуючись відомими уявленнями про локалізацію родовищ, насамперед проводять геометризацію, тобто складають різні креслення об'єктів розвідки – від найпростіших зарисовок і схем до геологічних карт, розрізів, гіпсометричних планів, проєкцій, моделей тощо.

Уявлення про характер мінливості геологічних показників дають, насамперед, такі графічні документи: геологічна карта, план поверхні родовища, погоризонтні плани, поперечні та поздовжні розрізи, вертикальні проєкції тощо. Часто додатково необхідно будувати гіпсометричні плани, плани тектонічних порушень, плани ізопотужностей, плани вмісту компонентів, графіки мінливості геолого-промислових параметрів родовища тощо.

Такі графіки складають на кожній стадії вивчення родовища. Вони є основною базою для подальшої розвідки, проєктування та експлуатації родовища. Отже, будь-який графік, складений за даними розвідки, відображає характер мінливості показника.

Отже, геологічне вивчення родовища і його показників і є методом вивчення характеру його мінливості.

В практичній роботі виникає необхідність оцінити похибки розвідки на підставі даних самої розвідки із залученням допоміжної геологічної інформації, одержаної внаслідок геологічних зйомок, геофізичних і геохімічних, аеро- і космофотометричних робіт. Основним методом такої оцінки є метод геологічної експертизи. Порівнюючи варіанти прогнозованої моделі об'єкта розвідки, вибирають на думку експертів найбільш обґрунтований. Така експертиза ґрунтується на знаннях закономірностей даного типу родовищ. Метод геологічної експертизи можна вважати недосить надійним через його суб'єктивність. Тому в геологорозвідувальній справі намагаються застосовувати математичні методи моделювання об'єктів розвідки. Відомі математичні методи оцінки мінливості умовно можна поділити на *статистичні* та *аналітичні*.

Статистична модель мінливості базується на припущенні, що виміряні величини геолого-промислових параметрів – потужність, вміст компонентів тощо є незалежними випадковими величинами.

Важливе значення для характеристики родовища мають середні значення геолого-промислових параметрів. Вони обчислюються за формулою:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 44

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (1)$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення показника;  
 $x_i$  – окремі значення показника;  
 $n$  – кількість спостережень.

*Абсолютна мінливість* показника як міра інтенсивності може бути визначена величиною середньоквадратичного відхилення – стандартом  $\sigma$ , яке визначають за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}. \quad (2)$$

*Відносна мінливість* показника може бути виражена коефіцієнтом варіації  $V$ , який визначається за формулою:

$$V = \pm \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Слід пам'ятати, що і середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації є статистичними коефіцієнтами і вони не характеризують геометричну мінливість.

Переваги статистичного способу полягають в його об'єктивності і простоті. Ставши традиційними, в розвідувальній справі статистичні характеристики відповідають нормальному закону розподілу, для якого характерними є такі якості:

- крива розподілу симетрична і має форму дзвінка з максимумом в точці, що дорівнює середньому значенню досліджуваної величини;
- мода – точка, яка відповідає максимуму кривої, медіана і середнє значення співпадають;
- інтервалу  $\bar{X} \pm \sigma$  відповідає 68,2 % всієї площі, обмеженої кривою розподілу.

Закони розподілу досліджуваних геолого-промислових показників установлюють за допомогою емпіричних гістограм частоти цих параметрів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк681 / 45

Опрацювання геологічних даних за допомогою гістограм частот значень слід наполегливо рекомендувати, оскільки вони окрім визначення закону розподілу, можуть служити для розв’язування багатьох інших задач.

Проте варто пам’ятати, що геологічні параметри – змінні величини просторового характеру, і статистичні моделі не відповідають реальним рудним тілам. Емпіричні криві розподілу геолого-промислових параметрів дуже рідко відповідають нормальному закону. Здебільш їм властиві значна асиметрія і відхилення від нормального закону. Тому статистичні характеристики у чистому вигляді, як показників інтенсивності мінливості, мають обмежену область використання. Справа в тому, що формулами і методами статистики можна користуватися лише у випадках, коли окремі характеристики досліджуваного показника мають випадковий характер, тобто не пов’язані між собою закономірно. У противному разі статистичні висновки не правомірні.

Щоб уникнути впливу закономірних змін геологічних показників на статистичні характеристики  $\sigma$  і  $V$  П. Л. Калістов рекомендує визначати їх за відношенням до ординат кривих регресій, а не за відношенням до середнього –  $\bar{Y}_{cp}$ .

Криві регресії він пропонує будувати згладжуванням, методом “ковзного вікна” (рис. 18).

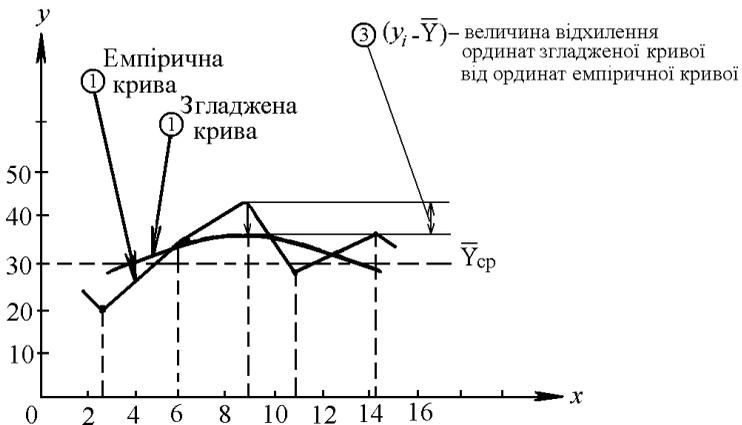


Рис. 18. Побудова кривої регресії

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 46

Необхідно відзначити, що поправки до звичайних статистичних характеристик незначні, проте побудова кривих регресії сприяє виявленню прихованих локальних закономірних тенденцій в мінливості показників.

