



mip metinvest
polytechnic

Г.В. Бруй
В.О. Назаренко

ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ ТА ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

**ОЛДІ
ПЛЮС**

Навчальний посібник

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Г. В. Бруй, В. О. Назаренко

**ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ ТА ПІДРАХУНОК
ЗАПАСІВ РОДОВИЩ
КОРИСНИХ КОПАЛИН**

Навчальний посібник

Одеса • 2025 • Олді+

УДК 22.1+553.048(075.8)

Г36

Автори:

Г. В. Бруй – кандидат технічних наук, доцент;

В. О. Назаренко – доктор технічних наук, професор

Рецензенти:

О. С. Кучин – доктор технічних наук, професор кафедри геодезії НТУ «Дніпровська політехніка»;

І. Г. Сахно – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гірничої справи ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка»

*Робота друкується за рішенням Вченої ради
ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка»
(протокол № 7 від 27.03.2025 р.)*

Г36 **Геометризація** та підрахунок запасів родовищ корисних копалин : навчальний посібник / Г. В. Бруй, В. О. Назаренко ; ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка». – Одеса : Олді+, 2025. – 136 с.

ISBN 978-966-289-982-5

Навчальна мета матеріалу, що викладається в посібнику, полягає у наданні студенту базових понять і знань щодо завдань маркшейдерської служби гірничовидобувного підприємства під час вивчення геологічної будови родовищ корисної копалини, сутності, призначення і методів геометризації. Розглядаються найбільш поширені методи вивчення геометричної будови покладів корисних копалин і їх властивостей. Наведені основні відомості про способи і методи побудови гірничо-геометричних графіків, що відображають геометрію покладу. Приділено значну увагу методикам і способам оцінки кількості корисної копалини з урахуванням якісного складу, класифікації запасів і їх категоріям.

Для студентів за напрямом підготовки 184 «Гірництво».

УДК 22.1+553.048(075.8)

ISBN 978-966-289-982-5

© Г. В. Бруй, В. О. Назаренко, 2025

© ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка», 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	
ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН	8
1.1. Основні задачі маркшейдерії при вивченні родовищ	8
1.2. Зміст і призначення гірничо-геометричних графіків	10
1.3. Суть, задачі і методи геометризації	12
1.4. Поняття і умовності, які приймаються при геометризації родовищ корисних копалин	14
1.5. Функція розміщення показників	15
1.6. Графічне зображення функцій показників	16
1.7. Геометризація структури родовищ	19
1.7.1. Загальні положення. Типи форм тіл корисної копалини	19
1.7.2. Метод геологічних розрізів	21
1.7.3. Побудова вертикального геологічного розрізу за даними розвідки	22
1.7.4. Побудова горизонтального геологічного розрізу	24
1.7.5. Метод ізоліній	25
1.7.6. Гіпсометричний план пласта. Загальні положення	26
1.7.7. Складання гіпсометричного плану за висотними відмітками	26
1.7.8. Побудова гіпсометричних планів за допомогою вертикальних розрізів	29
1.7.9. Побудова гіпсометрії нижчележачого пласта за гіпсометрією вищележачого	30
1.7.10. Практичне значення гіпсометричних планів	33
1.7.11. План ізопотужностей покладу	34
1.7.12. План ізоглибин залягання покладу	36
1.8. Геометризація якісних властивостей корисних копалин	40

1.8.1. Характеристика складу корисних копалин	40
1.8.2. Поняття про опробування	41
1.8.3. Якісні гірничо-геометричні графіки	42
1.9. Короткі відомості про тектонічні порушення	45
1.9.1. Геометризація складчастих структур	45
1.9.2. Геометричні елементи і параметри розривних порушень	47
1.10. Особливості геометризації вугільних родовищ	50
1.11. Рудні родовища	51
1.12. Бокситові родовища	51
1.13. Розсипні родовища	52

РОЗДІЛ 2

ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН 55

2.1. Загальні питання підрахунку запасів.	
Види підрахунків запасів	55
2.2. Класифікація розвіданих запасів корисної копалини	59
2.3. Підготовленість родовищ до промислового освоєння	61
2.4. Класифікація промислових запасів за ступенем їх готовності до видобутку	62
2.5. Параметри підрахунку запасів і способи їх визначення	66
2.5.1. Оконтурювання покладу корисної копалини	68
2.5.2. Визначення площі підрахунку запасів	70
2.5.3. Визначення площі топографічної поверхні	72
2.5.4. Визначення середньої потужності покладу	74
2.5.5. Визначення об'ємної маси корисної копалини	74
2.5.6. Визначення середнього вмісту корисного компоненту	75
2.6. Способи підрахунку запасів	76
2.6.1. Спосіб середнього арифметичного	77
2.6.2. Спосіб геологічних блоків	78
2.6.3. Спосіб експлуатаційних блоків	79
2.6.4. Спосіб паралельних розрізів	81
2.6.5. Спосіб непаралельних (збіжних) розрізів	82

2.6.6. Спосіб ізоляції (професора П. К. Соболевського)	85
2.6.7. Спосіб середнього кута падіння покладу	86
2.6.8. Спосіб ізогіпс (професора В. І. Баумана)	87
2.6.9. Спосіб багатокутників	88
2.6.10. Комбіновані способи підрахунку запасів	92
2.6.11. Особливості підрахунку запасів вугілля	93
2.6.12. Державні вимоги до підрахунку запасів вугільних родовищ	94
2.6.13. Вихідні матеріали до підрахунку запасів вугілля	101
2.6.14. Потужність вугільного пласта і його зольність	104
2.6.15. Вибір способу підрахунку запасів	109
2.6.16. Оцінка точності підрахунку запасів	112
2.7. Облік стану і руху запасів, втрат і збіднювання корисних копалин	116
2.7.1. Загальні положення	116
2.7.2. Облік руху запасів	117
2.7.3. Визначення розмірів і облік втрат при видобутку. Нормування та планування втрат	121
2.7.4. Втрати та збіднювання корисних копалин в процесі видобування	124
2.7.5. Класифікація втрат	125
2.7.6. Визначення розмірів втрат і збіднювання корисних копалин	127
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	132

ВСТУП

Складові геометризація та підрахунок запасів родовищ корисних копалин є основою дисципліни «Геометрія надр», яка є обов'язковою для опанування студентами, що вивчають маркшейдерську справу, і спрямована на формування компетентностей щодо створення графічної моделі родовища на основі геометризації форми, структури та якісних показників корисних копалин, визначення кількісних та якісних показників корисної копалини, обґрунтування найбільш прийняттого способу підрахунку запасів в конкретних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах, та здійснення контролю за рухом і станом запасів корисної копалини.

Виявлення і відображення просторових закономірностей будови і властивостей покладу корисної копалини відповідно до результатів спостережень є однією з актуальних задач маркшейдерської служби на підприємстві. Адже розвиток гірничих виробок здійснюється саме виходячи з геометрії покладу. Раціональна і ефективна розвідка, будівництво і розробка родовища корисної копалини неможлива без геометризації її показників.

Повсякденними, але дуже важливими завданнями маркшейдерської служби є питання підрахунку запасів корисної копалини. Тому в навчальному посібнику розглядаються основні завдання підрахунку запасів, обліку стану і руху запасів у надрах. Вивчаються способи визначення якісних та кількісних характеристик корисної копалини, що відіграють визначальну роль в процесі підрахунку запасів, а також теоретичні основи найбільш застосовуваних способів підрахунку запасів. Розглядаються чинники, що зумовлюють зміну вихідних балансових та попозабалансових запасів. Особливу увагу в курсі приділено поняттям втрати та збіднювання корисних копалин в процесі видобування, нормуванню та плануванню втрат.

У цілому дисципліна «Геометрія надр» спрямована на розвиток елементів просторового уявлення, навчає робити узагальнюючі

висновки в процесі розв'язування конкретних складних гірничо-інженерних задач. Отримані знання можуть будуть використані в професійній діяльності фахівців маркшейдерських підрозділів шахт, рудників та кар'єрів на всіх етапах розробки родовищ, визначення геометричної будови та умов залягання покладів, стану і руху запасів корисних копалин.

РОЗДІЛ 1

ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальна мета матеріалу розділу полягає у наданні студенту базових понять і знань щодо завдань маркшейдерської служби гірничодобувного підприємства під час вивчення геологічної будови родовища корисної копалини, сутність, призначення і методи геометризації. Розглядаються найбільш поширені методи вивчення геометричної будови покладів корисних копалин і їх властивостей. Наведені основні відомості про способи і методи побудови гірничо-геометричних графіків, що відображають геометрію покладу.

1.1. Основні задачі маркшейдерії при вивченні родовищ

Щоб усвідомити зміст основних задач, які стосуються вивчення родовищ корисних копалин і оцінити ту роль, яку вони відіграють у загальному комплексі робіт з освоєння родовищ, розглянемо загальну схему розвідки і розробки родовищ. Як відомо, розвідку корисних копалин взагалі поділяють на *попередню, детальну і експлуатаційну*.

Попередня розвідка дає можливість визначити загальні розміри родовища і приблизну характеристику якості та умов залягання корисної копалини.

Детальна розвідка більш точно вивчає будову родовища, форму тіл, якість і розподіл окремих сортів корисної копалини, гідрогеологічні і гірничо-технічні умови проведення експлуатаційних робіт.

Додаткові відомості про тектонічні порушення, зміну потужності покладу і вмісту корисних і шкідливих компонентів дає *експлуатаційна розвідка*, яку проводять у процесі розробки родовища.

Маркшейдерські роботи проводяться на всіх етапах освоєння родовищ корисних копалин і тому зміст задач дуже різноманітний.

При розвідці родовищ маркшейдер виконує зйомку земної поверхні, природних відслонень гірських порід і інших об'єктів геологічних спостережень, в результаті чого складаються топографічні карти (плани), які служать основою для геологічних карт (планів) і проектування геологорозвідувальних робіт.

За затвердженим проектом геологорозвідувальних робіт проводять розбивочні роботи, тобто в натурі на (місцевості) вказують місця закладання різноманітних розвідувальних виробок і задають їм напрямок. У міру того, як проходять виробки, маркшейдер виконує їх зйомку, наносить отримані дані на плани, на основі даних розвідки разом з геологами складає різноманітні графічні документи, які характеризують як форму залягання корисної копалини, так і просторове розміщення її якісних властивостей.

На завершальному етапі геологорозвідувальних робіт маркшейдер приймає участь у підрахунку запасів розвіданого родовища.

Але як би ретельно не проводилась детальна розвідка, вона не в змозі виявити усі деталі структури родовища, особливо, якщо воно має складну форму. В цілому ряді випадків ці «деталі» (тектонічні порушення, зміна потужності, зміна якісного складу тощо), хоча і мають місцеве значення, не можуть суттєво впливати на спосіб розробки, але вони можуть ускладнювати роботу під час експлуатації.

А тому маркшейдерська служба гірничого підприємства повинна мати більш повні відомості, ніж ті, які дає детальна розвідка.

Додаткові відомості, які уточнюють уяву про родовище, дає експлуатаційна розвідка.

Таким чином, основні задачі маркшейдерської служби можливо розділити на дві основні групи:

1. Незалежно від стадії розвідки до функції маркшейдера входить задавання на місцевості проектних положень розвідувальних виробок і зйомки їх фактичного положення.

2. На стадії експлуатаційної розвідки, крім того, отримують додаткові дані про родовища і внесення необхідних змін і доповнення у первинні документи, що складені за даними детальної розвідки.

Методика розв'язування цих задач залишається такою, як при детальній, так і при експлуатаційній розвідці і базується на загальноприйнятих у геодезії методиках зйомок [1, 2].

1.2. Зміст і призначення гірничо-геометричних графіків

У процесі виконання геолого-розвідувальних робіт накопичується велика кількість даних, які характеризують форму покладів корисних копалин, умови залягання і різноманітні кількісні показники. Характер розподілу цих показників можливо виразити аналітично у вигляді функціональної залежності, таблиць або графічно.

Аналітичне вираження цих функцій, тобто математичне моделювання не завжди можливе. Використання у теперішній час ПЕОМ дозволяє розв'язати деякі задачі методом математичного моделювання. Але цей метод поки що не отримав широкого практичного застосування. Табличний спосіб зручний для представлення отриманих даних, але він незручний для узагальнення цих даних і виявлення закономірностей їх розміщення у просторі.

Графічний спосіб дозволяє простими засобами геометрично моделювати закономірності просторового розподілу показника, що вивчається, шляхом побудови гірничо-геометричних графіків. Таким чином, в результаті розвідувальних робіт необхідно скласти геометричну модель, яка б наочно відображала закономірності просторового розміщення структурних якісних показників родовищ корисних копалин.

Гірничо-геометричні графіки розподіляють на структурні і якісні.

Структурними називають гірничо-геометричні графіки, які дають наочне просторове уявлення про форму, елементи і умови залягання, порушення і інших геометричних особливостях покладу.

Якісними називають гірничо-геометричні графіки, які дають наочне просторове уявлення про характер зміни якісних властивостей корисних копалин (наприклад, вміст корисних або шкідливих компонентів).

При складанні цих графіків в горизонтальній площині проєкцій їх називають *гірничо-геометричними планами*.

Структурні і якісні гірничо-геометричні графіки (плани) складають у міру того, як накопичуються фактичні дані про родовище в період його розвідки і експлуатації.

Складання гірничо-геометричних графіків і креслень за даними розвідки називають *геометризацією родовищ*.

В залежності від характеру початкової геолого-маркшейдерської інформації, а також поставлених задач, геометризацію родовищ розділяють на регіональну, детально-розвідувальну і експлуатаційну.

Регіональну геометризацію проводять з метою виявлення загальних питань структури регіону для виділення в регіоні районів, сприятливих для деталізації пошуків і розвідки. Початковими даними у цьому випадку є результати геологічної зйомки, дрібних і середніх масштабів, а також дані розвідувального структурного буріння.

Детально-розвідувальну геометризацію проводять для перспективних ділянок родовищ корисних копалин, яка включає складання структурно-геометричних карт, планів та розрізів.

Ці матеріали використовують для проектування нових розвідувальних виробок, а також стволів, штолень тощо.

Експлуатаційна геометризація є основою для правильного ведення і планування підготовчих, нарізних і очисних гірничих робіт.

На даній стадії геометризація виконується детально, а гірничо-геометричні графіки складають в крупних масштабах 1:2000 – 1:500.

Характерною особливістю складання цих графіків є те, що вони в міру накопичення нової геолого-маркшейдерської інформації систематично обновляються та уточнюються.

Таким чином, структурні і якісні гірничо-геометричні графіки відображають *ступінь вивченості родовища* на даний момент часу і дозволяють правильно і ефективно здійснити планування та проведення геологорозвідувальних і гірничих робіт.

Питання для самоперевірки

1. Яке основне призначення гірничо-геометричних графіків?
2. Що називають попередньою розвідкою?
3. Що називають детальною розвідкою?
4. Назвіть основні задачі маркшейдерської служби при вивченні родовищ.
5. Що називають структурними графіками?
6. Що називають якісними графіками?
7. Що називають геометризацією родовищ?
8. Що називають регіональною геометризацією?
9. Що називають детально-розвідувальною геометризацією?
10. Що називають експлуатаційною геометризацією?
11. У яких масштабах складають гірничо-геометричні графіки [2]?

1.3. Суть, задачі і методи геометризації

У процесі розвідки родовищ накопичується велика кількість даних, які характеризують умови залягання рудних тіл і фізико-хімічні властивості корисних копалин в окремих точках. Порівняна простота форм пластових родовищ дозволяє проводити всі побудови і розрахунки по обмеженій кількості розвідувальних точок.

Геометрична характеристика більш складних по формі і складу родовищ потребує, звичайно, більшого числа розвідувальних точок і вивчення більшого числа показників [10, 15].

Будь-яка фізична, хімічна, геологічна, геометрична та інша властивість покладу або вміщуючих порід, яку можливо безпосередньо або побічно виміряти, визначити і виразити числом називають *показником*, або ознакою надр. Наприклад потужність, об'ємна вага, елементи залягання, глибина, вологість, шаруватість, тріщинуватість тощо. Всі показники умовно розподіляють на *структурні* та *якісні*. Перші характеризують умови залягання і форму родовищ, інші – якість мінеральної сировини, умови її переробки.

Будь-який показник отримують під час розвідки родовищ і уточнюють під час експлуатації.

Дані розвідки представляють у вигляді графіків і креслень. Складання гірничо-геометричних графіків і креслень за даними розвідки називають *геометризацією родовищ*.

Усі гірничо-геометричні графіки розподіляють на структурні і якісні.

На структурних графіках зображають геометричні особливості покладу: форму його поверхні, потужність, глибину залягання тощо.

На якісних графіках зображують фізико-хімічні якості корисної копалини, розподіл корисних і шкідливих компонентів, об'ємної ваги, вологості тощо.

На практиці найбільш широке застосування отримали такі два методи геометризації родовищ:

1. Метод геологічних розрізів.
2. Метод ізоліній.

Кожен з цих методів окремо не дає змоги зобразити усі особливості родовищ, тому ці методи часто доповнюються один одного [10, 15].

Геометризація – це по суті процес, який складається з таких етапів.

1. Проведення спостережень, збирання інформації в процесі розвідки і розробки корисних копалин і документація цих робіт.
2. Систематизація і попередня обробка спостережень і матеріалів що існують, а також оцінка точності початкової інформації.
3. Обробка інформації математичними і описовими методами.
4. Складання (побудова) геолого-геометричної або математичної моделі родовища і оцінка її точності.
5. Використання одержаної моделі при вирішенні низки гірничих задач.

Таким чином геометризація родовищ корисних копалин є однією із методик геологорозвідувальних і маркшейдерських робіт і являє собою процес вивчення і пізнання родовища в цілому. Процес цей поступовий і послідовний. Геометризація являється науковою математичною базою комплексного вивчення надр.

Об'єктами свого аналізу «Геометрія надр», по виразу її засновника П. К. Соболевського, має три основні моменти життя Землі: форму, властивості і процеси. Отже в більш вузькій загальній постановці питання об'єктами геометризації являються показники форми, якості і процесів пов'язаних єдністю свого походження і які характеризують поклад.

1.4. Поняття і умовності, які приймаються при геометризації родовищ корисних копалин

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

Значення функції розміщення будь-якого показника між точками виміру, як правило, нам невідоме. Тому під час геометризації приймають такі припущення:

– зміна показника між сусідніми точками виміру приймається прямолінійною;

– значення показника, виявленого тільки в одній із суміжних точок розповсюджується на середину відстані між точками виміру (рис. 1). Нехай нам відома дійсна форма рудного тіла в січненні. Вона показана суцільною лінією. В результаті розвідки свердловинами № 2 і № 3 зафіксовано величини потужності m_2 і m_3 . Враховуючи описані вище допущення при побудові, ми одержимо іншу форму тіла (заштрихована частина), відмінну від істинної.

При такому припущенні, крім технічних похибок визначення показників, ми припускаємось також так званої похибки аналогії.

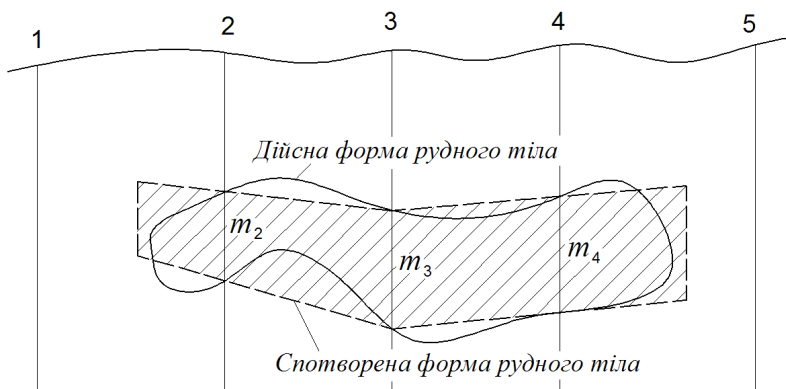


Рис. 1. Спотворення дійсної форми рудного тіла внаслідок припущення щодо лінійного розповсюдження показника

Ця похибка є наслідком розповсюдження вимірних величин на неосвітлену розвідкою частину покладу, що знаходиться між точками виміру. Величина цих похибок залежить від багатьох факторів, про які буде сказано далі.