Узагальнення на підставі геологічного аналізу так опрацьованих даних дозволяє геометризувати досліджувані параметри як топографічних поверхні і визначати не лише інтенсивність, але й характер мінливості.

Спрощений варіант статистичного методу визначення похибки розвідки запропонував В. В. Богацький. Узагальнивши результати розвідок ряду родовищ різних корисних копалин, він дійшов висновку, що розподіл частот значень деяких параметрів – потужності, вмісту, лінійного запасу – характеризується кривими: симетричними, лівосиметричними і правосиметричними.

Як міру мінливості параметра пропонують два взаємопов'язаних показники:

– показник нерівномірності  $НП = \frac{P_{\max}}{\bar{P}}$ ; (4)

– показник дисиметрії середнього  $D = \frac{P_{\max} - P^*}{\bar{P}} = НП - 1$ , (5)

де  $P_{\max}$  – максимальне значення параметра;

$\bar{P}$  – середнє значення параметра за сумою спостережень.

### Аналітичні методи оцінки мінливості

Оскільки використання статистичних характеристик для визначення мінливості носить обмежений характер, то були запропоновані аналітичні методи. Один з них був розроблений внаслідок досліджень Д. А. Казаковського з використанням других різниць показника для характеристики його мінливості. Він запропонував числову характеристику мінливості виражати не інтенсивністю зміни показників, а швидкістю зміни цієї інтенсивності, тобто середньою величиною других різниць виміряних величин показника.

Д. А. Казаковський запропонував для характеристики абсолютної мінливості ознаки користуватися середньою величиною других різниць виміряних значень ознаки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 47

$$\mu_a = \frac{\sum |\Delta'_x|}{k}, \quad (6)$$

де  $\sum |\Delta'_x|$  - сума абсолютних значень других різниць окремих вимірів ознаки  $x$ ;

$k$  – кількість других різниць.

Число  $\mu_a$  характеризує складність топографічної поверхні і виражає абсолютну мінливість. Проте величина  $\mu_a$  не може характеризувати відносну мінливість показника родовища, оскільки він обернено пропорційний своєму середньому значенню. Так, нехай ми маємо дві однакової складності криві (рис.19).

Очевидно, що абсолютна мінливість першої кривої така ж, як і другої, тобто  $\mu_{a1} = \mu_{a2}$ .

Але з рисунка видно, що середні значення показників для кривих 1 і 2 різні, тобто  $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ . В зв'язку з цим число, яке характеризує відносну мінливість, Д. А. Казаковський надає вигляду

$$I = \frac{\mu_a}{\bar{X}} = \frac{\sum |\Delta'_x|}{k\bar{X}}, \quad (7)$$

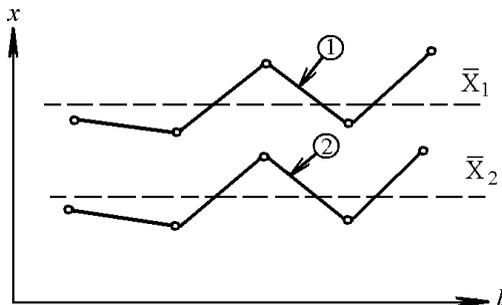
де  $I$  – відносна мінливість показника;

$\mu_a$  – абсолютна мінливість показника;

$\sum |\Delta'_x|$  – сума абсолютних значень других різниць показника  $x$ ;

$k$  – кількість других різниць;

$\bar{X}$  – середнє значення показника;



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 48

Рис. 19. Два подібні розрізи з різною відносною мінливістю

Число  $I$  називають ще показником мінливості та іноді виражають у відсотках.

Показник мінливості за другими різницями краще характеризує мінливість рудного тіла, ніж стандарт  $\sigma$  і коефіцієнт варіації  $V$ .

Розглянемо це на прикладі. Нехай маємо дві різні форми  $A$  і  $B$  рудного тіла (рис. 20).

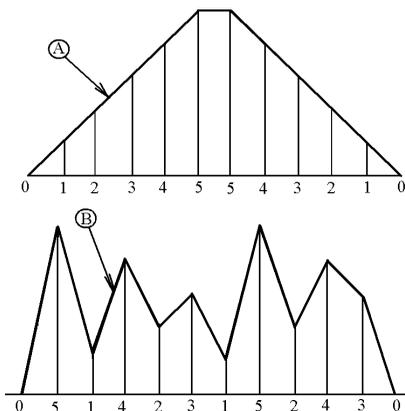


Рис. 20. Два розрізи з однаковими статистичними характеристиками, але з різною величиною мінливості

Стосовно будь-якої ознаки, наприклад потужності або вмісту корисного компонента, кожне з цих тіл охарактеризовано в дванадцяти точках, розташованих одна біля одної на однаковій відстані. Значення ознаки показані на рисунку в точках вимірювання.

Статистичні характеристики для тіла  $A$ :

$$\bar{X} = 2,5; \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{35}{12}} = 1,7; V = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}} = \frac{1,7 \cdot 100}{2,5} = 68\%.$$

Очевидно, що для тіла  $B$  величини  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $V$  будуть ті ж самі, що й для тіла  $A$ , оскільки окремі виміри та їх кількість однакові.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 49

Проте з рисунка видно, що мінливість тіла  $A$  плавна і закономірна, а тіла  $B$  дуже різка і незакономірна.

Обчислимо показники мінливості за другими різницями для цих тіл. При цьому скористуємося формулами (1), (2) і табл. 1, 2.

Якщо для тіла  $B$   $\mu_b = 5,0$ ;  $I_b = 2,5$ , то для тіла  $A$  відповідно маємо  $\mu_a = 0,2$ ;  $I_a = 0,08$ . Мінливість тіла  $A$  в 25 разів менша мінливості тіла  $B$ . Це добре видно з рис. 20. Показник мінливості за другими різницями в наведених прикладах має очевидні переваги порівняно із статистичними характеристиками.

Таблиця 1

#### До обчислення мінливості для тіла $A$

№ т очок в иміру	Виміряні значення показника	Перші різниці	Дру гі різн иці
1	0	-1	
2	1	-1	0
3	2	-1	0
4	3	-1	0
5	4	-1	0
6	5	0	-1
7	5	+1	-1
	4	+1	0

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 50

8				
		3	+1	0
9				
	1	2	+1	0
0				
	1	1	+1	0
1				
	1	0		
2				

$$\sum x_i = 30, n = 12, \bar{X} = 2,5 \quad \sum |\Delta'_x| = 2, k = 10$$

Таблиця 2

**До обчислення мінливості для тіла В**

№ г очок в иміру	Виміряні значення показника	Перші різни ці	Другі різниці (абсол. значення)
	0	-5	
1	5	+4	9
2			
	1	-3	7
3			
	4	+2	5
4			
	2	-1	3
5			
	3	+2	3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 51

6			
	1	-4	6
7			
	5	+3	7
8			
	2	-2	5
9			
1	4	+1	3
0			
1	3	+3	2
1			
1	0		
2			

$$\Sigma x_i = 30, n = 12, \bar{X} = 2,5 \quad \Sigma |\Delta'| = 50, k = 10$$

Але цей спосіб також має свої недоліки. Про це свідчить наступний приклад. Розмістимо в одному й тому ж тілі  $A$  точки вимірювання нерівномірно в двох варіантах (рис.21;  $A_1$  і  $A_2$ ) і обчислимо для двох варіантів показники мінливості для одного й того ж тіла. Одержимо: для варіанта  $A_1$ :  $\mu_a = 1,33$ ;  $I = 0,17$ ; для варіанта  $A_2$ :  $\mu_a = 1,50$ ;  $I = 0,19$ ;

Результати дуже показові. Виявляється, що лише при розміщенні точок спостереження на однакових відстанях одна від одної метод других різниць правильно характеризує мінливість показника. Очевидно, що при обчисленні показника мінливості в загальному вигляді необхідно урахувувати відстань між точками спостереження.

Крім того, величина показника мінливості  $\mu$  залежить не тільки від відстані між точками вимірювання, а й від системи їх розміщення, густоти і характеру мережі спостережень та відповідності мережі характеру мінливості ознаки.

Розглянемо деякі інші підходи до визначення мінливостей різних показників.

М. Г. Кель для тіл геометрично правильної форми пропонує формулу:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 52

$$I = \frac{\sum |\Delta'|}{kl^2},$$

де  $l$  – інтервал опробування;

$k$  – кількість інтервалів.

А. С. Власов для визначення мінливості потужності рекомендує коефіцієнт мінливості обчислювати за формулою:

$$k_o = \frac{\sum |\Delta'm|}{Lm_{cp}},$$

де  $k_o$  – відносний коефіцієнт мінливості;

$\Delta'm$  – перші різниці потужності;

$m_{cp}$  – середнє значення потужності.

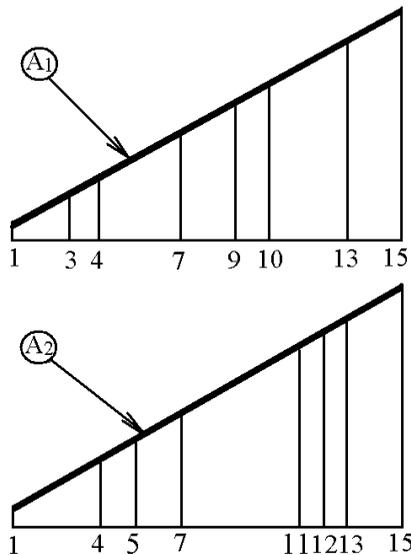


Рис. 21. Залежність показника мінливості від розміщення точок опробування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 53

Г. О. Антипенко для характеристик мінливості форми, яка може бути представлена профілями пласта, котрі будують для виявлення зон порушень, рекомендує формули, завдяки яким відстань між пробами, а отже і густота розвідувальної мережі майже не впливають на кінцевий результат. При цьому, якщо відстань між точками визначення відміток однакова, то мінливість  $I_a$  можна визначати за сумою абсолютних значень других різниць відміток пласта  $|\Delta'z'|$  уздовж профілю:

$$I_a = \sum |\Delta'z'|.$$

Для нерівномірної мережі опробування мінливість рекомендується обчислювати за першими різницями уклонів

$$I_a = \sum |\Delta'_i|$$

Відносну мінливість профілю  $I_e$  можна тепер визначити за формулою:

$$I_e = \frac{I_a}{L} = \frac{\sum |\Delta'_i|}{L},$$

де  $L$  – довжина профілю (в км, сотнях метрів).