1.5. Функція розміщення показників

Будь яка властивість P корисної копалини і гірничих порід з точки зору розміщення її в надрах представляє собою неявну функцію координат точки:

$$P = f(x, y, z). \quad (1)$$

Вказане положення не було б загальним, якщо його не пов'язати з часом t , так як в дійсності ми маємо справу з процесом постійного змінення матерії з часом.

Але ці зміни з часом для більшості родовищ настільки повільні, що їх можливо не враховувати.

Уявити функцію в наявному вигляді майже ніколи не вдається через складні умови і безліч факторів обумовлюючих характер (вигляд) функції. Тому залишається єдиний спосіб представлення даної функції – графічний, з допомогою ізоліній по низці окремих значень показників.

Як зазначалось раніше, використання методу ізоліній при вивченні і графічному зображенні функцій типу (1) можливо в тому випадку, коли вона задовольняє умовам, відзначеним П. К. Соболевським:

- а) скінченності;
- б) однозначності;
- в) неперервності;
- г) плавності.

Умова скінченності означає, що для будь якої точки значення z скінчене, тобто не може бути нескінченно великого значення z , ні додаткового, ні від'ємного.

Умова однозначності означає, що для заданих x і y третя координата має лише єдине значення. Впливає це із основної

властивості топографічної поверхні перетинатися з прямовисною лінією або лінією, нормальною до площини проєкції тільки в єдиній точці.

Умова неперервності говорить, що нескінченно малому переміщенню точки у горизонтальній площині (приріст координат x , y) відповідає нескінченно малий приріст функції (координати z).

Умова плавності означає, що криві різних плоских січень поверхонь (горизонталі. Профільні лінії) повинні бути плавними.

Перші дві умови очевидні і не потребують пояснень. Третю умову треба розуміти не так, як наявність показника в будь якій точці простору, а як наявність його в якихось елементарних об'ємах. Наприклад: розглянемо розсип золота. Суцільного металу в ньому звичайно не існує, але він присутній в різних кількостях в певних об'ємах (наприклад в m^3). Встановивши вміст металу в кожному такому об'ємі відносять його на весь об'єм і в цьому разі при побудові графіка вважають розповсюдження металу неперервним.

Плавність функції являється менше визначеним поняттям, ніж неперервність. При графічному зображенні функції плавність характеризується кривиною лінії, яка поступово змінюється. Якщо сукупність спостережень дозволяє побудувати по ним в тому або іншому інтервалі плавну криву, то спостереження можна вважати достатніми.

Таким чином, велике практичне значення умови плавності в тому, що вона визначає в першому приближенні достатність точок спостережень.

1.6. Графічне зображення функцій показників

Як зауважувалось раніше, аналітичний вигляд функції $P = f(x, y, z)$ невідомий. Тому при вивченні родовищ графічне зображення (показників) по їхнім координатам являється найбільш зручним і головне наочним способом їх характеристики.

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

а) можливість визначення функції по заданим її аргументам безпосередньо по кресленню (зручність вимірювання);

б) наочне зображення зміни функції (наочність).

В окремих випадках функція P може приймати вигляд: однієї незалежної змінної $P = f(x)$; двох незалежних змінних $P = f(x, y)$; трьох незалежних змінних $P = f(x, y, z)$.

Для зображення функції $P = f(x)$ побудуємо в прямокутній координат ряд точок, що відповідають окремим значенням функції і з'єднавши їх плавною кривою одержимо графічне зображення функції (рис. 2).

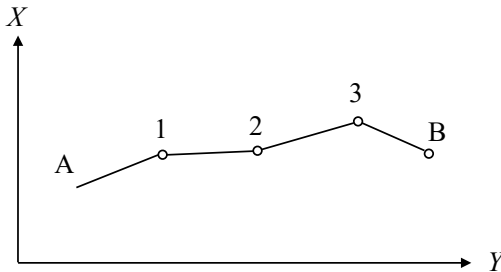


Рис. 2. Графічне зображення функції однієї змінної

Практично це може бути профіль вертикального січення товщі по деякій лінії, лінія горизонтального січення поверхні або крива зміни показника по заданому напрямку.

Таким чином, функція однієї незалежної змінної зображується однією кривою (ламаною) лінією.

Функція двох незалежних змінних $P = f(x, y)$ характеризує поверхню тіл: форму покладів і зміну якісних показників в плоскому січенні.

Якщо задатися рядом окремих значень функції z рівних a_1, a_2, \dots, a_n , то одержимо вирази:

$$a_1 = f(x, y);$$

$$a_2 = f(x, y);$$

.....

$$a_n = f(x, y),$$

які можливо переписати таким чином:

$$y = \varphi(x, a_1);$$

$$y = \varphi(x, a_2);$$

.....

$$y = \varphi(x, a_n).$$

Останні представляють собою ряд функцій однієї незалежної змінної, кожна з яких по попередньому може бути представлена графічно однією кривою. Особливістю їх є те, що в усіх точках кожної кривої z дорівнює одному і тому ж значенню. На рис. 3. Зображені функції виду (2), якщо $z = a_1, z = a_2, z = a_3$.

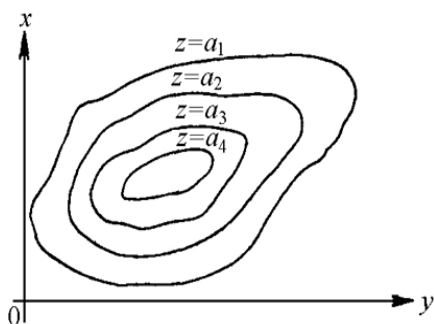


Рис. 3. Графічне зображення функції двох змінних

Добре видно, що тут ми маємо повну аналогію з зображенням топографічної поверхні.

Графічне зображення функції трьох незалежних змінних $P = f(x, y, z)$ зводиться до одержання із цієї функції низки функцій двох незалежних змінних кожна з яких по аналогії з вищесказаним зображується в вигляді топографічної поверхні.

П. К. Соболевський розроблюючи методику геометризації звернув увагу на те, що з функціями виду $P = f(x), P = f(x, y)$ і $P = f(x, y, z)$

можливо проводити будь які математичні дії і від цього їх основні властивості (скінченність, однозначність, непереривність і плавність) не змінюються. Отже після того, як ті або інші математичні дії з функціями проведені, їх знову можна графічно зображувати в вигляді кривих ліній або топографічних поверхонь. Іншими словами, проводячи математичні дії з топографічними поверхнями в результаті одержуємо також топографічні поверхні.

Функції різноманітних показників, що характеризують родовище розділяють на такі види:

а) функції реально існуючих показників (відмітки поверхонь окремих літологічних утворень, покрівлі і подошви покладу, тектонічних порушень та ін.) які виражають дійсні сховані топографічні поверхні;

б) функції показників родовища, які виражають поверхні реально в природі не існуючі (умовні), але які є похідними від реально існуючих поверхонь (ізопотужності, ізоглибини);

в) функції показників, що виражають уявні поверхні, які в природі реально не існують і не завжди пов'язані залежністю з реально існуючими поверхнями (розміщення корисних компонентів, інтенсивність тріщинуватості та інше).

Таким чином показники, що характеризують структуру родовища або речовинний склад корисної копалини, можуть бути представлені в вигляді того або іншого графіку – в вигляді профілю або плану в ізолініях.

1.7. Геометризація структури родовищ

1.7.1. Загальні положення. Типи форм тіл корисної копалини

Структура масиву гірничих порід – це термін, яким користуються для визначення його будови, форми та розмірів структурних блоків, порядок нашарування, типу контактів та інше. Інакше кажучи, під структурою тіл корисних копалин слід розуміти просторове взаєморозташування окремих складових частин його

геологічних елементів, які характеризуються відповідними показниками (елементи залягання, розміри покладів, глибина залягання, потужність, морфологічний склад, форма покладів).

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

1) ізометричні, які мають приблизно однакові всі розміри ($L \approx l \approx m$);

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

3) плитообразні, у яких два виміри довжина і ширина великі, а третій (потужність) значно менший ($m \ll (L \approx l)$), крім того, в природі зустрічаються і такі форми, які не підходять ні до одного 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 основи цих методів були в попередньому параграфі, коли розглядалось графічне зображення функції показників. В результаті геометризації будують комплекти гірничо-геометричних графіків, які розподіляють на *структурні*, що характеризують форму, будову рудних тіл і умови їх залягання і *якісні*, що характеризують склад і якість корисних копалин і гірничо-геологічні умови. Сукупність цих графіків з тим або іншим приближенням дає уяву про родовище в межах ділянки розвідки, шахтового поля або поля розрізу, тобто являється його графічною моделлю.

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

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

Для лінзообразних вугільних родовищ крім гіпсометричного плану, необхідно складати план ізопотужностей покладу.

Якщо такий поклад розробляється 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 перелічених типів графіків складання ще якісних планів.

Розглянемо більш детально призначення і методику створення структурних і якісних графіків.

1.7.2. Метод геологічних розрізів

Структура будь-якої складності в першу чергу представляється системою її вертикальних і горизонтальних геологічних січень (розрізів), по характерним напрямкам.

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 січенню і виходів корисних копалин та маркуючих горизонтів. Потім, користуючись планом розташування свердловин, наносять устя і осі розвідувальних і гірничих виробок, що знаходяться в площині загального розрізу. По осям розвідувальних свердловин послідовно в масштабі наносять зустрінуті свердловиною гірничі породи, корисні копалини, тектонічні розриви та інше.

Після цього відповідні точки, що належать одним і тим же породам, з'єднують прямими лініями. При цьому побудову починають з шару, який має найбільшу кількість фактичних даних. Гірничі породи в площині розрізу зображають у відповідності з 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, чим вони і відрізняються від вертикальних розрізів.

Масштаби розрізів приймають однаковими з масштабом геологічної карти або гіпсометричного плану. Причому, вертикальний і горизонтальний масштаби звичайно беруть однаковими.

Разом з тим в випадках горизонтального і дуже пологого залягання допускається спотворення масштабів. Але і в цьому випадку декілька розрізів по характерним напрямкам повинні мати однакові масштаби.

Горизонтальні розрізи звичайно будують на рівні відміток експлуатаційних горизонтів гірничих робіт при розробці свити пластів або жил. При їх складанні користуються системою вертикальних розрізів навхрест простягання порід і документацією квершлагів і інших виробок.

Таким чином, геологічні розрізи являються дуже важливими структурними графіками. В одних випадках вони представляють собою результати графічного узагальнення первинної документації і являються остаточними документами, в інших випадках їх використовують в процесі подальшого узагальнення як проміжний матеріал. Наприклад, при складанні геологічних карт, структурних планів в ізолініях, блок-діаграм та ін. Тому при геометризації родовищ необхідно звертати дуже серйозну увагу на високу документальну точність і добре виконання цих структурних графіків.

1.7.3. Побудова вертикального геологічного розрізу за даними розвідки

Нехай родовище розвідане вертикальними буровими свердловинами, розташованими по лініях. У процесі розвідки по кожній свердловині визначались (за керном) перебудурені породи, їх потужність й інші дані. За результатами зйомки визначені координати X , Y , Z усть кожної свердловини. По координатах X , Y усть свердловини наносять на план відповідного масштабу (рис. 4, а) [10, 15].

Необхідно побудувати геологічний розріз, наприклад за лінією свердловин 5–8 (рис. 4, а). Побудову вертикального геологічного розрізу звичайно починають з побудови профілю місцевості.

Для цього на аркуші паперу спочатку викреслюють лінію умовного горизонту (рис. 4, б), уздовж якої у вибраному горизонтальному масштабі помічають точки 5', 6', 7', 8', відстань між якими визначають за планом (рис. 4, а).

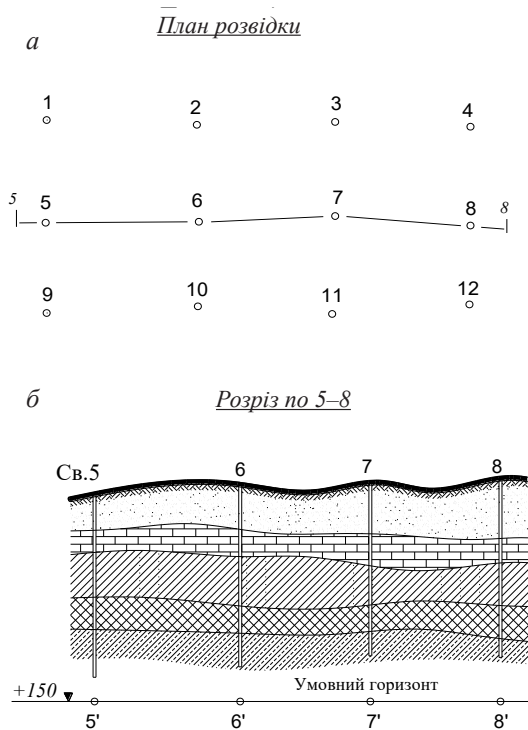


Рис. 4. Побудова вертикального геологічного розрізу

Від цих точок вгору у прийнятому вертикальному масштабі відкладають перевищення устя кожної свердловини над лінією умовного горизонту, що відповідає різниці відміток усть свердловин і лінії умовного горизонту. Так, наприклад, якщо відмітка устя свердловини № 5 дорівнює 173,0, а відмітка лінії умовного горизонту прийнята +150,0 м, то від точки 5' вгору необхідно відкласти відрізок довжиною 23 м. Таку ж операцію проводимо і з іншими свердловинами. З'єднавши послідовно прямими лініями устя суміжних свердловин, отримуємо профіль місцевості за лінією розрізу.

Потім від устя кожної свердловини, вниз послідовно відкладають вертикальні потужності m_a , зустрінutih даною свердловиною

порід і корисних копалин, після чого точки, які відповідають одно-
 йменним контактам в суміжних свердловинах, з'єднують прямими
 або плавними кривими лініями і умовними знаками зображають
 гірські породи і корисні копалини [10, 15].

1.7.4. Побудова горизонтального геологічного розрізу

Горизонтальні розрізи звичайно будують на рівні відміток експлуатаційних горизонтів гірничих робіт при розробці свити пластів або жил. Для побудови горизонтального геологічного розрізу необхідно, щоб на даному горизонті були проведені відповідні гірничі виробки (квершлагги, штреки, орти, бурові свердловини).

Побудову такого розрізу починають з нанесення на план гірничих виробок (рис. 5). У даному прикладі штрек пройдений по пласту k_1 , а квершлаггами виявлене згідне залягання порід. Тому для побудови геологічного розрізу, у даному випадку, достатньо від штреку вздовж кожного квершлаггу послідовно відкласти горизонтальні потужності m_2 зустрінутих ними порід і відповідно з конфігурацією штреку провести плавні лінії, які з'єднують однойменні контакти порід, зафіксованих у квершлаггах.

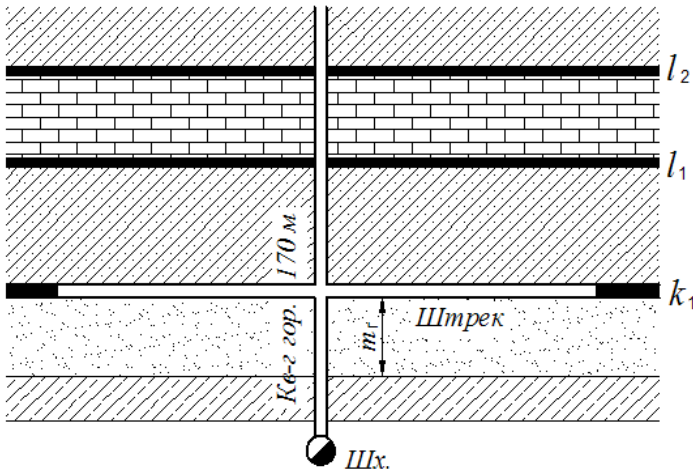


Рис. 5. Горизонтальний розріз кам'яновугільних порід (гор. 170 м)

При розвідці рудних тіл складної форми на заданому горизонті проходять штреки, квершлагги, орти або горизонтальні свердловини (рис. 6). Побудова розрізу нічим не відрізняється від попереднього прикладу.

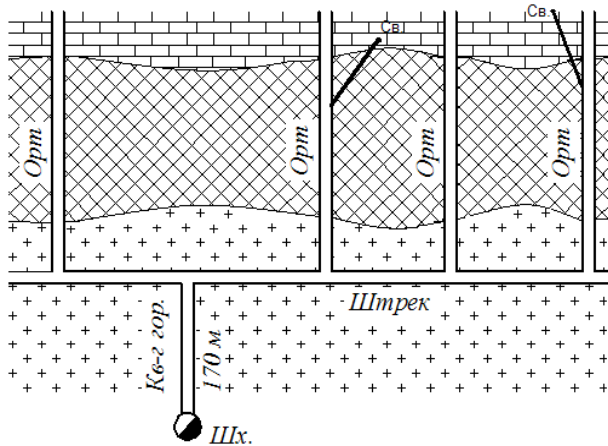


Рис. 6. Горизонтальний геологічний переріз рудного покладу (гор. 170 м)

Геологічні розрізи є важливими гірничо-геометричними графіками, оскільки вони дають наочну уяву про форму і величину рудних тіл і про геологічну обстановку, у якій залягають ці тіла. Кількість розрізів та їх орієнтування кожного разу залежить від складності форми рудних тіл і від способу їх розвідки [10, 15].

1.7.5. Метод ізоліній

Геометризація родовищ методом ізоліній заснована на тих же принципах, як і зображення рельєфу земної поверхні горизонталями. Горизонталь – це плавна лінія, яка з'єднує точки поверхні землі, що мають однакові висотні відмітки (висоти відносно якогось початку), тобто лінії однакових висот або *ізолінії висот*.

Припустимо, що ми маємо відмітки деяких точок, що лежать не на поверхні землі, а на поверхні лежачого або висячого боку рудного тіла. Очевидно, користуючись відмітками цих точок, ми можемо зобразити поверхню рудного тіла, як поверхню землі – горизонталями.

Припустимо тепер, що нам відомі не відмітки, а вертикальні потужності покладу у деяких точках. Потужність у даному випадку можливо представити як деяку висоту і користуючись методом ізоліній, графічно зобразити її зміну по площі.

Ізолініями можливо також зобразити розподіл по площі будь-якої властивості корисних копалин, у зв'язку з чим цей метод знайшов широке застосування при геометризації корисних копалин.

Розглянемо побудову деяких графіків ізоліній, які частіше усього використовують в гірничій справі [15].

1.7.6. Гіпсометричний план пласта. Загальні положення

Поверхню покладу або геологічної структури можливо зобразити як топографічну поверхню з допомогою ліній однакових відміток, які називають *ізолініями* (ізогіпсами для вугільних пластів). План поверхні вугільного пласта в ізогіпсах називають гіпсометричним планом. При цьому, якщо потужність пласта витримана, будують гіпсометричний план висячого або лежачого боку покладу. Якщо ж потужність мінлива будують ізогіпси як висячого боку (покрівлі), так і лежачого (підосви).

Побудову гіпсометричних планів покрівлі або підосви пласта за даними розвідки проводять безпосереднім, або побічним способами.

1.7.7. Складання гіпсометричного плану за висотними відмітками

Гіпсометричний план покладу відносять до структурних графіків і він повинен давати повну уяву про форму і величину покладу, а також його положення у просторі у визначених межах.

Для цього поверхню покладу зображають як поверхню землі горизонталями, які у даному випадку називають *ізогіпсами*,

а сам графік – гіпсометричним планом поверхні всячого або лежачого боку покладу.

Щоб зобразити форму, величину та просторове положення пластового покладу, який має постійну потужність, очевидно достатньо побудувати гіпсометричний план лежачого або всячого боку покладу. Для цього необхідно мати відмітки деяких точок, що лежать на цій поверхні.

У процесі розвідки по кожній свердловині визначають вертикальні потужності зустрінутих порід і корисної копалини. За цими даними легко визначити глибини залягання h кожної породи, у тому числі і лежачого (всячого) боку пласта, гіпсометричний план якого необхідно побудувати [10, 15].

При безпосередньому способі гіпсометричні плани складають по висотним відміткам окремих точок поверхні пласта. В цьому випадку роботи проводяться в такому порядку:

а) на плані 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 або підшови пласта;

б) біля всіх таких точок виписують абсолютні відмітки підшови або покрівлі пласта;

в) проводять аналіз щільності розвідувальної мережі по геометричному критерію;

г) завдавшись величиною січення ізогіпс проводять інтерполяцію відміток, тобто знаходять відмітки, кратні обраному січенню.

Д) одноіменні відмітки з'єднують плавними кривими і таким чином, отримують ізогіпси покрівлі або підшови покладу.

Під час вибору висоти січення ізогіпс необхідно враховувати характер і умови залягання покладів, масштаб креслення, ступінь мінливості показника, величину відміток та інше.

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

$$h = \frac{a \cdot N \cdot \operatorname{tg} \delta}{1000},$$

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; δ – середній кут падіння покладу.

Побудову ізогіпс покладу необхідно починати з найбільше частини родовища.

Виходячи з практики роботи, січення ізогіпс на плані повинно бути кратним деяким цілим круглим значенням. В залежності від масштабу плану, кута падіння пласта і висоти поверху вони бувають рівними 1, 2, 5, 10, 20 м.

Побудову гіпсометричного плану починають з нанесення усть розвідувальних виробок по координатах X, Y (рис. 7). Біля кожної виробки виписують відмітки поверхні покладу $Z_{пл.}$, гіпсометричний план якої необхідно побудувати:

$$Z_{пл.} = Z_{уст.} - h,$$

де $Z_{уст.}$ – відмітка устя свердловини; h – глибина до поверхні покладу (пласта).

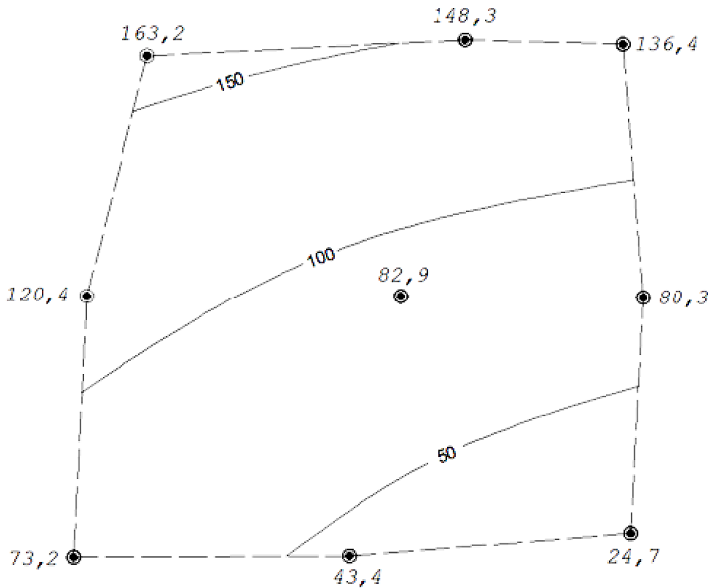


Рис. 7. До побудови гіпсометричного плану поверхні пластового покладу

Маючи відмітки точок поверхні покладу, по усім розвідувальним виробкам звичайним інтерполюванням знаходять точки з відмітками, кратними прийнятій висоті перерізу, що вибирається в залежності від форми поверхні пласта та кута його падіння.

З'єднавши плавними лініями (ізогіпсами) точки з однаковими відмітками, отримують гіпсометричний план [10, 15].

1.7.8. Побудова гіпсометричних планів за допомогою вертикальних розрізів

Якщо родовище розвідують буровими свердловинами, розташованими по розвідувальним лініям, то за цими лініями обов'язково будують вертикальні геологічні розрізи в масштабі плану (рис. 8, б). Для побудови гіпсометричного плану можливо використати вертикальні розрізи. На цих розрізах з урахуванням відміток будують висотну шкалу з горизонтальних ліній, що знаходяться

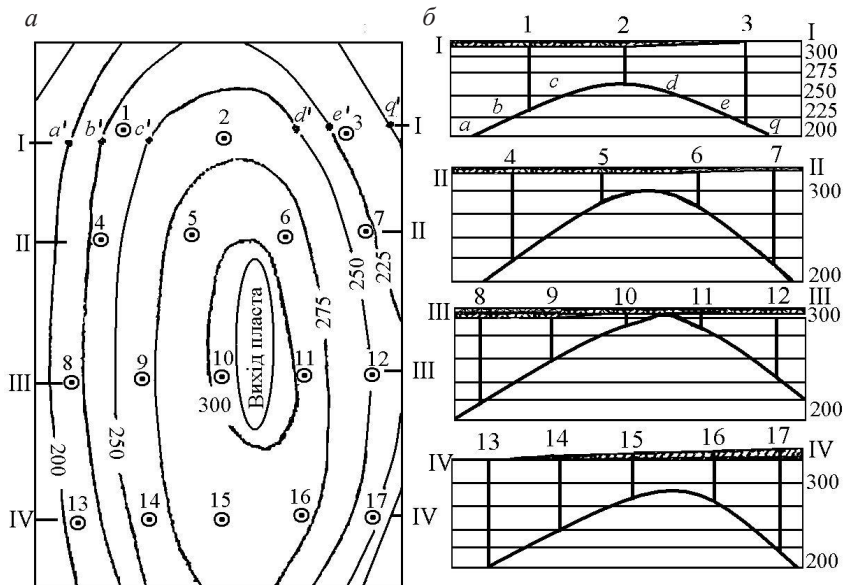


Рис. 8. Побудова гіпсометричного плану (а) за вертикальними розрізами (б)

одна від одної на відстані, що дорівнює висоті прийнятого січення ізогіпс покрівлі або підшви пласта (в даному випадку через 25 м).

На розрізах легко можна знайти положення точок (рис. 8, б) відмітки яких кратні вибраній висоті січення ізогіпс. Наприклад, на розрізі I–I це точки *a, b, c, d, e, q* з відмітками 200, 225, 250, 250, 225, 200 м відповідно.

Далі ці точки з розрізу I–I переносяться на план (рис. 8, а) на лінію розрізу I–I, з розрізу II–II на лінію II–II і так далі. З'єднують на плані точки з однойменними відмітками і одержують в плані ізогіпси покрівлі пласта.

Судячи по характеру ізогіпс покрівлі пласта видно, що родовище має форму брахіантиклінальної складки.

Використання вертикальних розрізів при складанні гіпсометричних виключає трудомістку роботу по інтерполяції відміток на плані, внаслідок чого спосіб одержав широке застосування при геометризації родовищ.

1.7.9. Побудова гіпсометрії нижчележачого пласта за гіпсометрією вищележачого

В процесі розвідки і розробки свити пластів часто вище лежачі пласти виявляються більш достатньо вивченими і розвіданими, ніж інші, які залягають нижче перших.

Загальність процесу складкоутворення викликає загальність деформації (вигинання) пластів, розташованих на різних горизонтах. Ця обставина давно враховується в практиці роботи геологів, маркшейдерів, експлуатаційників і використовується при характеристиці геологічних структур.

На цій основі можливо проводити побудову гіпсометрії нижчележачого пласта, використовуючи гіпсометрію вищележачого. При цьому існує два варіанти залягання пластів – це коли потужність міжпластя постійна і мінлива.

Розглянемо методику побудови гіпсометричних планів нижчележачих пластів для названих умов (рис. 9).

Потужність міжпластя постійна.

Побудову можливо виконати двома способами – за допомогою вертикальних розрізів або безпосередньо на плані.

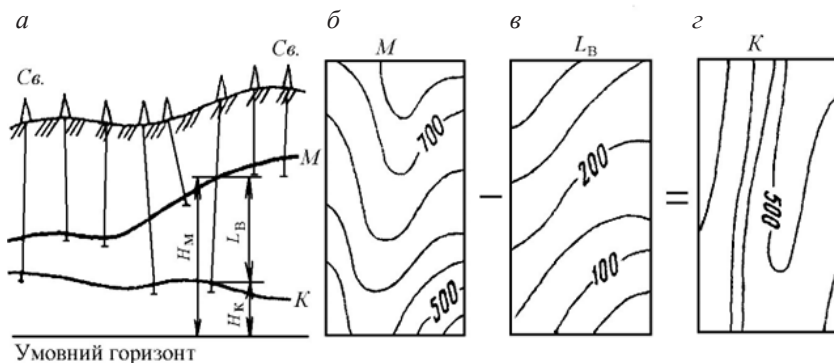


Рис. 9. Схема побудови гіпсометричного плану недостатньо розвіданого пласта:

- а) вертикальний розріз; б) гіпсометричний план пласта М;
 в) графік ізопотужностей (графік сходжень) між пластами М і К;
 г) гіпсометричний план пласта К*

При використанні вертикальних розрізів останні будують навхрест простягання пластів. На кожному розрізі від профілю вищележачого пласта паралельно проводиться профіль нижчележачого пласта на відстані, що дорівнює нормальній потужності порід міжпластя. Потім точки кратні обраному січенню нижчележачого пласта переносять на площину плану, аналогічно методиці, наведеній у попередньому пункті.

Таким чином, на плані знаходять точки пласта з відмітками за кожною лінією розрізу. З'єднавши точки з однаковими відмітками одержують гіпсометричний план пласта.

Щоб побудувати гіпсометрію нижчележачого пласта безпосередньо на гіпсометричному плані вищележачого, на останньому в місцях зміни закладення ізогіпс проводять перпендикуляри до ізогіпс в бік підняття пласта довжиною $l = l_n \cdot \cos \delta$ в масштабі плану, де l_n – відстань по нормалі між пластами, δ – кут падіння пласта, який визначається по закладенню і січенню ізогіпс для кожного перпендикуляра. Через кінці перпендикулярів проводять ізогіпси, відмітки яких такі ж як ті, з яких проведені перпендикуляри.

У результаті одержують гіпсометричний план нижчележачого пласта.

Потужність міжпластя мінлива.

При поступовій зміні потужності порід, зібраних в складки, гіпсометричний план нижчележачого пласта будується за даними розвідки, використовуючи гіпсометричний план вищележачого пласта та графіку сходжень.

Графіком сходжень називають графік, який характеризує зміну вертикальної потужності між двома сусідніми пластами.

Ця зміна може характеризуватися системою вертикальних розрізів по розвідувальним лініям (рис. 9, а), або планом ліній однакових значень вертикальних потужностей між пластами (рис. 9, в) *М і К* (карта сходжень).

План ізольній вертикальних потужностей L_v інколи називають *картою сходжень*.

Побудову гіпсометрії поверхні нижнього пласта *К* проводять шляхом віднімання гіпсометрії поверхні верхнього пласта *М* ізольній вертикальної потужності свити між пластами L_v .

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

На побудованих таким чином гіпсометричних планах крім основних показників, що характеризують корисну копалину (потужність, зольність, вихід керну та інше) відображають: положення ліній (зон) тектонічних порушень, ліній розщеплення і виклинювання пластів, границі розповсюдження різних сортів корисної копалини, межу вклинювання, межу балансових і позабалансових запасів, а також межу блоків підрахунку запасів та іншу необхідну інформацію при наявності необхідних даних.

Гіпсометричні плани мають дуже важливе значення при освоєнні і розробці родовищ. А саме:

- 1) дають просторове уявлення про умови залягання покладу (пласта) та про геологічну структуру родовища;
- 2) служать основою для проектування геологорозвідувальних свердловин і гірничих виробок;
- 3) використовуються для підрахунку запасів пластових родовищ та для перспективного і поточного планування гірничих робіт;

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

Гіпсометричні плани являються основними структурними графіками, що характеризують поверхню покладу.

1.7.10. Практичне значення гіпсометричних планів

Гіпсометричні плани найкраще характеризують просторове положення і елементи залягання покладу.

Користуючись гіпсометричним планом, можливо вирішити (розв'язати) такі задачі:

1. Ізогіпси дають чітку якісну характеристику зміни простягання поверхні покладу. Дирекційний кут простягання покладу α в будь-якій точці A на його поверхні дорівнює дирекційному куту напрямку дотичної до ізогіпси, що проходить через дану точку. Кут α можливо виміряти графічно на плані (рис. 10, *a*).

2. За допомогою ізогіпс графічно можливо визначити кут падіння δ поверхні покладу у будь-якій його точці (рис. 10, *б*).

3. На суміщеному гіпсометричному плані лежачого і висячого боків можливо визначити вертикальну і горизонтальну потужності покладу у будь-якій точці.

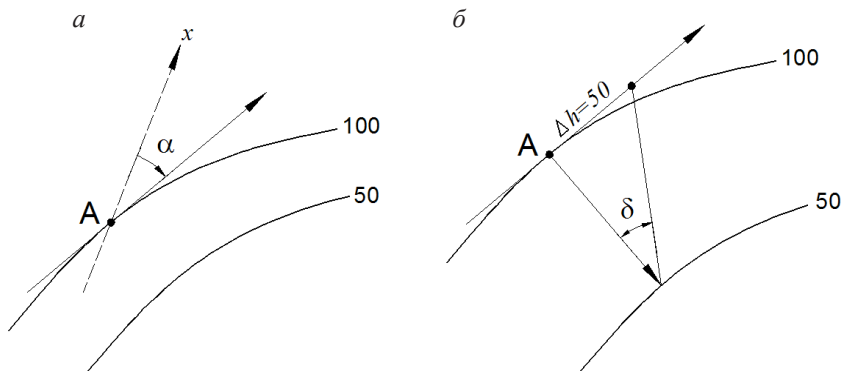


Рис. 10. Елементи залягання покладу

Вертикальна потужність покладу у заданій точці плану дорівнює різниці гіпсометричних відміток даної точки на висячій і лежачій поверхнях покладу. Горизонтальна потужність покладу у даній точці поверхні висячого боку в заданому напрямку дорівнює відстані від цієї точки по заданому напрямку до точки перетину з однойменною ізогіпсою поверхні лежачого боку.

4. Сполучивши (поєднавши) гіпсометричний і топографічний плани, можливо визначити глибину залягання в будь-якій точці покладу з виразу:

$$h = Z_n - Z_e,$$

де Z_n – відмітка точки на поверхні землі; Z_e – гіпсометрична відмітка цієї ж точки на поверхні висячого боку покладу.

5. За гіпсометричним планом можливо побудувати вертикальні розрізи покладу у будь-якому напрямку. Замкнуті ізогіпси висячого і лежачого боків покладу являють собою лінії горизонтальних перерізів покладу.

6. Гіпсометричні плани використовують для раціонального проектування розвідувальних робіт, а також при підрахунку запасів родовищ корисних копалин.

7. Гіпсометричні плани використовують для визначення раціонального місця закладки шахтних стволів і визначення планового положення штреків, які проводять по пласту.

8. Гіпсометричні плани дають наочну уяву про характер і форму тектонічних порушень, які є на даній ділянці. По них визначають напрямок і довжину виробок на суміжну – зміщену частину покладу, а також складають прогнози розповсюдження порушення на сусідні пласти тощо [10, 15].

1.7.11. План ізопотужностей покладу

При вирішенні задач, які пов'язані з характеристикою і використанням потужності покладу, виникає потреба у додаткових розрахунках і побудовах. Для вирішення таких задач зручно користуватись спеціальним структурним графіком – планом покладу в ізопотужностях. Ці плани дають наочну уяву про зміну потужності в плані і дозволяють визначити її у будь-якій точці без додаткових побудов.

При складанні плану ізопотужностей проводять заміну тіла покладу, обмеженого з висячого і лежачого боків топографічними поверхнями (рис. 11, а), більш простим тілом, обмеженим з висячого боку умовною топографічною поверхнею, а з лежачого боку – площиною (рис. 11). Ця площина служить площиною проєкції, на яку «осаджують» поклад.

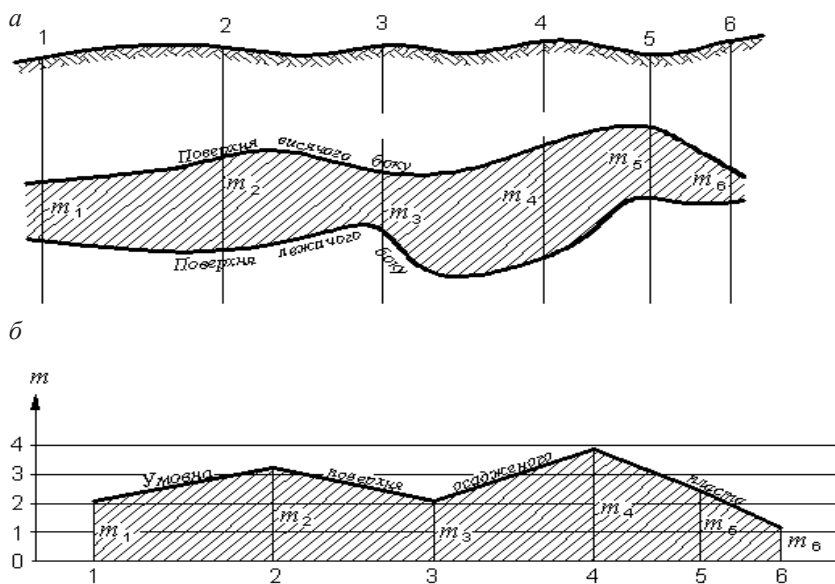


Рис. 11. Схема до побудови ізопотужностей

«Осадження» частіше проводять на горизонтальну площину або на вертикальну – у залежності від кута падіння покладу.

Інколи з метою менш спотвореного зображення «осадження» проводять на похилу площину, елементи залягання якої приблизно дорівнюють середньому простяганню і падінню покладу.

При «осадженні» покладу на горизонтальну площину використовують вертикальну потужність, на вертикальну площину – горизонтальну потужність, на похилу площину – нормальну потужність.

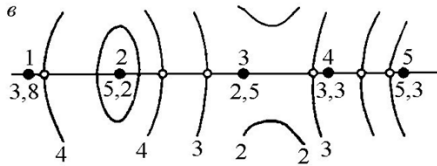


Рис. 12. Фрагмент плану ізопотужностей

У результаті «осаджування» отримують умовну топографічну поверхню, яка обмежує поклад зверху.

Графіки і плани ізопотужностей можливо побудувати безпосереднім або побічним способом.

Безпосередній спосіб полягає в побудові шляхом інтерполяції величини потужностей аналогічно побудові ізогіпс.

Побічний спосіб побудови ізоліній потужності полягає в графічному відніманні від поверхні висячого боку покладу поверхню лежачого боку [10]. Цей спосіб являється єдиним при побудові ізопотужностей, якщо поклад складної форми розвіданий сполученням вертикальних, похилих і викривлених свердловин і коли по свердловинам важко визначити нормальну до площини проєкції потужність. В цьому випадку по даним буріння простіше побудувати гіпсометричні плани висячого і лежачого боків покладу і через них побудувати ізопотужності.