В. О. Букринський рекомендує користуватися показником  $U$ , який ґрунтується на відношенні довжини кривої зміни показника до довжини її проекції (рис. 22).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 54

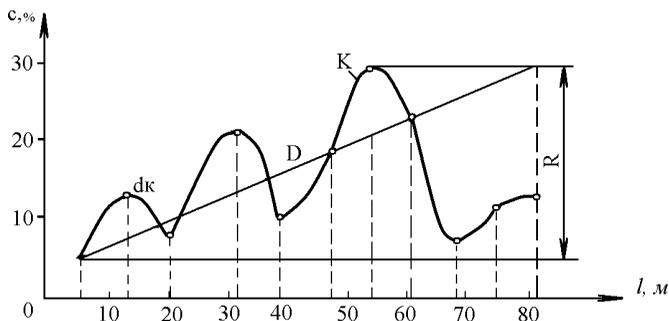


Рис. 22. Графічне зображення реалізації вмісту за В. О. Букринським

$$U = \frac{\int_{(k)} dk}{D} - 1,$$

де  $\int_{(k)} dk$  - криволінійний інтервал першого типу, взятий по кривій  $k$ , в заданому інтервалі (тобто довжина кривої).

$D$  – гіпотенуза трикутника з катетами, які дорівнюють довжині проекції кривої  $k$  та величині розмаху  $R$ .

$$D = \pm \sqrt{L^2 + R^2} .$$

Перевагою цього методу є те, що він враховує фактичні дані розвідки. До недоліків можна віднести те, що одержані величини мінливості  $U$  можуть характеризувати не лише наведену криву, а й багато інших, у яких основні параметри  $D$ ,  $L$  і  $R$  будуть однаковими. Тобто довжина кривої не може бути виразником її форми.

На підставі розглянутих прикладів можна стверджувати, що жоден з відомих методів оцінки мінливості показників родовищ не є універсальним і кожен з них має обмежену область використання, а також свої переваги і недоліки.

### Оцінка повноти розвіданості (вивченості) родовищ

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 55

*Вивченість* родовища зводиться до вивчення його показників і геометрії їх розміщення. Вивченість має забезпечувати можливість комплексного освоєння родовища і охорони навколишнього середовища. Вона залежить від ступеня мінливості показників і густоти точок їх вимірювання. Чим більш мінливий показник, тим більше точок вимірювання потрібно зробити для вивчення геометрії його зміни. Крім того, важливим при цьому є не лише механічне збільшення точок спостереження, але й відстань між ними.

Як і при вивченні мінливості, відомо декілька різних підходів до оцінки повноти розвіданості (вивченості) топографічних поверхонь, які характеризують розміщення показників. Так, Д. А. Казаковський пропонує показник вивченості  $R$  обчислювати за формулою:

$$R = \frac{nk\bar{X}}{100\Sigma|\Delta'|},$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення показника;

$n$  – кількість свердловин, або взагалі точок вимірювання якогось показника (об'ємної маси, потужності, вмісту компонента тощо);

$k$  – кількість других різниць із виміряних значень показника;

$\Delta''$  - другі різниці показника покладу;

$l$  – показник, на який перемножують другі різниці. Він обернено пропорціональний відстані між точками спостережень і для квадратної сітки спостережень по сторонах квадрата  $l = 1$ , а по діагоналі  $l = 0,7$ .

Надійний показник вивченості за Д. А. Казаковським одержують, коли  $n > 20$ .

При геометризації родовищ методом ізоліній часто трапляються випадки, коли в межах якоїсь чарунки, утвореної розвідувальними точками, за одними й тими ж даними можна по-різному провести ізолінії того ж чи іншого показника покладу, наприклад, потужності (рис. 23).

В цьому прикладі ізолінію потужності із значенням 3 м можна провести двома способами. Тоді в центрі чарунки виникає подвійне вирішення або невизначеність (3,3 або 2,4). Обидва варіанти можливі однаково. Подібна невизначеність зумовлена насамперед недостатністю початкових даних розвідки, а інколи величиною перерізу ізоліній.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 56

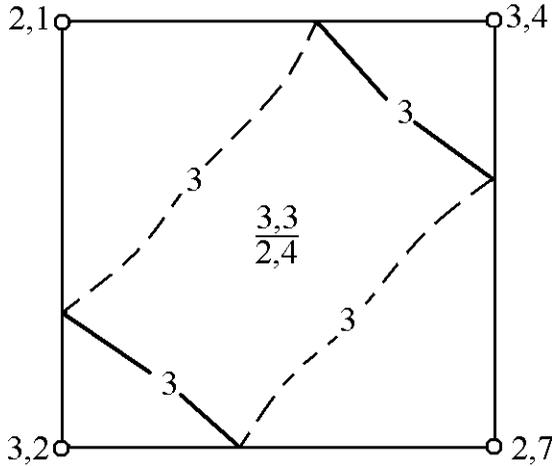
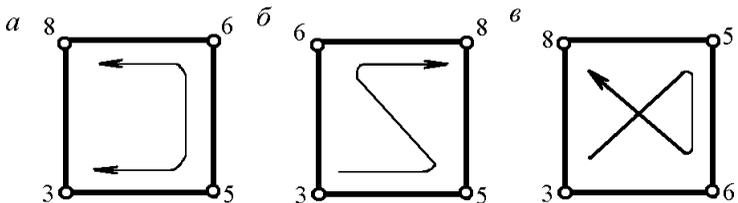


Рис. 23. Невизначеність проведених ізоліній в межах розвідувальної чарунки

Для швидкого визначення чарунок з невизначеністю доцільно провести попередній аналіз даних за допомогою геометричного критерію, запропонованого О. Г. Осецьким. В його основі лежить положення, що послідовна зміна показника від найменшого значення до найбільшого, або навпаки, між сусідніми точками чотирикутної розвідувальної чарунки проходить прямолінійно і може мати лише такі три напрями:

- по периметру розвідувальної чарунки (рис. 24, а);
- в напрямі через одну із діагоналей чарунки (рис. 24, б);
- в напрямі через обидві діагоналі основи чарунки (рис. 24, в);



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 57

Рис. 24. Можливі напрями послідовної зміни показників

Було встановлено, що невизначене рішення задачі геометризації в межах чарунки виникає лише тоді, коли зміна показника покладу – збільшення або зменшення – відбувається в напрямі через дві діагоналі. Невизначеність властива інтервалу, який розташований між показниками, що знаходяться всередині ряду показників. В нашому випадку (див. рис. 24) таким буде інтервал між числами 5 і 6 включно.