План ізопотужностей дозволяє шляхом лінійної інтерполяції визначити потужність покладу в будь-якій точці плану, дозволяє підрахувати запаси в об'ємній мірі, визначити об'єм проєктних або виконаних робіт, встановити нульовий контур або контур промислової потужності покладу тощо.

1.7.12. План ізоглибин залягання покладу

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

Ізоглибинами називають лінії однакових вертикальних глибин від земної поверхні до висячого боку покладу.

Глибину залягання h покладу можливо вважати як вертикальну потужність товщі вищелижачих гірничих порід. Користуючись положеннями, викладеними у попередньому параграфі, можливо стверджувати, що план ізоглибин являє собою графічне зображення поверхні «осадженої» на горизонтальну площину проекції товщі порід, які покривають поклад. Плани ізоглибин можливо побудувати безпосереднім і побічним способами [10, 15].

Нехай поклад корисної копалини розвідано з поверхні свердловинами глибокого буріння (рис. 13).

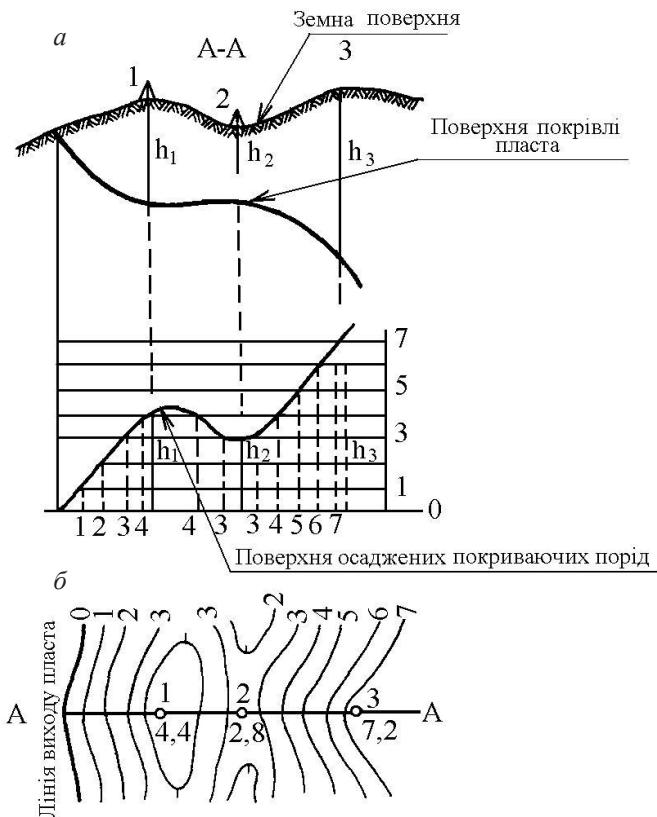


Рис. 13. Побудова ізоглибин за даними розрізу

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 (підосви) покладу можна здійснити безпосереднім і непрямим способами.

Безпосередній спосіб побудови ізоглибин покрівлі (підосви) 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 (підосви) 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 (підосви) 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 (підосви) пласта в ізогіпсах з цілочисловими відмітками. Сумістимо на координатній сітці план поверхні з гіпсометричним планом покрівлі (підосви) покладу і віднімемо від першої поверхні

другу. Внаслідок одержимо нову похідну поверхню – систему ізоглибин покрівлі (підосви) покладу (рис. 14).

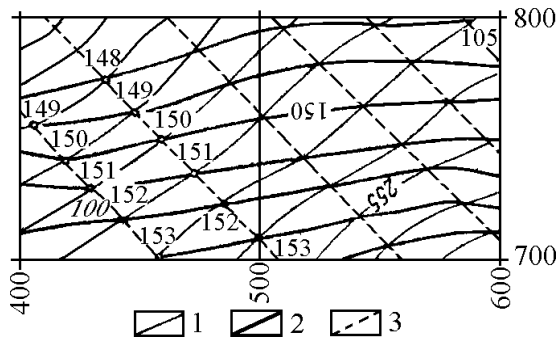


Рис. 14. Непрямий спосіб побудови ізоглибин залягання покрівлі:
 1 – ізолінії поверхні; 2 – ізогіпси покрівлі пласта;
 3 – ізоглибини покрівлі пласта

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.

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.

1.8. Геометризація якісних властивостей корисних копалин

1.8.1. Характеристика складу корисних копалин

Для оцінки родовища, а також для раціонального планування і проведення гірничих робіт, нарівні з виявленням форм і умов залягання покладу корисної копалини необхідно вивчити і її якісні характеристики. До якісних характеристик корисної копалини відносять хімічні і фізичні властивості, а також кількісне розміщення в ній корисних і шкідливих компонентів.

Якість руди, в основному, характеризується вмістом в ній металу й інших корисних компонентів, а також її технологічними властивостями.

Якість вугілля визначають вмістом у ньому вуглецю і летючих речовин, а також вмістом шкідливих елементів (сірки, фосфору).

Якість вапняку, доломітів, маргелю, що служать сировиною для виробництва цементу, характеризується гідравлічним M , силікатним S , залізним F модулями.

Якість мінеральної сировини багато у чому залежить від хімічних, фізичних і технологічних властивостей, що у сукупності з гірничо-геологічними умовами залягання покладів визначає промислову цінність родовища. Цінність родовища підвищується, якщо у покладі виявлено два або більше корисних компоненти.

Сукупність робіт, що пов'язані із виявленням якісних особливостей і їх кількісної характеристики, а також з графічним зображенням закономірностей їх розподілу, називають геометризацією якісних властивостей родовища.

Процес геометризації якісних властивостей складається з таких етапів:

а) випробування родовища із складанням геолого-маркшейдерської документації;

б) математична обробка кількісних показників результатів випробування;

в) побудова графіків, що зображають розподіл компонентів у корисній копалині [15].

1.8.2. Поняття про опробування

Опробування – це спеціальні роботи, які проводять з метою взяття проб для подальшого визначення по ним якості корисної копалини.

Проба – це частка корисної копалини відібрана таким чином, що по ній можливо характеризувати родовище в цілому.

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

В залежності від поставлених задач розрізняють опробування *хімічне, технічне, технологічне, мінералогічне та інше.*

Хімічним опробуванням визначається хімічний склад і вміст корисних компонентів і шкідливих домішок в корисній копалині, дається оцінка кількісного складу корисної копалини в родовищі і її якісна характеристика.

Технічне опробування застосовується тоді, коли хімічне опробування недостатнє для якісної оцінки мінеральної сировини, коли необхідно знати його технічні властивості, наприклад міцність будівельних матеріалів (вапняки, доломіти, пісковини), міцність і гнучкість азбесту, розміри кристалів, гранулометричний склад формувальних пісків та інше.

Технологічним опробуванням визначаються технологічні властивості корисної копалини, які необхідні для вибору і встановлення раціональних способів його переробки, збагачення. Під час цього опробування визначається коксівність вугілля, ступінь збагачування, плавкості і інші особливості корисної копалини.

Мінералогічне опробування проводиться з метою вивчення мінералогічного складу і структурних особливостей корисної копалини. В залежності від геологічних особливостей, виду гірничої виробки і задач опробування, відбір проб в масиві може проводитись такими способами: бороздовим, задирковим, точковим, шпуровим, валовим або жменьовим.

Якщо корисна копалина при її розробці повністю розкривається вибоєм підготовчої чи очисної виробки, опробування проводять на всю потужність покладу. Якщо поклад має велику потужність і відробляється шарами, горизонтами, то корисна копалина випробується в підготовчих і очисних виробках по кожному шару

(горизонту) і якісна характеристика покладу складається з характеристики по окремим шарам (горизонтам).

Для визначення речовинного складу і фізико-хімічних якостей корисних копалини все частіше використовують нові геофізичні методи (нейтронний, гама-променів та інше). Міцність, інтенсивність тріщинуватості гірничих порід визначають з допомогою ультразвукових приладів. Акустичні прилади дозволяють визначити напружений стан масиву гірничих порід.

Всі дані вимірювань і опробування реєструються в спеціальному журналі наносяться на маркшейдерські плани з вказанням номеру проби і числового значення показника.

Опробування покладу супроводжується старанними геологічними зарисовками або фотографуванням відслоненості вибоїв.

1.8.3. Якісні гірничо-геометричні графіки

При геометризації родовищ важливе значення має вивчення якісних властивостей корисної копалини. Характер зруднення, його інтенсивність і напрямок представлені просторовими графіками, в багатьох випадках являються вирішальними при визначенні генезису родовища корисної копалини.

Геометричні графіки, які характеризують якісні властивості, дають змогу встановити певну залежність між компонентами і таким чином встановити характер розміщення цих компонентів в корисній копалині. Це має важливе значення при проектуванні і розробці родовищ. Найбільш практичний інтерес являють собою графіки, що характеризують вміст корисних компонентів в руді.

Вміст корисних компонентів є найбільш мінливим показником покладу. Його характеристика ґрунтується на результатах опробування і графічно представляється кривими вмісту по окремим виробкам, кривими вмісту по розвідувальним лініям і графіками ізоліній, які характеризують розподілення вмісту тих чи інших компонентів по площі покладу або в об'ємі рудного тіла. Раніше ми показали, що для усунення технічних похибок результатів визначення вмісту і виявлення основних особливостей

його розміщення проводиться лінійне, площадкове або об'ємне згладжування.

Криві вмісту по розвідувальним лініям будуються по середньому значенню вмісту в окремих розвідувальних виробках, тому звичайно не виникає необхідності в їх згладжуванні.

Середній вміст по окремії розвідувальній лінії утворюється, як середнє арифметичне, або середньо-зважене по інтервалам опробування. Крім того, його можливо одержати шляхом ділення площі, обмеженої кривою вмісту по розвідувальній виробці, на довжину випробуваної частини виробки.

Для зручності подальшого використання згладжених кривих вмісту по ним беруть точки із значенням, кратним вибраному січенню ізоліній. По сукупності ліній із ступінчатими відмітками на плані звичайнім шляхом будують графіки ізовмісту або їх ще називають якісними планами.

Ізолінією вмісту компонента називається лінія, яка з'єднає точки однакових числових значень вмісту цього компоненту в одиниці об'єму або ваги руди.

Найбільший інтерес представляють плани ізовмісту компонентів, що визначають кондиційність руди. При розробці покладу одночасно на всю потужність план ізоліній вмісту характеризує середній вміст компоненту на всю потужність.

Графіки, які характеризують вміст компонентів в руді використовують при ооконтурюванні покладу по мінімальному промисловому вмісту компонентів, підрахунку запасів, плануванні видобутку руди з заданим вмістом компонентів, техніко-економічних розрахунках та інше.

В деяких випадках необхідно складання графіків вмісту шкідливих компонентів. Побудова їх виконується так. Як і побудова графіків вмісту корисних компонентів.

Із викладеного випливає, що на якісних графіках ізолінії характеризують приховану умовну топографічну поверхню (рис. 15). На плані по ізолініям не можна визначити значення показника в даній точці. Воно буде відноситися не до самої точки, а до ділянки, центром якої являється ця точка, яка дорівнює площі «статистичного вікна» з допомогою якого проведено згладжування даних опробування.

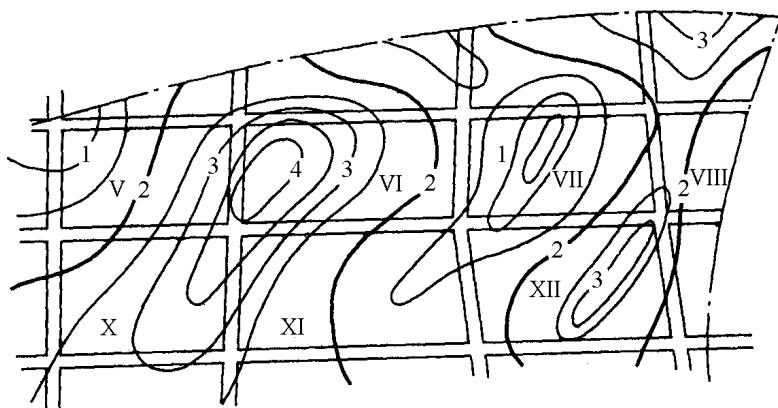


Рис. 15. Ізолінії вмістів корисного компонента ділянки жильного покладу в проєкції на похилу площину

За характером розподілення компонентів поклади розділяються на п'ять груп:

- 1) з дуже рівномірним розподіленням компонентів;
- 2) з рівномірним розподіленням компонентів;
- 3) з нерівномірним розподіленням компонентів;
- 4) з дуже нерівномірним розподіленням компонентів;
- 5) надто нерівномірним розподіленням компонентів.

Для кожної групи в відповідності зі ступенем і характером мінливості показників приймається густина опробування від 1 до 50 м і більше.

При вивченні складу і якості корисної копалини часто доводиться користуватись існуючими залежностями між компонентами і літологією масиву. В цьому випадку корисно складати структурно-якісні плани з використанням циклографічних проєкцій методика складання яких розглянута в попередньому розділі.

1.9. Короткі відомості про тектонічні порушення

Поклади корисних копалин і вміщуючих порід під дією тектонічних сил піддаються різноманітним деформаціям. Зміни елементів залягання покладу і вміщуючих порід, які при цьому проходять, називають *тектонічними порушеннями* або *дислокаціями*.

Тектонічні порушення за своїм характером розподіляють на складчасті (плікативні) і розривні (диз'юнктивні).

Складчастими називають такі порівняно плавні порушення, при яких окремі шари або свити пластів разом з покладом піддаються пластичним вигинаючим деформаціям без розриву суцільності.

Розривними називають такі дуже виражені зональні порушення, в результаті яких відбувається розрив суцільності покладів, а також переміщення окремих його частин (блоків) одного відносно іншого. Таке розривне порушення, називають *диз'юнктивним*. Іншим видом проявлення розривного порушення є тріщинуватість масиву гірських порід, яка має дуже широке розповсюдження [10, 15].

1.9.1. Геометризація складчастих структур

Складки мають форму складних топографічних поверхонь. Але на окремих обмежених ділянках їх можливо представити у вигляді тіл, що складаються з окремих геометричних елементів (рис. 16) [10, 15].

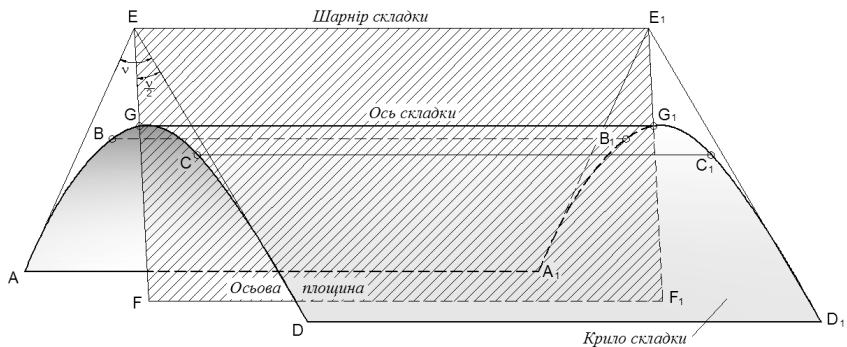


Рис. 16. Геометричні елементи складки

Крила складки – це бокові частини ABB_1A_1 і DCC_1D_1 , поверхня яких близька до площини;

замок складки – це криволінійна поверхня $CC_1G_1B_1BGC$, по якій проходить перехід від одного крила до іншого;

ядро складки – простір, що знаходиться між крилами складки (всередині складки);

шарнір складки – це лінія перетину EE_1 площин крил складок;

кут складки – це двогранний кут V між площинами крил складки;

осьова площина – це площина FEE_1F_1 , яка проходить через бісектрису кута V ;

вісь складки – це лінія GG_1 перетину осьової площини із замком складки. В окремому випадку, коли крила складки перетинаються, вісь і шарнір складки співпадають. Таку складку називають шарнірною.

Оскільки причини і процеси складкоутворення земної кори різноманітні, то форми складок бувають різними. Форми складчастих структур класифікують за наступними основними ознаками:

1) за взаємним розташуванням шарніру і крил, розрізняють антиклінальні і синклінальні складки (рис. 17);

антиклінальною 1 називають складку, у якої крила падають від шарніру (осі);

синклінальною 2 – у якої крила падають до шарніру;

2) за формою поверхні замка, розрізняють циліндричні, конічні і шарнірні складки;

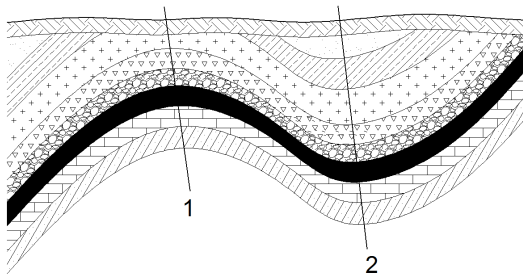


Рис. 17. Антиклінальна і синклінальна складки у вертикальному розрізі

3) за кутом нахилу шарніру (осі) складки до горизонту, розрізняють горизонтальні, похилі, вертикальні складки;

4) за кутом нахилу осьової поверхні до горизонту, розрізняють складки прямі, косі, перекинуті, лежачі;

5) за величиною кута V , розрізняють складки нормальні ($0^\circ < V < 180^\circ$), ізоклінальні ($V \approx 0^\circ$) і віялоподібні, у яких ядро і шарнір розташовані по один бік відносно замка складки.

При геометризації складчастих структур, форма, розмір і положення складки в надрах характеризується її геометричними параметрами. До них відносять розміри складки та елементи її залягання.

Довжиною складки називають відстань уздовж осьової лінії між точками одного і того ж стратиграфічного горизонту на протилежних кінцях складки.

Шириною або горизонтальним розмахом складки називають відстань між осьовими лініями двох сусідніх антикліналей або синкліналей.

Висотою або вертикальним розмахом складки, називають відстань по вертикалі між замком антикліналі і замком суміжної з нею синкліналі одного і того ж шару.

Елементами залягання складки є: азимут (дирекційний кут) простягання осі (шарніру) складки, кут падіння крил, шарніру (осі) складки і осьової площини, а також кут складки V .

Складчасті порушення шарів досить наочно зображуються на гіпсометричних планах і вертикальних розрізах [15].

1.9.2. Геометричні елементи і параметри розривних порушень

Під розривним порушенням розуміють результат тектонічних напружень, при якому гірничі породи розірвані по деякій поверхні на окремі блоки і зміщені відносно один одного.

Розрив суцільності товщі гірських порід і переміщення однієї частини їх відносно іншої відбувається по тріщині зміщення, яку називають *зміщувачем* (рис. 18) [10, 15].

Зміщувач є одним із основних елементів розривного порушення. Частину зміщених порід, яка прилягає до лежачого боку, тобто знизу зміщувача, називають *лежачим крилом* (1).

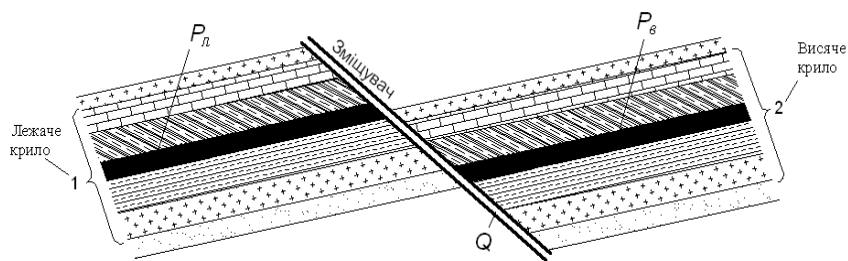


Рис. 18. Вертикальний розріз розривного порушення:
 1 – лежаче крило; 2 – висяче крило

Другу частину, що прилягає до висячого боку, тобто зверху змішувача, називають *висячим крилом* (2).

Взаємне розташування частин покладу, що змістилися, можливо охарактеризувати трьома площинами, які перетинаються (рис. 19):

- площиною змішувача Q ;
- площиною висячого крила P_v ;
- площиною лежачого крила P_l .