Розглянемо приклад. Нехай на плані розвідки (рис. 25) біля кожної розвідувальної свердловини вписано відсотковий вміст корисного компонента руди, розподіл якої необхідно зобразити ізолініями з інтервалом в 5 %.

В чарунках 1, 2, 7, 8, 9 зміна вмісту компонента йде по периметру. Тому побудова ізоліній в них вирішується однозначно. Така ж сама однозначність буде й в чарунці 4, в якій зміна вмісту компонента йде по одній з діагоналей. В чарунках 3, 5 і 6 зміна йде по обох діагоналях. Формально тут маємо невизначеність. Але за умовою задачі в інтервалах між середніми значеннями компонента 41,9 і 42,6 % в чарунці 3 та 41,9 і 42,6 % в чарунці 6 немає місця для числа, кратного 5 % і тому невизначеність в цих чарунках не виникає.

В чарунці 5, в якій зміна йде також через дві діагоналі, числом, що знаходиться всередині ряду 36,7 і 42,6 % є число 40 %. На цьому інтервалі є місце для ізолінії 40 %, яка має невизначене рішення.

Тому при складанні якісного плану цю ізолінію необхідно обривати на межі чарунки 5 в точках  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  (див. рис. 24). Якщо провести ізолінії в напрямках  $ab$  і  $cd$ , то можна припустити, що в центрі чарунки 5 вміст дорівнює 44,6 %. Якщо ж з'єднати плавними лініями попарно точки  $a$  і  $d$  та  $b$  і  $c$ , то можна вважати вміст компонента в центрі цієї ж чарунки рівним 35,3 %.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 58

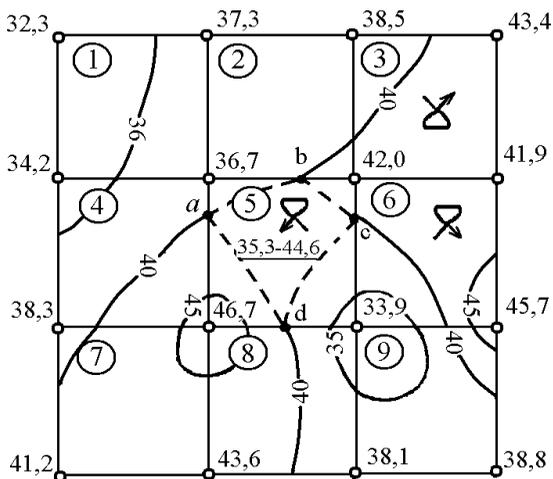


Рис. 25. Побудова плану ізоліній вмісту компонента в руді  
(за О. Г. Осецьким)

Одночасно можливі обидва варіанти. Тому замість зображення розподілення компонента в цій чарунці необхідно вписати вміст 35,3 і 44,6 %. Це свідчатиме про недостатність вивченості показника покладу, який розглядається.

Подібний аналіз повноти розвідки доцільно проводити в процесі самої розвідки. Це дало б можливість ліквідувати недоліки в розвідці і скоротити кількість розвідувальних виробок в тих місцях, де в них не виникає потреба.

Зовсім інший підхід до визначення густоти розвідувальної мережі запропонував В. С. Огарков. Він установив, що економічні витрати на розвідувальні роботи в міру згущення мережі виробок зростають, а економічні витрати на гірничопідготовчі роботи зменшуються. Внаслідок цього сумарні економічні затрати на розвідку і видобування, змінюючись по кривій, мають мінімум, якому і відповідає раціональна густота розвідувальної мережі. Він рекомендує визначати відстані між розвідувальними виробками за формулами:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 59

– при підземній розробці родовищ  $l = \sqrt[4]{\frac{DS}{BP}}$  ;

– при відкритій розробці родовищ  $l = \sqrt[4]{\frac{DS}{5BP}}$  ,

де  $D$  – вартість буріння однієї свердловини;

$S$  – площа родовища, м<sup>2</sup>;

$B$  – питомі затрати на гірничі роботи, грн/м<sup>3</sup>;

$P$  – міра мінливості, яка дорівнює відношенню кількості свердловин, які розкрили некондиційні (аномальні) ділянки, до загальної кількості розвідувальних свердловин.

### Особливості вимог до геометризації деяких типів родовищ

#### Вугільні родовища

Для вугільних родовищ характерним є велика різноманітність умов залягання, які зумовлюють спосіб і системи розробки.

Геометризації підлягають такі основні показники: форма покладу, потужність пласта, вміст золи, структурні показники пласта і вміщуючих порід, насамперед порід покрівлі. Провідним елементом графічної моделі вугільних родовищ служить гіпсометричний план підошви або покрівлі пласта.

У випадку середньої і малої потужності пласта складають гіпсометричні плани підошви пласта, які необхідні для розв'язування багатьох гірничих задач. У випадку ж потужного пласта і низхідної поширової відробки найбільший інтерес, як вихідний елемент, являє собою геометричний план висячого боку пласта.

При підземній розробці вугільних родовищ велике значення має оцінка виїмкових полів з урахуванням можливості використання в очисних вибоях механізованих комплексів, стійкості покрівлі, прояву раптових викидів вугілля й газу. Для цього необхідна кількісна характеристика розкривних структур і тріщинуватості масиву, літологія покрівлі, розмивів, потужності вугільних пластів і розміщення указаних показників.

Пластоподібна форма залягання потребує об'єктивної характеристики потужності покладу та її розміщення в межах поля, котра забезпечується складанням і веденням плану ізопотужностей. Його використовують для розбиття виїмкових полів, одержання необхідних

<b>Житомирська політехніка</b>	<b>МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015</b>	<b>Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025</b>
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 1 / 60</i>

даних для паспортів обладнання і кріплення, оцінки втрат і засміченості вугілля.

При значних змінах внутрішньої золи у вугіллі, особливо буровугільних родовищ, виділення й оцінка виїмкових полів потребують геометризації цього показника.

На складних і дуже обводнених ділянках вугільних родовищ гідрогеологічні умови є вирішальним чинником. Геометризація указаних умов потребує характеристики розміщення і числових значень напорів, а також гіпсометрії водоносних і водонепрохідних горизонтів.

Відкрита розробка вугільних родовищ має додаткові потреби щодо змісту графічної моделі поля розрізу, яка забезпечує необхідну геометричну характеристику літології і структури покривних відкладень.

Розв'язування задач, пов'язаних із стійкістю розкритих уступів, бортів розрізу, проявом зсувних явищ, стійкістю відвалів потребує необхідної інформації, яку одержують внаслідок геометризації. При цьому часто складання графічної моделі має ґрунтуватися на комплексному використанні методів розрізів, ізоліній та циклографічних проекцій.

### **Рудні родовища**

Рудні родовища за своєю формою, характером мінералізації і гірничо-геометричними умовами є найскладнішими об'єктами геометризації. Тут графічна модель родовища в межах шахтного поля або поля розрізу за кількістю геометричних показників є найбільш повною. Складність складання структурних і якісних графіків зумовлена складністю форми рудних тіл і проявами мінералізації, а також відсутністю видимих контактів рудних тіл з вмшуючими породами. Такі графіки будують за системою перерізів на базі даних розвідки і результатів ретельно виконуваного опробування розвідувальних і гірничих виробок.

Комплекст графічної моделі включає гіпсометричний план рудних тіл, план ізопотужностей, план ізовмісту корисних, а іноді й шкідливих компонентів, іноді план лінійних запасів і геомеханічних показників. Графіки складаються за методикою, розглянутою раніше.

У випадку багатоконпонентних руд попередньо установлюють форму і силу кореляційних зв'язків між компонентами для їх використання при необхідності.

### **Бокситові родовища**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 61

Бокситові родовища відносяться до багатокомпонентних рудних родовищ, які відповідно до умов залягання здебільш розроблюють відкритим способом. Видимий контакт руди з вмшчуючими породами відсутній. Установлюють його опробуванням. Тому оконтурювання покладу і документація розміщення контакту у вигляді гіпсометричного плану є першочерговою задачею, а сам план – вихідним елементом графічної моделі.

Гіпсометричний план покрівлі покладу, на якому одночасно фіксують підшву покривних відкладень, необхідний для планування розкривних робіт, а гіпсометричний план підшви покладу – для проведення робіт з видобування руди.

За цих умов велике значення має складання, ведення і використання якісних планів, які характеризують основні показники бокситів ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ). Основним з цих показників є вміст глинозему  $Al_2O_3$ . Його розміщення в покладі зображується планом ізовмісту  $Al_2O_3$ . Аналогічні плани складають також для  $SiO_2$ , і  $Fe_2O_3$ . Слід відзначити також необхідність своєчасного виявлення форми і сили кореляційного зв'язку між компонентами бокситової руди з метою повнішого використання одержаної інформації.

Відношення  $Al_2O_3/SiO_2$  називають *кремнієвим модулем*. За ним виділяють марки бокситу. Їх розміщення в межах поля розрізу покращує планування видобутку руди заданого складу.

Складання, ведення і використання структурних і якісних графіків в процесі розвідки і розробки родовища уможливають постійне коригування і спрямування розвідувальних і гірничих робіт.

Часто спостережувана складна будова родовищ, переривчастість покривних відкладень та інтенсивна їх обводненість зумовлюють комплексне використання при їх геометризації планів в ізолініях показників і літолого-стратиграфічних карт, побудованих на основі циклографічних проєкцій.

### Розсіпні родовища

Гірничо-геометричні графіки для розсіпних родовищ складають на підставі даних вихідної документації розвідувальних виробок. Проміжною операцією є складання зведених розрізів і кривих вмісту по розвідувальних лініях.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 62

Для зручності виконання роботи деякі дані розвідки зводять в одне місце і представляють у вигляді графіка, якого називають *аркушем розвідки*. При попередній розвідці його складають в масштабі 1:5000, при детальній – в масштабі 1:2000.

Змістом аркуша розвідки в масштабі 1:2000 є опорна мережа, основні елементи ситуації і розвідувальна мережа. Біля кожної розвідувальної виробки, крім її номера, зліва виписують глибину виробки, справа – вміст корисного компонента і внизу – відмітку устя виробки.

При геометризації будь-якого родовища важливе значення має план ізоліній лежачого боку покладу. Стосовно розсіпів він зображується графіком постелі розсіпу або її основи. Цей графік при заданому рівні підтоплення дає можливість визначати глибину черпання в будь-якій точці дражного полігону.