Лінії перетину АВ і СД площин лежачого і висячого крил з площиною змішувача Q , називають лініями схрещення.

Змішувач і крила (блоки) пластів називають *елементами зміщення* (порушення). При цьому допускають, що крила і змішувач є площинами, а крила при цьому паралельні одне одному.

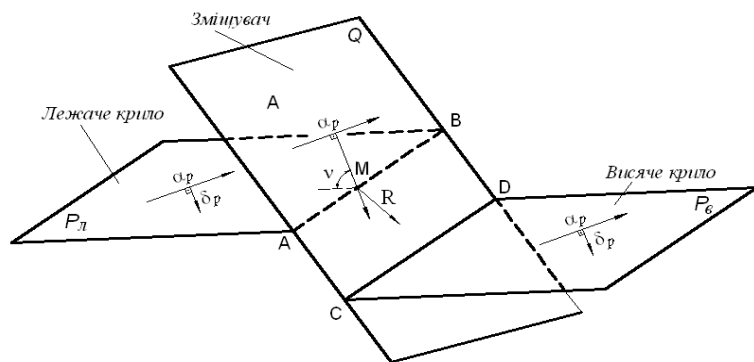


Рис. 19. Геометрична схема розривного порушення

Зміщення пласта у даній точці характеризується двома показниками – формою і величиною відносного переміщення, яку називають амплітудою. Форма зміщення визначається видом схрещення зміщення і крил, а також напрямком відносно переміщення крил R . При визначенні напрямку відносно переміщення крил умовились вважати за нерухоме *лежаче крило*. При такому допущенні більшість диз'юнктивів, що зустрічаються у природі, за напрямком відносно переміщення висячого боку можливо розділити на два типи – *підкиди* і *скиди*, а за кутом диз'юнктиву V , у свою чергу, у кожному типі виділити два види – *тупокутні* і *гострокутні* (рис. 20) [10, 15].

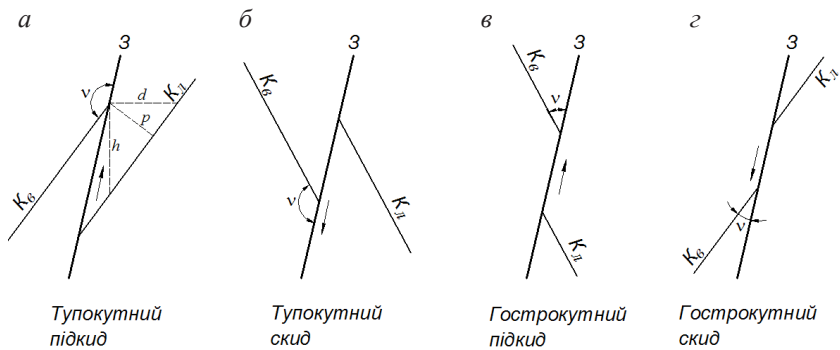


Рис. 20. Геометрична класифікація порушень

Необхідно зазначити, що тупокутні підкиди і скиди в плані характеризуються перекриттям (подвоєнням) пласта, а гострокутні – розтягненням.

Практично всі проміжні і граничні форми диз'юнктивів встановлені за спостереженнями геометричних параметрів, укладаються в наведені вище чотири форми (групи).

На рис. 20, *a* показані амплітуди d , p і h диз'юнктиву по усіх характерних напрямках у площині розрізу [15].

1.10. Особливості геометризації вугільних родовищ

Вугільні родовища відрізняються великим різноманіттям гірничо-геологічних умов залягання, які безпосередньо впливають на технологію їх розробки.

Основними показниками, що підлягають геометризації являються форма покладу, потужність пласта, вміст золи, структурні показники пласта і вміщуючих порід, головним чином порід покрівлі. Ведучим елементом графічної моделі вугільних родовищ являється гіпсометричний план підосви або покрівлі пласта.

При середній і малій потужності пласта складаються гіпсометричні плани підосви пласта, котрі являються необхідними при вирішенні багатьох задач. При потужних пластах і низхідній шаровій розробці найбільший інтерес, як відправний елемент, викликає гіпсометричний план всячого боку пласта.

При підземній розробці вугільних родовищ велике значення має оцінка вийманих полів з урахуванням можливостей використання в очисних вибоях механізованих комплексів, стійкості покрівлі, проявленню раптових викидів вугілля і газу. Для цього необхідна кількісна характеристика розривних структур і тріщинуватості масиву, літології покрівлі розмивів, потужності вугільних пластів і просторове розміщення вказаних показників.

Пластоподібна форма залягання вимагає об'єктивної характеристики потужності покладу і її розміщення в межах поля. Вона забезпечується складанням плану ізопотужностей, який використовують для розкряю виймальних полів, одержання необхідних даних для паспортів обладнання і кріплення, оцінки втрат і забруднення вугілля.

При значних коливаннях внутрішньої золи в вугіллі (особливо родовищ бурого вугілля) необхідно геометризувати цей показник.

На складних і дуже обводнених ділянках вугільних родовищ гідрогеологічні умови є вирішальним фактором при розробці. Геометризація цих умов вимагає характеристики розміщення і числових значень напорів, а також гіпсометрії водоносних і водотривких горизонтів.

Відкрита розробка вугільних родовищ пред'являє допоміжні вимоги до змісту графічної документації, які забезпечують

необхідну геометричну характеристику літології і структури покриваючих відкладень.

Вирішення задач, пов'язаних з стійкістю розкривних уступів, бортів розрізу, проявою зсувних явищ, стійкістю відвалів вимагає необхідної інформації, яку одержують в результаті геометризації. Складання графічної моделі родовища повинно базуватися на комплексному використанні методів розрізів, ізолій і циклографічних проєкцій.

1.11. Рудні родовища

Рудні родовища по своїй формі, характеру мінливості і гірничо-геологічними умовами являються найбільш складними об'єктами геометризації. Тут графічна модель родовища в межах шахтного поля по кількості геометричних показників являється найбільш об'ємною. Складність складання структурних і якісних графіків обумовлена складністю форми рудних тіл і проявлення мінералізації, а також відсутністю видимих контактів рудних тіл з вміщувочими породами. Такі графіки будують по системі січень на базі розвідки і результатів ретельно виконаного опробування розвідувальних і гірничих виробок.

У комплект графічної моделі входять гіпсометричний план рудних тіл, план ізопотужностей, план ізовмісту корисних (інколи шкідливих) компонентів, інколи план лінійних запасів і геомеханічних показників. Графіки складаються за методикою викладеною раніше.

У випадках багатоконпонентних руд спочатку установлюють форму і силу кореляційних зв'язків між компонентами для їх використання в необхідних випадках.

1.12. Бокситові родовища

Бокситові родовища відносяться до багатоконпонентних рудних родовищ, які в багатьох випадках по умовам залягання розроблюються відкритим способом. Видимий контакт руди з вміщувочими

породами відсутній і встановлюється опробування. Тому оконтурювання покладу і документація положення контакту в вигляді гіпсометричного плану є першочерговою задачею, а сам план – початковим елементом графічної моделі.

Гіпсометричний план покрівлі покладу, фіксуючи одночасно підосву покривних відкладень, необхідний для планування розкривних робіт, гіпсометричний план підосви покладу – для проведення робіт по видобутку руди.

Велике значення в даних умовах має складання, ведення і використання якісних планів, які характеризують основні показники бокситів (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3). Головним з цих показників є вміст глинозему Al_2O_3 і природно план його розміщення в ізолініях. Аналогічний план складають також для SiO_2 і Fe_2O_3 . Одночасно виникає необхідність своєчасного виявлення форми і сили кореляційного зв'язку між компонентами бокситової руди з метою повного використання одержаної інформації.

Відношення $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ називається кремнієвим модулем, по якому виділяють марки бокситу. Їх розміщення в межах поля розрзу покращує планування видобутку руди заданого складу.

Складання, ведення і використання структурних і якісних графіків у процесі розвідки і розробки родовища дозволяють постійно коректувати і направляти розвідувальні і гірничі роботи.

Часто складна будова родовищ, переривчастість покривних відкладень, велике їхнє обводнення обумовлюють при їх геометризції комплексне використання планів в ізолініях показників і літолого-стратиграфічних карт, побудованих на основі циклографічних проєкцій.

1.13. Розсипні родовища

Основою складання гірничо-геометричних графіків для розсипних родовищ служить початкова документація розвідувальних виробок. Проміжною операцією є складання зведених розрізів і кривих вмісту по розвідувальним лініям.

Для зручності в роботі деякі дані розвідки зводяться в одне місце і представляються в вигляді графіку, який називають *листом розвідки*. Він дається при попередній розвідці в масштабі 1:5000, при детальній – в масштабі 1:2000.

Змістом листа розвідки в масштабі 1:2000 являються опорна сітка, основні елементи ситуації і розвідувальна сітка. Біля кожної розвідувальної виробки крім її номеру виписують її глибину, вміст корисного компоненту, відмітку устя виробки.

При геометризації будь якого родовища важливе значення має план ізоліній лежачого боку покладу. Стосовно до розсіпів він представляється графіком постілі розсіпу або її основи. Цей графік дозволяє при заданому рівні підтоплення визначать глибину черпання в будь-якій точці дражного полігону.

Побудова плану ізоліній постілі розсіпу проводиться при ретельному обліку геологічної будови основи розсіпу.

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

Уяву про середню насиченість металом в 1 м^3 відкладень дає графік або план об'ємного вмісту металу Початковими даними для його побудови служать величина вмісту по кожній розвідувальній виробці.

Уявлення про розподілення маси металу по площі розсіпу дає план площинного вмісту, який являє собою план ізоліній лінійних запасів корисного компоненту.

Цей графік необхідний головним чином для підрахунку запасів металу і планування видобутку. Початковими даними для складання цього графіку служать числові значення, які одержують як добуток середнього вмісту металу в виробці на її експлуатаційну глибину.

Все викладене вище підкреслює наявність низки загальних положень, які визначають методику геометризації родовищ і їх особливостей, що впливають із специфіки гірничо-геологічних

умов різних типів родовищ і відповідних гірничо-технологічних вимог [10, 15].

Питання для самоперевірки

1. *Які методи геометризації родовищ найбільш широко застосовуються на практиці?*
2. *Розкрийте сутність методу геологічних розрізів.*
3. *Розкрийте сутність методу ізоліній.*
4. *За якими даними відбудовується вертикальний геологічний розріз покладу корисної копалини?*
5. *Яку інформацію про гірські породи і корисну копалину несуть геологічні розрізи?*
6. *Назвіть способи і сформулюйте основні принципи побудови гіпсометричного плану пластового покладу.*
7. *Назвіть приклади задач, які вирішуються на гіпсометричному плані.*
8. *Назвіть способи і сформулюйте основні принципи побудови плану ізопотужностей покладу.*
9. *Які властивості корисної копалини відносяться до якісних і як вони зображуються графічно?*
10. *Назвіть геометричні елементи розривних порушень?*
11. *У чому полягає геометрична класифікація тектонічних порушень?*
12. *Що називають висячим крилом розривного порушення?*
13. *Що називають лежачим крилом розривного порушення?*
14. *Що називають елементами зміщення?*

На основі викладеного в розділі матеріалу за умови супроводження його відповідними розрахунково-графічними роботами, студент має отримати певні навички з побудови гірничо-геометричних графіків і вирішення за їх допомогою різноманітних задач, що забезпечують технологію і безпеку відробки корисної копалини.

РОЗДІЛ 2

ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Матеріал розділу має своєю метою ознайомити студента з методикою і способами оцінки кількості корисної копалини з урахуванням якісного складу. Значна увага приділена класифікації запасів і їх категоріям.

2.1. Загальні питання підрахунку запасів. Види підрахунків запасів

Математична сутність підрахунку запасів у 1940 році дуже зрозуміло сформульована професором Журавським А. М. у роботі «Математична теорія підрахунку запасів корисних копалин» так:

«У кожному родовищі корисна копалина розподілена відомим, специфічним для цього родовища чином. Якщо з даного родовища вирізати певний обсяг V , то виділена частина буде містити як корисну копалину, так і породу, що вміщає.

Нехай Q позначає вагу виділеної частини родовища, а P – вага корисної копалини, що в ній міститься. Питома вага виділеної частини $d = Q/V$ і вміст корисної копалини $c = P/Q$ залежать від розміру і положення частини що виділяється, будучи функціями області. Межі $d_M = \lim(Q/V)$ і $c_M = \lim(P/Q)$, коли розміри виділеної частини прагнуть до нуля, стискаючись близько точки M , назвемо питоною вагою і вмістом в даній точці родовища. Питома вага та вміст є функціями положення точки. Запас корисного копалини виражається інтегралом:

$$\int_V d_M c_M dV,$$

де інтегрування поширюється по всьому обсягу родовища. Якщо б функції d_M і c_M були нам відомі, як і конфігурація родовища,

то все питання зводилося б до простої аналітичної операції обчислення об'ємного інтеграла».

Фактично форма тіла корисних копалин та характер зміни його властивостей не можуть бути точно описані за допомогою аналітичних залежностей. Для цієї мети використовуються поверхні топографічного порядку. Процедура інтегрування таких поверхонь була розроблена проф. П. К. Соболевським та успішно використовувалася стосовно підрахунку запасів (метод об'ємний палетки П. К. Соболевського) починаючи з 1909 року.

Для визначення об'єму тіла корисних копалин використовується топографічна поверхня потужностей покладу, виміряних у напрямку нормалі до площини проєкції. В результаті використання цієї поверхні, тіло корисної копалини замінюється рівновеликим йому тілом, обмеженим знизу горизонтальною площиною, з боків – контуром корисних копалин та зверху – топографічною поверхнею.

Сутність інтегрування полягає у поділі тіла корисної копалини на окремі рівновеликі квадратні в плані ділянки (комірки палетки), поперечні розміри яких можуть бути, які завгодно, малі (рис. 21, *a*).

У межах кожного осередку палетки, тіло корисної копалини має форму призматичного стовпчику, верхня грань якого представляє собою фрагмент топографічної поверхні.

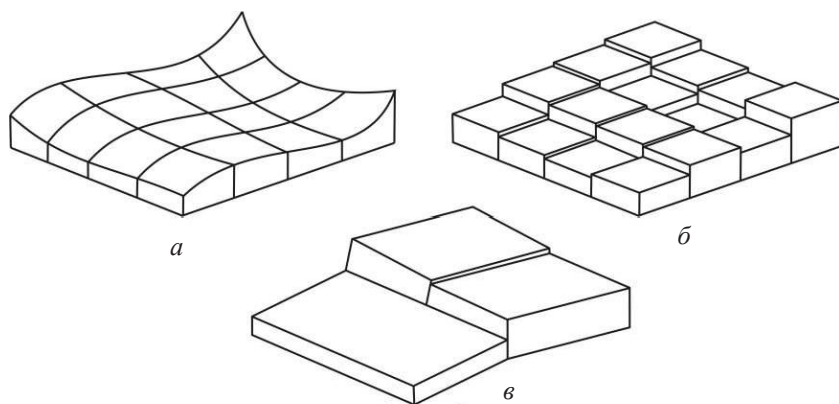


Рис. 21. До поняття підрахунку запасів

Незначний розмір комірки палетки дозволяє, без значної втрати точності, замінити поверхню верхньої грані на площину, паралельну площині проєкції, віддалену від нижньої грані на величину потужності покладу в центрі цієї комірки (рис. 21, б). Використовуючи, по мірі необхідності, виражені в ізолініях топографічні поверхні щільності корисних копалин і вміст в ньому корисного компоненту, можна отримати для кожної комірки значення цих показників.

Маючи для кожної комірки значення об'єму тіла корисної копалини, її питому щільність і вміст корисного компоненту, нескладно визначити запаси в її межах. Шляхом підсумовування запасів за окремими комірками отримуємо запаси усього покладу.

Математично бездоганний метод підрахунку запасів способом об'ємної палетки П. К. Соболевського мав широке практичне поширення в 20–30-х роках минулого століття, але був поступово витіснений менш суворими, але простими методами. Однак сутність цих методів залишилася тією ж – це поділ тіла корисних копалин на фрагменти, у яких показники, що визначають кількість корисних копалин (так звані підрахункові параметри: потужність, щільність, вміст корисного компоненту), приймаються умовно постійними. Такі фрагменти іменуються підрахунковими блоками.

Під поняттям «запаси» корисної копалини розуміють вагову або об'ємну кількість корисної копалини, її компонентів та характеристику форми, умов залягання родовища, а також умови проведення гірничих робіт.

Підрахунком запасів визначають кількість мінеральної сировини в надрах.

Усі розвідані запаси корисних копалин в надрах підлягають обов'язковій перевірці і затвердженню Державною комісією України по запасах корисних копалин (ДКЗ) [3].

Комісія по запасах є *вищим державним органом* з перевірки, визначення (підрахунку) і затвердження запасів усіх видів корисних копалин. Рішення даної комісії є обов'язковим для всіх установ, організацій і підприємств, які ведуть геологорозвідувальні та гірничо-видобувні роботи незалежно від їх галузевого підпорядкування.

Фінансування підприємств, що зайняті розвідкою або експлуатацією родовища, здійснюється тільки при наявності протоколу – рішення Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ) про затвердження запасів корисних копалин по даному родовищу.

Підрахунок запасів проводять на кожній стадії розвідки і експлуатації родовища. Він є заключним етапом проведення геолого-розвідувальних робіт.

Підрахунок запасів проводять з метою:

- оцінки родовища і обґрунтування проекту підприємства;
- обґрунтування експлуатаційних кошторисів, виробничих і капітальних затрат;

- обліку руху запасів і планування видобутку;

- проведення практичних розрахунків при експлуатації родовища.

Основні завдання підрахунку запасів полягають у визначенні:

- кількості корисної копалини в надрах з поділом її за сортами і категоріями розвіданості;

- якості корисної копалини;

- технологічних властивостей корисної копалини;

- геологічних і гірничотехнічних умов залягання, які визначають правильний вибір способу і послідовність його відпрацювання;

- ступеня достовірності параметрів, які характеризують кількість і якість корисної копалини і її промислову цінність.

Запаси корисних копалин підраховують при наявності їх у надрах без урахування втрат при видобутку, збагаченню й переробці.

Склад і властивості корисної копалини визначають у їх природному стані. Запаси супутніх корисних компонентів також підлягають обліку незалежно від випробування і подальшої переробки.

Запаси корисних копалин (руда, вугілля) виражають в тонах, запаси природних будівельних матеріалів (пісок, глина, камінь тощо) – в кубічних метрах.

Для руд чорних металів (залізо, марганець, ванадій, хром), окрім їх вагової кількості, визначають і вказують в процентах середній вміст в них металу.

Для руд кольорових металів (мідь, цинк, свинець тощо), окрім запасів руди, підраховують і запаси металу в тонах.

Запаси благородних металів (золото, срібло, платина) виражають у кілограмах.

У процесі експлуатації і дорозвідки родовища виконують різні види підрахунку запасів:

– *повний або генеральний*; його використовують при закінченні певного етапу промислової розвідки і одержанні нових даних про родовище;

– *оперативний або періодичний* (щомісячний, поквартальний, річний); його використовують у зв'язку з розробкою або дорозвідкою на ділянках з виявленими змінами запасів (в блоках, горизонтах тощо).

Оперативний метод, у свою чергу, поділяють на *наростаючий* перерахунок запасів проводять на розвідуваних або дорозвідуваних ділянках без експлуатації, і на *балансовий оперативний* – на родовищах, одночасно розроблюваних і розвідуваних.

Відомості про зміни балансових запасів, які відбуваються внаслідок дорозвідки (перерахунку), подають до центрального і територіального фондів геологічної інформації.

2.2. Класифікація розвіданих запасів корисної копалини

З метою встановлення єдиних принципів підрахунку і обліку запасів, визначення їх вивченості і підготовленості до розробки, Державною комісією України по запасах корисних копалин розроблені відповідні нормативні документи з класифікації запасів для окремих видів мінеральної сировини.

Усі запаси даної корисної копалини, що виявлені на тій чи іншій ділянці геологічної розвідки, називають *геологічними*.

До них включають запаси даної корисної копалини по всіх пластах, жилах, лінзах тощо незалежно від потужності, умов залягання і якості корисної копалини [10, 15].

Незважаючи на вид сировини, геологічні запаси класифікують за трьома ознаками:

– народногосподарському значенні;

- ступенем розвіданості (вивчення);
- готовності до промислового освоєння.

За народногосподарським значенням запаси корисних копалин розподіляють на дві групи, що підлягають окремому обліку.

Балансові – це запаси, які при існуючому рівні техніки видобутку і переробки в даних економічних умовах району родовища можуть бути рентабельно використані в народному господарстві з дотриманням вимог з раціонального використання надр і охорони навколишнього середовища.

Позабалансові – це запаси, використання яких згідно затверджених кондицій у теперішній час економічно недоцільно або технічно і технологічно неможливо, але які можуть бути у майбутньому переведені до балансових.

Кондиції на мінеральну сировину являють собою сукупність вимог до якості корисних копалин і гірничо-геологічних умов, дотримання яких дозволяє правильно розподіляти запаси на балансові і позабалансові. Кондиції по кожному родовищу встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

За ступенем розвіданості (вивченості) запаси підрозділяють на розвідані категорій *A, B, C₁*; попередньо оцінені – категорії *C₂*.

До категорії A відносять запаси, що детально розвідані і вивчені з повним з'ясуванням форми, умов залягання, якості тощо та оконтурені свердловинами або гірничими виробками.

До категорії B відносять запаси, що розвідані і вивчені з детальною, яка забезпечує з'ясування основних особливостей умов залягання, форми, якості тощо. Контур цих запасів визначають за розвідувальними виробками і обмеженою зоною екстраполяції.

До категорії C₁ відносять запаси, умови залягання яких, форма і будова тіл та якість вивчені у загальних рисах. Контур запасів визначають на основі розвідувальних виробок і екстраполяції за геологічними і геофізичними даними.

До категорії C₂ відносять запаси, що попередньо оцінені і визначені за геологічними і геофізичними даними, або по аналогії з вивченими ділянками. Контур цих запасів приймають у межах геологічно сприятливих структур і комплексів гірських порід.

Умови віднесення запасів до тієї чи іншої категорії визначаються за нормативними документами ДКЗ для окремих видів корисних копалин.

За готовністю до промислового освоєння, ступенем підготовленості до видобутку запаси родовищ розподіляють на початкові, промислові, розкриті, підготовлені й готові до виймки.

2.3. Підготовленість родовищ до промислового освоєння

Для промислового освоєння родовища, складання проектів, виділення капітальних вкладень на будівництво нових і реконструкцію діючих гірничодобувних підприємств необхідно, щоб на родовищі або на його ділянці були наявними балансові запаси категорій *A*, *B*, *C₁*, затвержені ДКЗ. При цьому для кожної із чотирьох перелічених нижче груп родовищ установлюють певне співвідношення запасів цих категорій.

До групи 1 відносять родовища (ділянки) простої геологічної будови з витриманою потужністю тіл корисних копалин і з рівномірним розміщенням в них корисних компонентів, що дає можливість у процесі детальної розвідки виявити запаси категорій *A* і *B*.

Група 2 включає родовища (ділянки) складної геологічної будови з невитриманою потужністю покладу чи нерівномірним розміщенням корисних компонентів. На родовищах цієї групи недоцільне виявлення запасів категорії *A* при детальній розвідці через недостатню ефективність і високу вартість геологорозвідувальних робіт. У цій групі запаси розвідують за категоріями *B* і *C₁*.

У групу 3 об'єднують родовища або ділянки дуже складної геологічної будови з різко мінливою потужністю покладів або з надзвичайно невитриманим розміщенням вмісту корисних компонентів. Для таких родовищ в процесі розвідки недоцільно виявляти запаси категорій *A* і *B*. Запаси родовищ цієї групи розвідують переважно за категорією *C₁* і частково за категорією *C₂*.

У групу 4 включають родовища чи ділянки металів і нерудної сировини дуже складної геологічної будови з різкою мінливістю

потужності і внутрішньої будови або інтенсивно порушені, з дуже нерівномірним розміщенням компонентів. Запаси родовищ цієї групи розвідують переважно за категоріями C_1 і C_2 . Подальше їх розвідування проводиться в процесі розкриття і підготовки до розробки.

Розвідані родовища (ділянки) вважають підготовленими для промислового освоєння при співвідношеннях запасів (y %), наведених у табл. 1, і за умови, що балансові запаси затверджені ДКЗ.

На розроблюваних родовищах співвідношення категорій затверджених балансових запасів, які були прийняті під час проектування або реконструкції підприємств з видобування корисних копалин та подальшому розвитку гірничих робіт, можуть бути меншими, ніж узані в таблиці 1. Ці співвідношення устанавлюють відповідні міністерства чи комітети на підставі досвіду розробки родовищ [11, 12].

Таблиця 1

Категорія запасів	Метали і нерудні корисні копалини				Вугілля і горючі сланці		
	Група				Група		
	1	2	3	4	1	2	3
A+B в тому числі	30	20	—	—	50	50	—
A не менше	10	—	—	—	20	—	—
C_1	70	80	80	50	50	50	100
C_2	—	—	20	50	—	—	—

2.4. Класифікація промислових запасів за ступенем їх готовності до видобутку

Початковими балансовими запасами, які підлягають обліку на діючих гірничих підприємствах, є затверджені ДКЗ балансові запаси у межах гірничого відводу та прийняті проектом розробки родовища. Крім того, проектом розробки родовища передбачаються втрати, тобто безповоротне залишення в надрах деякої частини балансових запасів.

До проектних втрат відносять такі:

а) втрати в охоронних ціликах (під будівлями, спорудами, в бар'єрних ціликах, в ціликах, що служать для охорони капітальних гірничих виробок);

б) втрати через несприятливі геологічні і гідрогеологічні умови (обводненість, складна форма залягання тощо);

в) експлуатаційні втрати у межах встановлених нормативів для різних умов та систем розробки.

Промисловими запасами називають ту частину початкових балансових запасів, яку повинно видобути з надр до повної відробки родовища. Отже промислові запаси отримують шляхом виключення з початкових балансових запасів проектних втрат.

На діючих рудниках (шахтах) промисловості, запаси за ступенем їх готовності до видобутку розподіляють на різні категорії у залежності від виду мінеральної сировини і способу розробки родовища.

Для віднесення цих запасів до різних категорій керуються відомчими інструкціями, складеними окремо для родовищ вугілля і сланців, рудних і нерудних родовищ, у яких багато чого спільного.

При підземній розробці родовищ промислові запаси за ступенем їх підготовленості до виїмки поділяються, в основному, на розкриті, підготовлені й готові до виїмки.

Розкриті – це запаси родовища, або його частини, які знаходяться вище горизонту підсічки капітальними розкриваючими виробками, з яких передбачено проведення підготовчих гірничих виробок.

На рис. 22 зображені ділянки розкритих і нерозкритих запасів у вертикальному розрізі на рудних родовищах.

Підготовлені – це запаси корисної копалини на ділянках, де пройдені усі підготовчі виробки згідно проекту і прийнятої системи розробки та які дають можливість розпочати проведення нарізних виробок.

Готові до виїмки – це частина підготовлених запасів у межах виймальних ділянок, де проведені всі підготовчі й нарізні виробки, які необхідні для проведення очисних робіт у повній відповідності з вимогами правил технічної експлуатації.

У відомчих інструкціях наводиться конкретний перелік підготовчих і нарізних виробок, які повинні бути пройдені при усіх системах і їх варіантах розробки для віднесення запасів блоків або їх частин до категорії підготовлених або готових до виїмки [10, 15].

При поточному обліку промислових запасів діючого рудника (шахти) вони розділяються ще і за ступенем можливості залучення їх до видобутку на активні і неактивні запаси.

До *активних* відносять не тільки готові до виїмки запаси, але і ту частину промислових запасів, які готові для перевodu їх у більш високі категорії.

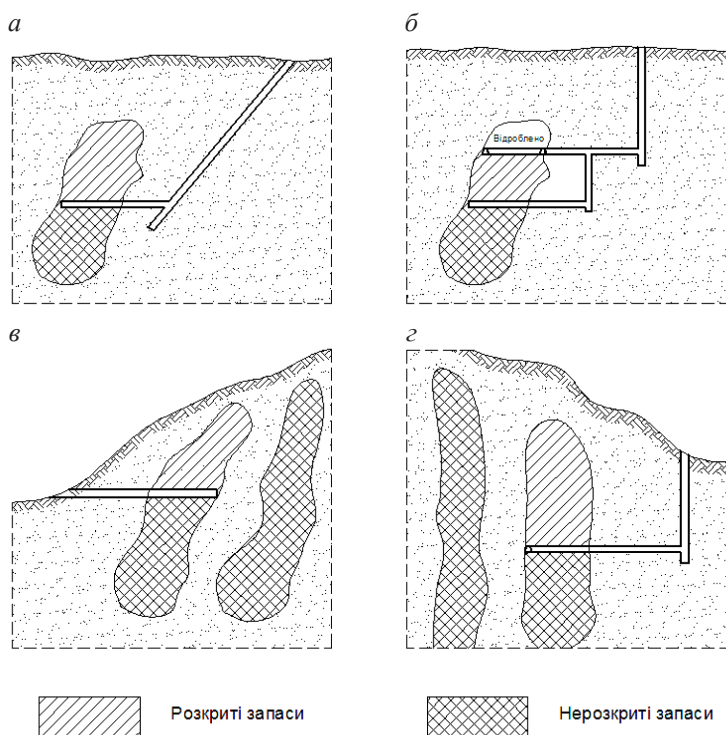


Рис. 22. Ділянки розкритих і нерозкритих запасів для різних варіантів розкриття рудних родовищ:

а) похилою шахтою і квершлагом; б) сліпою шахтою; в) штольнею; г) вертикальною шахтою і квершлагом [10, 15]

До *неактивних* відносять ту частину різних категорій промислових запасів, які у найближчий час не можуть бути вийнятими або підготовленими без виконання спеціальних робіт. До них відносять запаси у тимчасових ціликах, тимчасово затоплених тощо.

При відкритій розробці родовищ промислові запаси за ступенем підготовленості до виїмки розподіляють на такі категорії:

Розкриті – це частина промислових запасів ділянок уступів, верхня площа яких звільнена від покриваючих пустих порід і корисної копалини вищележачого уступу або оголена внаслідок природних умов залягання (наприклад, при виході покладу на денну поверхню). У всіх випадках на цій ділянці повинна бути пройдена виїзна траншея або траншея для обладнання підйомника на відмітку робочого горизонту, передбаченого технічним проектом.

Границями розкритого покладу є: на глибині – горизонт, що підсічений виїзною траншеєю, і по площі – контур оголеної ділянки покладу.

Із числа розкритих виділяють такі: запаси, що підготовлені до зачистки, готові до виїмки, у тимчасових ціликах, тимчасово затоплені і в пожежних ділянках.

Підготовленими до зачистки вважають розкриті запаси, які не потребують розкривних робіт і які потребують тільки зачистки породи потужністю до 0,5–1,0 м, що залишилась на робочих площадках уступів.

Готовими до виїмки вважають зачищені запаси, які можливо видобути без порушення основних правил технічної експлуатації і безпеки.

До *запасів у тимчасових ціликах* відносять запаси у тимчасових ціликах під спорудами (наприклад, естакадами); розкриті запаси у нижніх уступах, виїмка яких у теперішній час неможлива; запаси в охоронних і шляхових бермах.

До *тимчасових завалених* відносять запаси, виїмка яких неможлива внаслідок завалу їх породою (у тому числі при зсувах). Після прибирання цієї породи ці запаси переводять у більш високі категорії запасів.

До *тимчасово затоплених* відносять запаси на затоплених ділянках, відкачку води або дренаж яких можливо зробити у короткий термін.

На рис. 23 зображена проста схема розробки відкритим способом горизонтального вугільного пласта з віднесенням окремих його ділянок до різних категорій за ступенем їх підготовленості до виїмки [10, 15].



Рис. 23. Схематичне зображення ділянок, віднесених до різних категорій промислових запасів при відкритій розробці корисних копалин:

1 – технічна границя; 2 – контур розкритих запасів; 3 – готові до виїмки; 4 – підготовлені до зачистки; 5 – в тимчасових ціликах; 6 – тимчасово завалені [15]

2.5. Параметри підрахунку запасів і способи їх визначення

Матеріали, необхідні для підрахунку запасів на кожній стадії освоєння родовища, і вимоги до них визначаються відповідними інструкціями ДКЗ і галузей гірничодобувної промисловості. Вони складаються з текстової, цифрової і графічної частин.

До основних вихідних матеріалів відносяться:

- детальна геологічна карта на топографічній основі в масштабі 1:2000–1:5000;
- вертикальні геологічні розрізи по розвідувальних лініях вхрест простягання і за простяганням рудних покладів;
- результати інструментальних зйомок усіх розвідувальних виробок та інклінометричних вимірів свердловин із зображенням

осей виробок на топографічних і маркшейдерських планах, розрізах у масштабах 1:500–1:10000;

– результати документування і опробування (плани опробування) розвідувальних і гірничих виробок, визначення щільності кожного типу руд, наявних на родовищі, вологості та вмісту основних і попутних компонентів;

– зовнішній і внутрішній контроль правильності результатів хімічних аналізів;

– мінералогічний склад, результати технологічних випробувань на збагачення руди, гіпсометричні плани поверхні підошви (покрівлі) покладу, плани ізопотужностей, ізоглибин залягання, ізоліній розміщення основних компонентів, креслення, які відображають умови залягання покладів і родовищ тощо.

Підрахунок запасів корисної копалини проводиться в межах побудованого контуру балансових запасів з врахуванням рівня розвіданості і вивченості. Підрахунки виконують в об'ємній або масовій мірі. Вихідними для підрахунку запасів величинами, які характеризують поклад і корисну копалину на окремих ділянках, є площа, потужність покладу рудної зони, щільність корисної копалини і вміст у ній корисних компонентів [12].

Загальні формули для підрахунку запасів будь-якої твердої корисної копалини у надрах наступні:

1. Об'ємна кількість корисної копалини:

$$V = S m_{cp},$$

де S – площа покладу, або частини у даній площині проекції, m^2 ; m_{cp} – середня потужність покладу виміряна по нормалі до площини проекції, м.

2. Кількість корисної копалини:

$$Q = V \gamma_{cp} = S m_{cp} \gamma_{cp},$$

де γ_{cp} – середня об'ємна маса корисної копалини, t/m^3 .

3. Кількість корисного компоненту, наприклад металу в рудному покладі, в тонах або кілограмах:

$$P = K' Q C_{cp},$$

де $K' = 0,01$, якщо C в %; $K' = 0,001$, якщо C в г/т.

Таким чином, величини S , t_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} є основними параметрами, які необхідно визначити для підрахунку запасів корисної копалини Q і корисного компоненту P у межах даного контуру покладу або його ділянки [10, 15].

2.5.1. Оконтурювання покладу корисної копалини

Запаси корисних копалин підраховують в межах контуру родовища чи його ділянки.

Контурами можуть бути:

- природні межі тіл корисних копалин;
- лінія з нульовим вмістом корисного компоненту;
- лінія з бортовим вмістом корисного компоненту;
- лінія з мінімальною промисловою потужністю;
- лінії різних типів і сортів мінеральної сировини;
- лінії, які обмежують блоки тіла корисної копалини із запасами різних категорій;
- межі ділянок з різними гірничоексплуатаційними умовами розкриття і розробки родовища.

Установлення перелічених контурів на планах і розрізах за даними геологорозвідувальних і гірничих робіт називають *оконтурюванням родовища*.

Найчастіше родовища оконтурюють за бортовим вмістом корисного компоненту або за мінімальною промисловою потужністю корисної копалини.

Під бортовим вмістом корисного компоненту розуміють гранично низький промисловий вміст його в пробах, за яким оконтурюється родовище.

Мінімальний промисловий вміст корисної копалини – це така його величина в оконтуреному блоці або всьому родовищі, при якій дана сировина є промислово придатною. Промисловий вміст вищий бортового.

Під мінімальною промисловою потужністю розуміють таку потужність, при меншій за яку розробка родовища практично недоцільна [11, 12].

Під оконтурюванням покладу розуміють визначення на плані або розрізі границь розповсюдження корисної копалини.

При цьому розрізняють внутрішній контур та зовнішній контур. Внутрішнім контуром родовища називають лінію, яка з'єднує крайні рудні свердловини, що зустріли поклад (рис. 24).

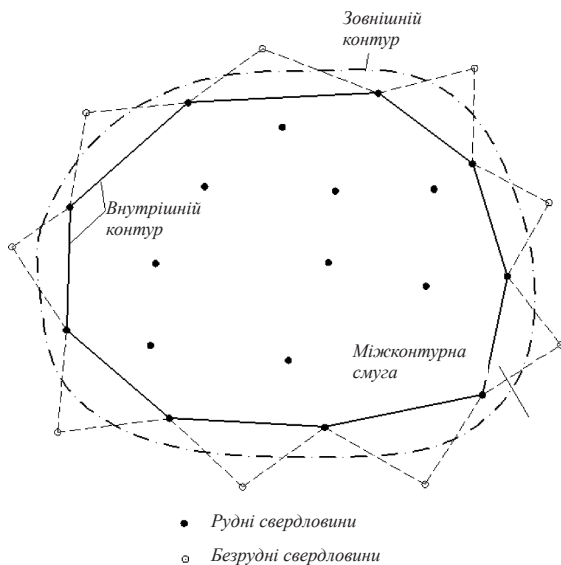


Рис. 24. Внутрішній і зовнішній контури покладу, побудовані інтерполяцією на середину [15]

При розвідці вертикальними свердловинами *зовнішній контур* можливо встановити методом інтерполяції на середину відстані між крайніми рудними та сусідніми безрудними свердловинами.

При відсутності безрудних свердловин цей контур можливо визначити графічно на вертикальних розрізах за кутом виклинювання покладу у даному напрямку.

Зовнішній контур легко встановити на плані ізопотужностей. Ізолінія з нульовою потужністю являє собою саме цей контур. Площа, що розташована між внутрішнім і зовнішнім контурами, називають *міжконтурною смугою* [15].

У межах міжконтурної смуги розташований контур балансових запасів, тобто запасів, що відповідають вимогам кондицій. Цей контур часто називають *робочим, промисловим* або *кондиційним* контуром запасів.

Кондиції на мінеральну сировину являють собою сукупність вимог до якості корисних копалин в надрах і гірничо-геологічних умов, дотримання яких при оконтурюванні і підрахунку запасів дозволяє правильно розподілити запаси на балансові і позабалансові. Кондиції встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

2.5.2. Визначення площі підрахунку запасів

При підрахунку запасів площі плоских фігур на плані або розрізі визначають одним із таких способів:

1. За допомогою планіметра.
2. Розбивкою площі на прості геометричні фігури (трикутники, трапеції, прямокутники), площу яких з урахуванням масштабу, обчислюють за формулами геометрії.
3. За допомогою палеток.
4. Аналітичний.

Визначення площі планіметром виконують двічі при різних положеннях полюса. Якщо різниця між двома вимірами не перевищує $\pm 3\%$, то за остаточне значення приймають середнє з двох вимірів.