Побудова плану ізоліній постелі розсіпу виконується при ретельному обліку геологічної будови основи розсіпу.

При розробці розсіпу драгами важливо знати об'єм металовміщуючих відкладень, які підлягають промиванню і розподіленню їх в межах розсіпу. Тут поділ товщі відкладень на торф і пісок не має сенсу, тому експлуатаційна глибина, установлена в розвідувальних виробках, є відміткою для побудови плану ізопотужностей металовміщуючих відкладень.

Уявлення про середню насиченість металом в 1 м<sup>3</sup> відкладень дає графік або план об'ємного вмісту металу. Вихідними даними для побудови ізоліній цього графіка служать величини вмісту по кожній розвідувальній виробці.

Уявлення про розподіл маси металу на площі розсіпу дає план площового вмісту, який є планом ізоліній лінійних запасів корисного компонента. Цей графік необхідний переважно для підрахунку запасів металу і планування видобутку. Вихідними даними для складання графіка служать числові значення, одержані як добуток середнього вмісту металу у виробці на її експлуатаційну глибину.

Все викладене вище свідчить про наявність низки загальних положень, які визначають методику геометризації родовищ і особливостей її, що впливають із специфіки гірничо-геологічних умов різних типів родовищ і відповідних гірничо-геологічних вимог.

Встановлення просторових закономірностей розміщення корисних і шкідливих компонентів покладу корисних копалин дозволяє вирішувати питання генезису родовища, робити оконтуривання і підраховувати запаси,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 1 / 63</i>

а для рудних родовищ - планувати видобуток руди з заданим вмістом корисних і шкідливих компонентів, проектувати залишення ціликів в більш бідних ділянках покладу та ін.

У **третьому розділі** повинні бути описані графічні і графоаналитичні матеріали, які були використані при геометризації родовища (або його ділянки). Необхідно прокоментувати отримані результати.

Основне призначення геометризації полягає в тому, щоб сприяти вирішенню прикладних задач, що виникають на гірничодобувному підприємстві в процесі розвідки і відпрацювання родовища, раціонального освоєння і охорони надр. Нижче наводиться приблизний перелік завдань, які можна вирішувати на основі геометризації в процесі курсового проектування:

1. Побудова об'ємних зображень системи гірничих виробок з метою раціонального і безпечного ведення гірничих робіт.

2. Підрахунок запасів корисних копалин конкретного родовища різними методами з оцінкою точності.

3. Гірничо-геометричний аналіз результатів випробування конкретного родовища по гірничій виробці або в цілому по родовищу і визначення статистичних параметрів мінливості показників родовища.

4. Геометризація конкретного родовища в зв'язку з рішенням задач його дорозвідки на основі дослідження мінливості показників родовища і обґрунтування щільності розвідувальної мережі.

5. Геометризація тектонічної порушеності на конкретній ділянці родовища для планування гірничих робіт за даними буріння і експлуатації.

6. Складання прогнозу розміщення показників корисної товщі родовища на сусідні ділянки або нижні горизонти надр і оцінка точності прогнозу. Методи екстраполяції (прогнозування) показників родовища.

7. Побудова графічних і аналітичних моделей родовища для його раціональної розробки. Характеристика програмного забезпечення для побудови моделей на ЕОМ.

8. Планування гірничих робіт в режимі усереднення якості видобутої руди.

9. Нормування запасів родовища за ступенем їх підготовленості до видобування.

10. Класифікація, методи нормування і визначення фактичних втрат і разубожіння корисних копалин при розробці конкретного родовища.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.X-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 1 / 64</i>

11. Класифікація та нормування втрат і разубожіння корисної копалини при розробці родовища з техніко-економічними обґрунтуваннями.

12. Встановлення одновимірних, двовимірних або багатовимірних статистичних залежностей для гірничо-геологічних показників родовища з метою геометризації родовища.

13. Рекультивация порушених гірничими роботами земель при відкритій розробці родовища з метою охорони навколишнього середовища.

14. Уніфікація геологічної інформації при геометризації конкретного родовища за даними розвідувального буріння. Бази даних для складання цифрових моделей родовища.

Керівник курсового проектування може запропонувати і інші завдання, актуальні для гірничого підприємства, за яким використовується вихідна інформація для проектування.

**Учетвертому розділі** описують вихідні дані для вирішення завдань, обґрунтовують методику рішення і дають відповідні коментарі, виробляють оцінку точності отриманих результатів і вказують роль і місце вирішеною завдання в практичній діяльності гірничого підприємства.

### **Порядок формування висновків**

У висновку дається загальна характеристика роботи, короткі висновки по розділах проекту, а також наводяться отримані результати з елементами їх оцінки. Висновок покликаний сконцентрувати увагу на вузлових моментах курсового проекту: оцінці вихідних даних і їх математичної обробки, виборі методу геометризації і результатах вирішення поставлених в курсовому проекті завдань. Висновок складається після закінчення роботи над курсовим проектом.

### **Вимоги до цитування та оформлення літературних джерел**

Цитовані літературні джерела в тексті вказують в квадратних дужках з порядковим номером даного джерела за списком літератури. Список літератури складають за алфавітом, при цьому спочатку вказують джерела на українській мові, а потім - іноземні (на мовою оригіналу) за тією ж ознакою. Існують наступні основні випадки подання літературних джерел, приклади яких наведені в списку рекомендованої літератури методичних вказівок:

1. Один, два або три автори:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	Екземпляр № 1	Арк 68 / 65

- а) книги [1-6, 8, 10 і ін.];
- б) статті в журналі, збірнику [14];
- в) статті у збірнику під редакцією [13].
- 2. Група більше трьох авторів:
  - а) книги [7, 15];
  - б) збірники під редакцією [11].
- 3. Збірники матеріалів, інструкції, довідники та ін. [9, 12, 16, 23].