Для визначення площі геометрично неправильної фігури за допомогою палетки, яка складається з квадратів із сторонами 0,5 або 1,0 см її накладають у довільному положенні на вимірювану фігуру і хрестиками відмічають число цілих квадратів усередині фігури (рис. 25, а) [15].

Потім беруть неповні квадрати усередині фігури (вони заштриховані) і підраховують, якій кількості повних квадратів вони відповідають. Для контролю палетку зміщують і розвертають на 30° – 60° , знову проводять повторне вимірювання. За результатами не менше чим двох вимірів обчислюють середнє значення площі фігури.

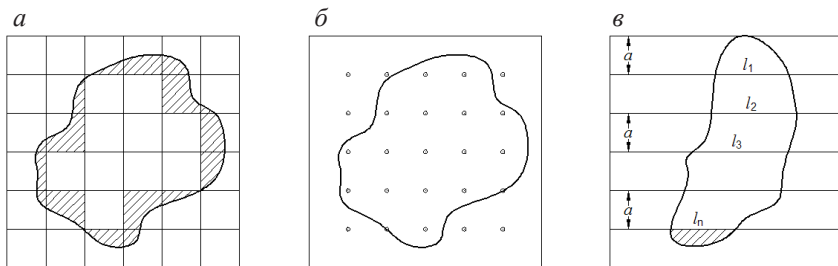


Рис. 25. Визначення площі за допомогою палетки:
а – квадратної; *б* – точкової; *в* – паралельними лініями

При використанні точкової палетки (рис. 25, б) з двох її положень підраховують кількість точок, що розташовані всередині фігури. При цьому площа фігури дорівнює середній кількості підрахованих точок, що помножені на площу, віднесену до кожної точки у масштабі креслення.

Для визначення площі геометрично неправильної фігури витягнутої форми застосовують палетку з паралельними лініями, розташованих на однакових відстанях $a = 0,5-1,0$ см.

При цьому курвіметром або лінійкою вимірюють довжини $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ паралельних прямих всередині контуру і визначають їх суму Σl_i .

Площу виміряної фігури визначають за формулою:

$$S = a\Sigma l_i + \Delta S,$$

де ΔS – сума заштрихованих ділянок фігури за межами вимірних ліній. При цьому довжини ліній виражають в метрах відповідно до масштабу креслення.

Точність визначення площі фігур вказаними вище способами складає $\pm(1-3)\%$, що задовольняє вимогам, які пред'являють до точності підрахунку запасів [10, 15].

2.5.3. Визначення площі топографічної поверхні

При підрахунку запасів пластових родовищ зі змінними кутами падіння доводиться мати справу із складними (топографічними) поверхнями, площі яких необхідно визначати. Для цього, а також для розв'язування ряду інших гірничотехнічних задач, поверхні пластів зображують в ізогісах. Поверхню, розміщену між двома сусідніми ізогісами, вважатимемо лінійчатою, тобто такою, яка у вертикальному перерізі по лінії, перпендикулярній до простягання ізогіси, зображується похилим відрізком прямої.

Нехай на рис. 26, *a* зображена горизонтальна проекція смуги топографічної поверхні, розміщеної між суміжними ізогісами 100 і 150 м, а на рис. 26, *б* – її вертикальний переріз по лінії *ab* [11, 12].

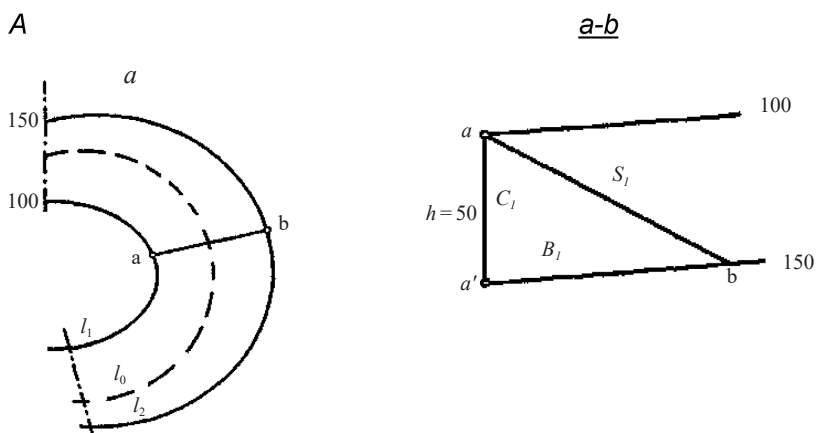


Рис. 26. До визначення площі лінійчатої поверхні:

a – план; *б* – розріз

Позначимо через: S_i дійсну площу смуги топографічної поверхні, яка знаходиться між ізогісами l_1 і l_2 в межах технічних границь; B_i – площу цієї смуги в плані. Спроекуємо S_i на вертикальну циліндричну поверхню, побудовану на середній ізогісі l_0 .

Висота цієї поверхні дорівнює різниці відміток ізогіпс l_1 і l_2 . У нашому випадку $h=50$ м. Площу цієї проекції позначимо через C_i . Очевидно, що:

$$C_i = h \cdot l_0 \text{ м}^2, \quad (3)$$

де $l_0 = \frac{l_1 + l_2}{2}$ – довжина середньої ізогіпси, м.

При цьому вважають, що кут нахилу лінійчатої поверхні між сусідніми ізогіпсами l_1 і l_2 не змінюється і дорівнює середньому його значенню, визначеному для даної смуги. Дійсну площу S_i смуги лінійчатої поверхні визначають за формулою В. І. Баумана:

$$S_i = \sqrt{B_i^2 + C_i^2} \text{ м}^2, \quad (4)$$

де S_i – площа смуги лінійчатої поверхні в плані, м^2 ; C_i – площа смуги лінійчатої поверхні в проекції на вертикальну поверхню, м^2 [11, 12].

Дійсна площа S поверхні пласта, зображеної на гіпсометричному плані, дорівнює сумі площ усіх смуг, які знаходяться між сусідніми ізогіпсами, визначених за формулою В. І. Баумана:

Площу S_i кожної смуги визначають в такій послідовності:

- одним із відомих способів визначають на плані площі B_i смуг, які знаходяться між сусідніми ізогіпсами l_1 і l_2 , l_2 і l_3 , ..., l_{n-1} і l_n ;
- у межах вимірюваної площі курвіметром знаходять довжини ізогіпс l_1 , l_2 , l_3 , ..., l_n ;
- за формулою (3) обчислюють площі C_i проекцій площ смуг на вертикальну поверхню;
- за формулою (4) обчислюють дійсні площі S_i смуг, які знаходяться між двома сусідніми ізогіпсами;
- додавши площі окремих смуг, знаходять загальну площу поверхні пласта в контурі підрахунку.

Дослідження показали, що для кутів падіння від 35° до 55° похибка визначення площі поверхні цим способом не перевищує 1% [11, 12].

2.5.4. Визначення середньої потужності покладу

Для підрахунку запасів корисної копалини необхідно визначення середнього значення потужності покладу у межах виділеного контуру (блоку, ділянки).

Потужність покладу, який має чіткі контакти з вміщуючими породами, вимірюють безпосередньо у виробках при випробуванні і документації, або під час буріння за вимірним керном. Крім безпосереднього способу визначення потужності застосовують побічний спосіб за допомогою різних видів каротажу.

При рівномірному розташуванні точок виміру у межах контуру балансових запасів, середнє значення потужності визначають як середньоарифметичне.

При великій мінливості потужності і особливо при нерівномірному розподілі точок спостереження необхідно визначати середньозважене значення потужності за формулами:

$$m_{\text{cp}} = \frac{\sum S m_i S_i}{\sum S_i} \quad \text{або} \quad m_{\text{cp}} = \frac{\sum m_i l_i}{\sum l_i},$$

де m_i – числове значення вимірної потужності в i -й точці; S_i та l_i – площа, або інтервал ділянки, який тягнє до i -тої точки спостереження.

Якщо поклад має складну будову і включає різні прошарки пустих порід, то при підрахунку беруть не загальну, а лише корисну потужність покладу [10, 15].

2.5.5. Визначення об'ємної маси корисної копалини

Об'ємна вага мінеральної сировини – це вага 1 м³ сировини в моноліті в природному стані з врахуванням пустот та тріщин на відміну від питомої ваги, де ці фактори на враховуються.

Очевидно, що об'ємна вага повинна бути меншою за питому вагу однієї і тієї ж породи.

Існують наступні способи визначення об'ємної ваги корисної копалини (породи) в масиві:

а) спосіб пробної вирубки;

- б) лабораторний спосіб;
- в) аналітичний спосіб.

Спосіб пробної вирубки застосовують для слабких тріщинуватих пористих і дуже забруднених сторонніми включеннями корисних копалин.

Ретельно розрівнявши і очистивши вибій виробки, проводять вирубку корисної копалини у вигляді ніш правильної форми в об'ємі не менше 1 м³. Визначивши об'єм виїмки V і масу видобутої корисної копалини P , обчислюють її об'ємну масу γ за формулою:

$$\gamma = P / V.$$

Лабораторний спосіб застосовують для порівняно щільних однорідних за речовинним складом корисних копалин. При цьому об'ємна маса може бути визначена наступним чином:

а) пікнометрично, коли частину проб корисної копалини роздроблюють у порошок і занурюють у посудину з водою.

Порівнюючи вагу посудини з водою і вагу з водою, що містить порошок корисної копалини, можливо визначити питому вагу останньої. Щоб перейти до об'ємної ваги користуються коефіцієнтом переведення;

б) зважуванням зразків корисної копалини у повітрі і воді;

в) зважуванням зразків і визначенням їх об'єму у мірній посудині та інше.

Для визначення об'ємної ваги в останніх двох випадках необхідно зразки покривати плівкою парафіну.

Аналітичний спосіб заснований на обчисленні об'ємної ваги в залежності від вмісту в корисній копалині тих або інших компонентів. Характер вказаної залежності встановлюють методом теорії кореляції.

У теперішній час цей метод можливо рекомендувати для визначення об'ємної ваги кам'яного і щільного типу бурого вугілля [10, 15].

2.5.6. Визначення середнього вмісту корисного компоненту

Для багатьох нерудних корисних копалин, таких як вугілля, горючі сланці, бітуми, глини, будівельні матеріали, сірчастий колчедан,

цементна сировина тощо підраховують запаси самої сировини, бо вона і є цінним компонентом. Для рудних корисних копалин, окрім запасів руди, визначають запаси їх компонентів. При цьому компонентами найчастіше виступають елементи та їх окиси.

Вміст корисних компонентів для більшості металічних і неметалічних корисних копалин виражають у відсотках, а для руд благородних і ряду цінних металів – в г/т. Вміст благородних металів у розсилах виражають в грамах, алмазів – в каратах або міліграмах, вольфраміту, монациту та інше – в кг/м³.

Визначення вмісту проводиться в лабораторіях за спеціальними методиками, які описані у відповідній літературі.

Надійність визначення вмісту корисного компоненту у руді встановлюють шляхом проведення контрольних аналізів (внутрішніх і зовнішніх), результати яких прикладають до матеріалів з підрахунку запасів.

Значення середнього вмісту корисного компоненту у межах даного контуру підрахунку обчислюють як середньоарифметичне або середньозважене у залежності від характеру розподілу місць взяття проб, мінливості потужності покладу, його об'ємної ваги тощо [12].

2.6. Способи підрахунку запасів

Переважна більшість тіл корисних копалин обмежується складними поверхнями. Визначення об'ємів тіл, які обмежені такими поверхнями, практично неможливо. Тому усі способи підрахунку запасів твердих корисних копалин засновані на принципі трансформації складних тіл у більш-менш прості, які рівновеликі їм за об'ємом.

Існує багато способів підрахунку запасів корисних копалин Q і корисного компоненту P . Вибір способу підрахунку запасів визначають формою тіла корисної копалини, його заляганням, системою розвідки, способом випробування, характером розподілу вмісту корисного компоненту і способом розробки родовища [11, 12].

2.6.1. Спосіб середнього арифметичного

Спосіб середнього арифметичного застосовують при порівняно рівномірному розподілі розвідувальної мережі, а також невеликих коливаннях потужності покладу і вмісту корисних компонентів в межах *всього* контуру підрахунку.

При цьому рудне тіло, обмежене складними поверхнями, (рис. 27, *а*) прирівнюють до покладу з постійною середньою потужністю (рис. 27, *б*).

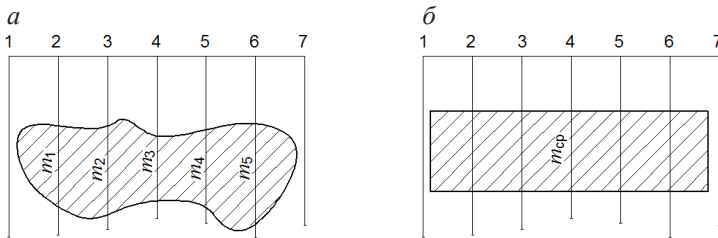


Рис. 27. До підрахунку запасів способом середнього арифметичного: *а* – дійсна форма покладу; *б* – трансформована форма покладу

Запаси обчислюють за середніми значеннями потужності покладу, об'ємної ваги корисної копалини і вмісту корисного компоненту за такими формулами:

$$Q = V\gamma = S m_{cp} \gamma_{cp},$$
$$P = Q C_{cp}.$$

У межах внутрішнього контуру покладу значення m_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} визначають як середнє арифметичне із окремих значень для усіх точок спостережень в межах цього контуру.

Для міжконтурної полоси, побудованої за нульовою потужністю, величини γ_{cp} , C_{cp} визначають тим же способом, а значення середньої потужності обчислюють за формулою:

$$m_{cp} = \frac{\sum S_i}{2n},$$

де n – число точок спостережень, розташованих на лінії внутрішнього контуру.

Перевагою даного способу підрахунку запасів є простота графічних і обчислювальних операцій.

Але цей спосіб непридатний при необхідності проведення окремого обліку запасів за окремими сортами руд, категоріями запасів тощо. Тому цей спосіб підрахунку запасів іноді називають *сумарним* [10, 15].

2.6.2. Спосіб геологічних блоків

Спосіб геологічних блоків є різновидом способу середнього арифметичного і відрізняється від нього тим, що середні значення потужності і вмісту обчислюють не для всього родовища в цілому, а для окремих частин, які називають *геологічними блоками*. При цьому способі поклад корисної копалини розчленують на окремі геологічні блоки і підраховують запаси в межах кожного з них способом середнього арифметичного. Загальний запас за категоріями знаходять додаванням запасів окремих блоків. Тіло корисної копалини в даному випадку ніби перетворюється в сукупність зімкнених рівновеликих фігур, висота яких дорівнює середній потужності кожного блока (рис. 28) [12].

Виділення контурів геологічних блоків виконують за такими ознаками:

– оконтурюють блоки, обмежені диз'юнктивними порушеннями, розмивами корисної копалини та іншими природними межами;

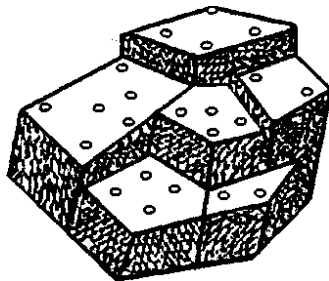


Рис. 28. Вигляд перетвореного тіла корисної копалини внаслідок розбиття його на геологічні блоки

- оконтурюють площі різних сортів корисної копалини;
- оконтурюють площі запасів з різним ступенем розвіданості;
- оконтурюють площі, які підлягають відпрацюванню як окремі експлуатаційні одиниці або призначені до відпрацювання в певній послідовності.

Виділяти блоки рекомендується з врахуванням того, щоб всередині кожного блока була достатня кількість розвідувальних виробок.

Графічні побудови при цьому зводяться до загального оконтурювання тіла корисної копалини одним із способів із розчленуванням на блоки оконтуреного покладу.

Блоки виділяють за такими ознаками:

- сорт корисної копалини;
- ступінь розвіданості для підрахунку за різними категоріями;
- структурні лінії, які впливають на систему розвідки і розробки.

Не слід намагатися виділяти невеликі блоки, оскільки чим більше в межах блоку розвідувальних точок, тим точніше будуть визначені запаси по блоку. Це означає, підрахунок запасів способом геологічних блоків слід виконувати тоді, коли підрахунок по кожному блоку спирається на значну кількість виробок.

Достоїнствами розглянутого способу є його простота і швидкість підрахунку, а також можливість виділення групи і категорії запасів за певними ознаками і умовами.

Спосіб геологічних блоків широко застосовують в практиці [11, 12].

2.6.3. Спосіб експлуатаційних блоків

Способом експлуатаційних блоків підраховують запаси руди і металу багатьох родовищ. При цьому тіло розчленовують розвідувальними і підготовчими гірничими виробками на окремі блоки і підраховують запаси по окремих блоках. Загальний запас ділянки або покладу знаходять як суму запасів окремих блоків.

Вихідним графічним документом для підрахунку запасів служить маркшейдерський план виробок або їх зображення в проєкціях на вертикальну (похилу) площину.

На рис. 29 зображено план гірничих робіт одного з експлуатаційних блоків жильного родовища.

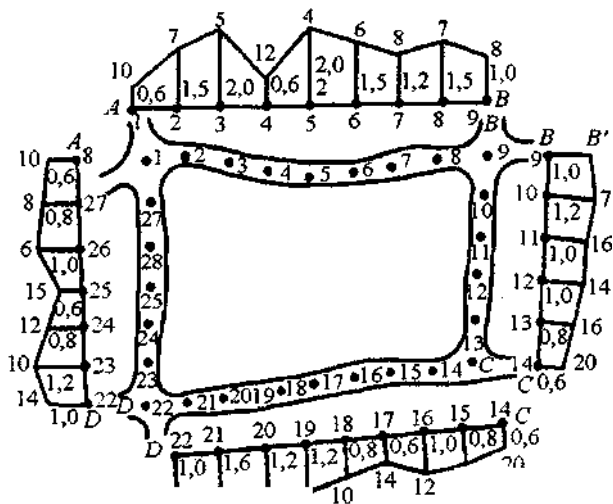


Рис. 29. Підрахунок запасів блока золотоносної жиля, оконтуреного гірничими виробками

В точках 1, 2, 3, ..., 27 вимірювалась потужність t і відбирались проби для визначення вмісту компонента c . На плані зображені криві вмісту компонента уздовж виробок.

Для визначення запасу металу, що знаходиться в даному блоці, необхідно знайти дійсну площу блока, його середню потужність, середню густину руди і середній вміст металу [11, 12].

Дійсну площу визначають з врахуванням кута падіння покладу. Потім обчислюють середню потужність по кожному перерізу блока. Знаючи середні потужності по перерізах, обчислюють середню потужність блока як середнє зважене по довжинах виробок.

Аналогічно визначають середній вміст, тобто спочатку знаходять середній вміст по перерізах, а потім середній вміст по блоку.

Запаси руди і металу обчислюють за наведеними раніше формулами.

Розглянутий спосіб – єдино доцільний, коли малопотужні жильні тіла в процесі розвідки і підготовки до експлуатації нарізані на експлуатаційні блоки.

Достоїнством способу є те, що він не потребує спеціальних графічних побудов, оскільки при підрахунку запасів використовують плани опробування та робочі маркшейдерські плани, і забезпечує виділення ділянок різних стосовно якості руди. Крім того, підрахунок виконують у межах первинних гірничоексплуатаційних комірок-блоків. Це уможливило використовувати результати підрахунку при плануванні експлуатаційних робіт рудника без додаткових перерахунків.

Спосіб експлуатаційних блоків дуже широко використовують маркшейдерська і геологічна служби при підрахунках, пов'язаних з обліком руху запасів і плануванням видобутку на діючих гірничих підприємствах [11, 12].