## Література

### Основна:

1. Левицький В.Г., Криворучко А.О. Геометрія надр: навч. посібник. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. 227 с.
2. Бакка М. Т., Редчиць В. С. Наральник Я. В. Геометризація родовищ корисних копалин: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 180 с.
3. Сидоренко В. Д., Федоренко П. Й., Шолох М. В. та ін. Геометризація родовищ корисних копалин : навч. посіб. Кривий Ріг : Видав. центр КТУ, 2008. 367 с.
4. Бруй Г. В., Назаренко В. О. Геометризація та підрахунок запасів родовищ корисних копалин : навч. посіб. Одеса : Олді+, 2025. 136 с.
5. Куницька М.С., Криворучко А.О., Скорик М.А., Павлюченко М.В., Заболотна Ю.О. Геометризація просторового розподілу шкідливих та корисних елементів в умовах Злобицького родовища ільменіту. Технічна інженерія. 2024. Вип.1 (93). С. 383-391.

### Додаткова:

1. Бакка М.Т., Назаренко В.О. Маркшейдерське забезпечення відкритих гірничих робіт: Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 196 с.
2. Бакка М.Т., Іськов С.С. Маркшейдерська справа (введення в спеціальність): Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006 – 276 с.

Базова 1. Халимендик Ю. М., Редчиць В. С. Основи геометрії надр: Навчальний посібник. За загальною редакцією проф. М.Т. Бакка. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 303 с.

2. Кісель О.О., Башинський С.І., Редчиць В.С. Практикум з гірничої геометрії. Ч. І. Навчальний посібник для студентів спеціальності "Маркшейдерська справа". – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 266 с.

3. Антипенко Г. О., Ніколаєва Т. Г. Геометризація родовищ корисних копалин (практикум) – Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2001. – 91 с.

<b>Житомирська політехніка</b>	<b>МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015</b>	<b>Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025</b>
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 1 / 66</i>

4. Антипенко Г. О., Ніколаєва Т. Г. Геометризація родовищ корисних копалин (практикум) – Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2002. – 113 с.

5 Бібліотечно-інформаційний ресурс (книжковий фонд, періодика, фонди на електронних носіях тощо) бібліотеки Житомирської політехніки, Житомирської обласної універсальної наукової бібліотеки ім. Олега Ольжича (<http://www.lib.zt.ua/>, 10014, м. Житомир, Новий бульвар, (0412) 37-84-33), Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського (<http://www.nbuv.gov.ua/>, Київ, просп. 40-річчя Жовтня, 3 +380 (44) 525-81-04) та інших бібліотек .

6. Інституційний репозитарій Державного університету «Житомирська політехніка» (наукові статті, автореферати дисертацій та дисертації, навчальні матеріали, студентські роботи, матеріали конференцій, патенти, комп'ютерні програми, статистичні матеріали, навчальні об'єкти, наукові звіти).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 67</i>

## Зміст

ВСТУП .....	3
Зміст та оформлення курсового проекту .....	4
Характеристика змісту окремих розділів.....	5
Висновки про характер розміщення показників.....	7
Про функцію розміщення показників .....	8
Графічне зображення функцій показників.....	9
Геометризація структури родовища .....	11
Система розрізів .....	12
Гіпсометричний план.....	12
Складання гіпсометричного плану за висотними відмітками .....	14
Побудова гіпсометричних планів за допомогою вертикальних розрізів.....	15
Побудова гіпсометрії нижчележачого пласта за гіпсометрією ишчележачого .....	16
Потужність міжпласта постійна .....	16
Потужність міжпласта змінна.....	17
План ізопотужностей покладу .....	19
План ізоглибин.....	21
Геометризація умов залягання корисних копалин .....	24
Геометризація фізико-хімічних якостей корисних копалин.....	25
Опрацювання даних опробування .....	29
Згладжування результатів спостережень... ..	32
Якісні гірничо-геометричні графіки.....	36
Аналітичні методи оцінки мінливості.....	44
Оцінка повноти розвіданості (вивченості) родовищ .....	50
Особливості вимог до геометризації деяких типів родовищ.....	54
Вугільні родовища .....	54
Рудні родовища .....	55
Бокситові родовища.....	56
Розсипні родовища .....	56
Порядок формування висновків .....	59
Вимоги до цитування та оформлення літературних джерел .....	59
Вимоги до комплекту графічної документації і додатків.....	60
Література.....	60
Зміст.....	62

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06 05.01/184.00.1/ Б/ВК2.Х-2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 68 / 68</i>

Куницька Марина Сергіївна

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**для виконання курсового проєкту**  
з навчальної дисципліни  
**«ГІРНИЧА ГЕОМЕТРІЯ»**

для здобувачів вищої освіти освітнього  
ступеня «бакалавр» денної та заочної форми  
навчання спеціальності 184 «Гірництво»  
(G16 «Гірництво та нафтогазові технології»)  
факультет гірничої справи,  
природокористування та будівництва  
кафедра маркшейдерії

Рецензенти: Шлапак В.О.

Башинський С.І.

---

Електронне видання. Формат 30×42 / 4. Гарнітура Times New Roman.  
Умов. друк. акр. 1,98. Обл. вид. арк. 1,86.

---

Державний університет «Житомирська політехніка» 10005,  
Житомир, вул. Чуднівська, 103 <https://ztu.edu.ua>