2.6.4. Спосіб паралельних розрізів

Спосіб паралельних розрізів застосовують при підрахунку запасів потужних покладів, розвіданих буровими свердловинами, розташованими уздовж ліній, паралельних між собою, або гірничими виробками, пройденими на різних горизонтах у кількості, яка дозволяє побудувати відповідно вертикальні або горизонтальні геологічні розрізи родовища (рис. 30).

У цих випадках підрахунок запасів проводять по блоках, оконтурених сусідніми паралельними перерізами.

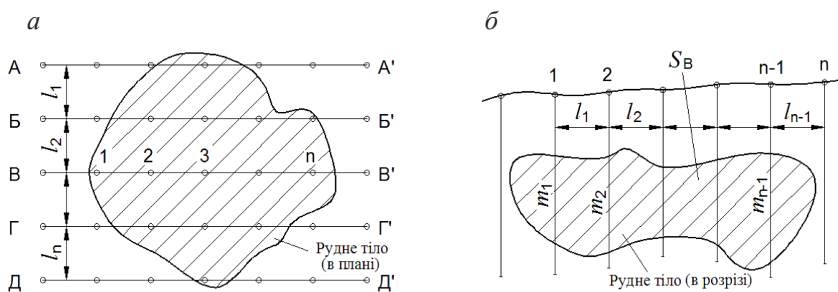


Рис. 30. Схема до підрахунку запасів способом вертикальних розрізів:

а – план розвідувальних виробок; *б* – вертикальний розріз за лінією В–В'

Якщо лінії розвідувальних виробок непаралельні, то для підрахунку об'ємів блоків застосовують формули А. С. Золотарьова, І. М. Ушакова, А. П. Прокоф'єва, С. С. Ізаксона та інших вчених. Розглянемо деякі з них.

Формули А. С. Золотарьова. Розглянемо два випадки обчислення об'ємів блоків:

– якщо кут між збіжними розрізами менше 10° , то:

$$V_{\text{бл}} = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2};$$

– якщо кут між збіжними розрізами більше 10° , то:

$$V_{\text{бл}} = \frac{\beta}{\sin \beta} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2},$$

де $V_{\text{бл}}$ об'єм блока, м^3 ; S_1, S_2 – площі перерізів покладу в площинах збіжних розрізів; H_1, H_2 – довжини перпендикулярів, проведених з проєкцій центрів мас площ S_1 і S_2 перерізів на протилежні лінії розрізів, м (рис. 32); β – кут між збіжними розрізами в радіанах [12].

Непаралельність перерізів не впливає на визначення середнього вмісту корисного компонента в блоці і його можна знаходити будь-яким з відомих способів.

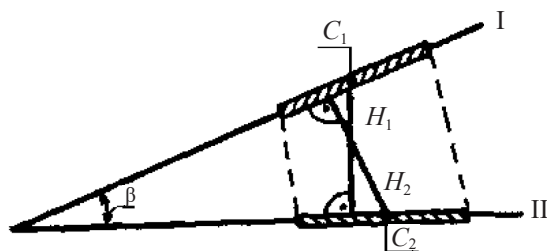


Рис. 32. Схема до визначення довжин перпендикулярів при непаралельному розташуванні розвідувальних ліній:

C_1 і C_2 – проєкції центрів площ S_1 і S_2 перерізів покладу

Знаючи об'єм блока, густину руди і середній вміст корисного компонента, визначають запаси руди і металу за відомими формулами

Основна трудність при користуванні формулами А. С. Золотарьова пов'язана з визначенням положення центрів мас перерізів тіла корисної копалини по розрізах.

На рис. 33 зображені дві вертикальні площини A і B , які перетинаються під кутом β . В цих площинах лежать відповідні розвідувальні лінії, що виявили корисну копалину. Тут S_1 і S_2 – площі перерізів покладу в площинах A і B , ρ_1 і ρ_2 – відстані від центра мас відповідних перерізів до осі обертання OO_1 .

Формула І. М. Ушакова для практичного визначення об'єму блока, що заключений між двома перерізами, які збігаються, має вигляд:

$$V = \frac{\beta}{6} [\rho_1 (2S_1 + S_2) + \rho_2 (2S_2 + S_1)]. \quad (5)$$

Вихідними даними для обчислення об'єму блока за цією формулою є площі S_1 і S_2 перерізів покладу в площинах розрізів, радіуси ρ_1 і ρ_2 та кут β між розвідувальними лініями.

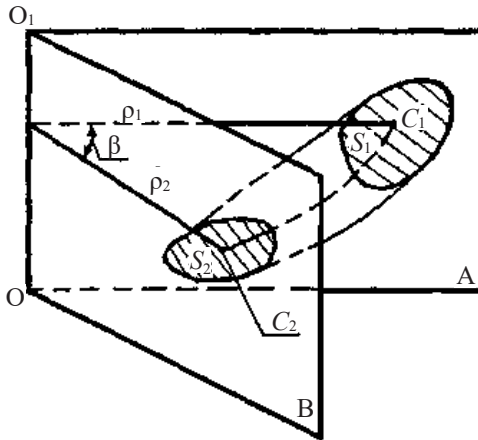


Рис. 33. Схема до визначення об'єму блока між непаралельними перерізами

Величину останнього беруть з плану розвідки покладу і виражають в радіанах. Для визначення радіусів ρ_1 і ρ_2 , насамперед, необхідно знайти центри мас площ S_1 і S_2 . Формулу (5) використовують за умови, коли радіуси ρ_1 і ρ_2 та площі S_1 і S_2 дуже відрізняються між собою. Якщо ж ця відміна менше двох, то для визначення об'єму можна користуватися наближеною формулою:

$$V = \beta \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}.$$

В цьому випадку площа перерізу і радіус обертання беруться як середні арифметичні.

Оскільки величини щільності і вмісту від перерізу до перерізу майже не змінюються, то запаси в блоках між розрізами, які збігаються, обчислюють за звичайними формулами [11, 12].

2.6.6. Спосіб ізоліній (професора П. К. Соболевського)

Суть способу полягає у тому, що тіло корисної копалини, яке зображене в ізопотужностях, за допомогою квадратної палетки розчленовують на ряд вертикальних косозрізаних призм з однаковими квадратними основами. Об'єм кожної призми визначають добутком площі її основи на середню висоту.

На рис. 34 в ізопотужностях представлено рудне тіло. На нього довільно накладена палетка із стороною квадрату в 1 см. До кожного центру квадрата палетки тяжіє ділянка призми, у якої основа дорівнює 1 см², а середня висота дорівнює вертикальній потужності тіла у центрі основи призми.

Так, наприклад, у точці K висота призми згідно плану ізопотужностей дорівнює 13,2 м. Оскільки основи S усіх призм однакові, то для обчислення об'єму усього тіла достатньо підсумувати висоти h призм, тобто вертикальні потужності тіла по усіх точках палетки у межах контуру підрахунку і отриману суму $\sum h_i$ перемножити на постійну величину S – площі основи призми, виражену у м², тобто:

$$V = S \sum h_i, \text{ м}^3.$$

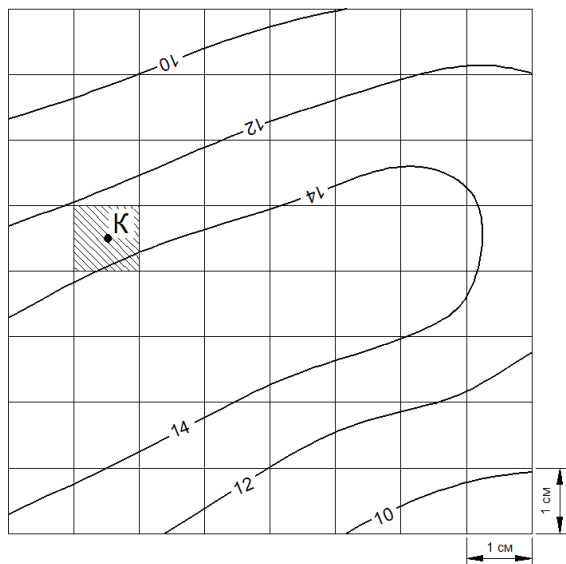


Рис. 34. План ізопотужностей із накладеною об'ємною палеткою [15]

2.6.7. Спосіб середнього кута падіння покладу

Цей спосіб застосовують для підрахунку запасів пластових родовищ з витриманою потужністю і незначним коливанням об'ємної ваги.

Якщо кут падіння пласта зберігає більш менш свою величину на всій площі підрахунку, то у межах цієї площі визначають середній кут падіння δ_{cp} , середню потужність m_{cp} і об'ємну вагу корисної копалини. Запаси в об'ємній мірі знаходять за формулою:

$$V = S_n m_{cp} \text{ м}^3,$$

$$S_n = \frac{B}{\cos \delta_{cp}} \text{ м}^2,$$

де S_n – дійсна площа ділянки (блоку) у площини пласта, м^2 ; B – площа ділянки (блоку) в проекції на горизонтальну площину (в плані), м^2 ; δ_{cp} – середній кут падіння; m_{cp} – середня потужність пласта, м .

У ваговій мірі запаси визначаються за відомою формулою:

$$Q = V\gamma_{cp} \text{ т.}$$

Цей спосіб забезпечує достатню точність, якщо у межах границь підрахунку кут падіння пласта має коливання, що не перевищують 3–5 градусів. При більших коливаннях кута падіння всю площу підрахунку можливо розподілити на декілька ділянок (блоків), дотримуючись умови щоб у межах кожного блоку ці коливання не перевищували вказаних величин. На кожній такій ділянці визначають δ_{cp} і за наведеними вище формулами визначаються шукані величини S_n і Q . Потім запаси окремих блоків підсумовуються [10, 15].

2.6.8. Спосіб ізогіпс (професора В. І. Баумана)

Якщо кут падіння пласта змінюється як нахрест простягання, так і за простяганням для підрахунку запасів використовують формули В. І. Баумана. Для цього рекомендується використати гіпсометричний план (рис. 35).

Площу його поверхні визначають по окремих блоках, обмежених двома суміжними ізогіпсами. Запаси у такому блоці (наприклад 5) можуть бути обчислені за формулами:

$$Q_{(5)} = S_{n(5)} m_{cp} \gamma_{cp},$$

де $S_{n(5)}$ – дісна площа блоку 5, яку обчислюють за формулою:

$$S_{n(5)} = \sqrt{B_{(5)}^2 + C_{(5)}^2} \text{ м}^2,$$

де m_{cp} – середня потужність по блоку, м; γ_{cp} – середня об'ємна вага т/м³; $B_{(5)}$ – площа блоку 5 на плані, обмежена ізогіпсами l_1 (–250 м) і l_2 (–300 м); $C_{(5)}$ – площа цього ж блоку у проекції на вертикальну циліндричну поверхню, що обчислюють за формулою:

$$C_{(5)} = \frac{l_1 + l_2}{2} h \text{ м}^2,$$

де l_1 і l_2 – довжини ізогіпс, які обмежують блок; h – висота перерізу ізогіпс, м. У наведеному прикладі $h = 50$ м.

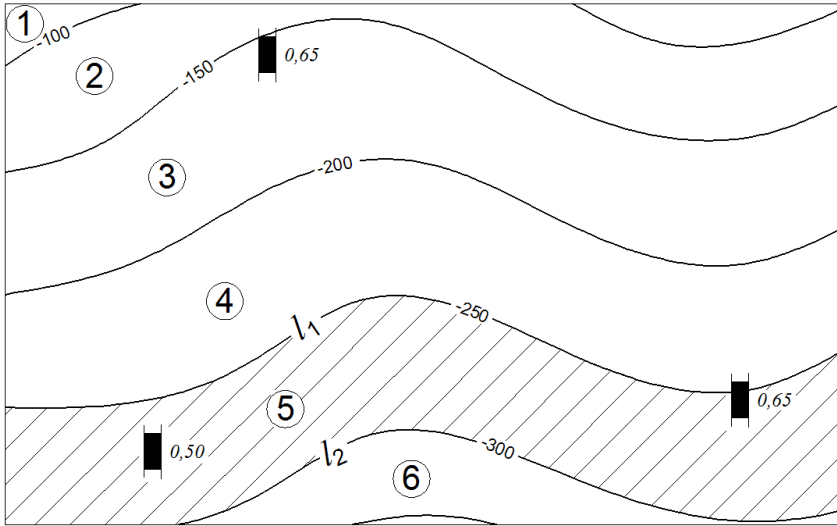


Рис. 35. Гіпсометричний план вугільного пласта

Запаси по усьому шахтному полю отримують шляхом підсумовування запасів за окремими блоками [10, 15].

2.6.9. Спосіб багатокутників

Спосіб багатокутників називають також *способом найближчих районів*. Суть цього способу полягає у виділенні навколо кожної точки перетину корисної копалини розвідувальною виробкою ділянки, всі точки якої ближчі до цієї виробки, ніж до будь-якої іншої. Тому цей спосіб і називають *способом найближчого району*. При цьому вся розвідувана площа розбивається на окремі ділянки за кількістю розвідувальних виробок так, щоб до кожної виробки відійшла найближча до неї частина покладу. Припускають, що на всій найближчій площі, яка тяжіє до даної виробки, потужність, щільність і вміст корисної копалини залишаються незмінними і рівними показникам, одержаним в цій виробці. Для виділення таких ділянок користуються наступною теоремою геометрії:

перпендикуляр, проведений через середину відрізка прямої лінії, є геометричним місцем точок, рівновіддалених від кінців цього відрізка.

Тому будь-яка точка, яка лежить праворуч від перпендикуляра СД розташована ближче до точки В, ніж до А і навпаки, будь-яка точка, розташована ліворуч від цього перпендикуляра, лежатиме ближче до точки А, ніж до точки В (рис. 36).

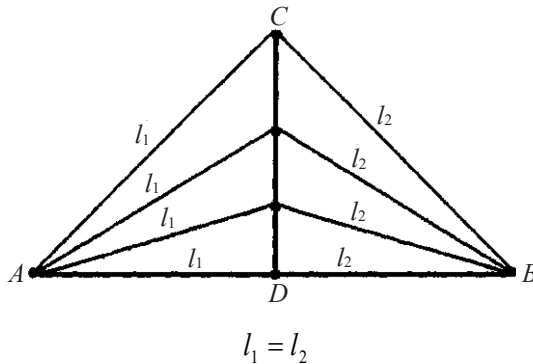


Рис. 36. Властивості перпендикуляра, проведеного через середину відрізка АВ

Для використання цього положення при підрахунку запасів виконують такі графічні побудови.

На плані підрахунку запасів, де нанесені всі розвідувальні виробки, кожен виробку з'єднують прямими лініями з найближчими до неї сусідніми виробками (рис. 37). Через середини одержаних відрізків проводять перпендикуляри, які перетинаючись між собою, утворюють навколо кожної виробки багатокутник.

Будь-яка точка площі цього багатокутника знаходиться ближче до даної виробки, ніж до інших (рис. 37).

Розглянувши способом вся площа на плані розбивається на багатокутники (рис. 38), а поклад – на багатогранники, запаси яких і підраховують. Основами і висотами багатогранних призм служать відповідно найближчі площі біля виробок в формі багатокутників і вертикальні потужності в цих виробках.

Отже, внаслідок виконаних побудов тіло корисної копалини ніби перетворюється в групу зімкнених багатограних призм (рис. 39) [10, 12].

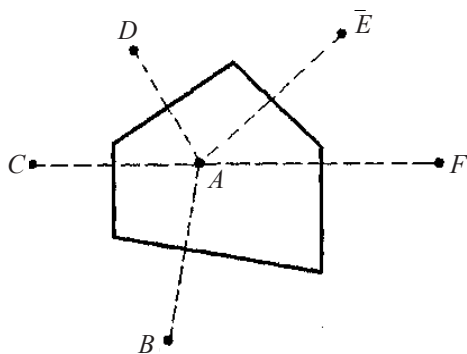


Рис. 37. Побудова багатокутника, який тяжіє до виробки *A*

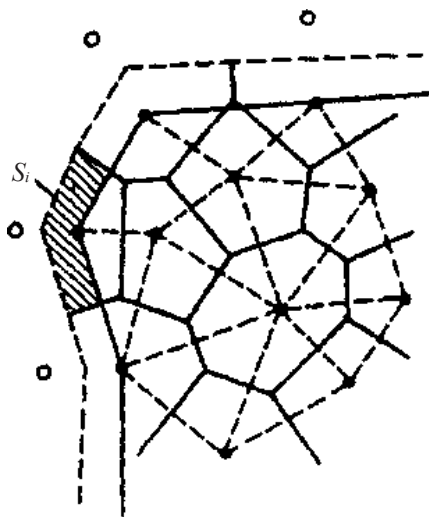


Рис. 38. Побудова багатокутників у межах розвідуваного контуру:
1 – рудні свердловини; *2* – безрудні свердловини; *3* – внутрішній контур;
4 – зовнішній контур

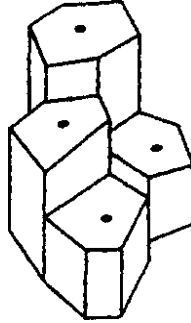


Рис. 39. Схема перетворення покладу групи зімкнених багатогранних призм

Запаси по кожній такій призмі обчислюють за відомими формулами:

$$Q_i = S m_i \gamma_i \quad P_i = Q_i c_i.$$

Запаси по всій ділянці визначають як суму запасів окремих призм:

$$Q = \Sigma Q_i \quad P = \Sigma P_i.$$

Головним достоїнством розглянутого способу є його простота і швидкість обчислювальних операцій. Проте він має і недоліки:

- підрахунок запасів цим способом потребує дуже багато складних графічних побудов;

- проведення нової виробки в межах площі з уже підрахованими запасами не дає змогу поповнити підрахункове креслення, а потребує знову перекреслювати значну його частину;

- фігури, за якими проводять підрахунок запасів, надзвичайно спотворюють природну морфологію покладу. З цієї точки зору такий спосіб є дуже ненатуральним і нелогічним;

- багатогранні призми, за якими проводять підрахунок запасів, за своєю формою не можуть бути експлуатаційними ділянками і тому в подальшому при проектуванні гірничих робіт і плануванні видобутку часто доводиться проводити перерахування іншими способами;

– спосіб не надає можливості впевнено виділити сорти корисної копалини в процесі підрахунків, особливо це стосується родовищ з нерівномірним розподілом компонентів.

2.6.10. Комбіновані способи підрахунку запасів

У практиці підрахунку запасів мінеральної сировини застосовують комбіновані способи. При цьому комбінування способів буває двояким. По-перше, запаси різних частинок одного й того ж родовища підраховують різними способами. Таким підрахунком користуються у випадку, коли окремі частини родовища мають різну форму або ж розвідка їх проведена різною системою розвідувальних виробок. По-друге, для зручності використання результатів підрахунку запасів в процесі проектування розробки і планування видобутку на родовищі або з метою досягнення підвищеної точності підрахунку за одним із методів родовище розчленують на підрахункові блоки, а підрахунок запасів у межах цих блоків виконують іншим методом.

Найчастіше з іншими методами комбінують спосіб розрізів. При цьому рудне тіло розчленовують розрізами на частини, в межах яких підрахунок запасів в блоках між розрізами або в площині перерізу здійснюють іншим способом. Відомі випадки комбінування способу розрізів із способами багатокутників, ізоліній, середнього арифметичного тощо. Можлива комбінація способу експлуатаційних блоків і способу ізоліній, яку використовують для підрахунку запасів колчеданових руд. Комбінування способу ізогіпс В. І. Баумана з іншими способами для підрахунку запасів неможливе.

Різні способи для підрахунку запасів одного й того ж родовища застосовують переважно у зв'язку з різним характером розвіданості окремих його частин. Так, у верхніх частинах крутопадаючих покладів, розвіданих гірничими роботами, запаси визначаються способом експлуатаційних блоків, а в нижніх частинах, розвіданих колонковим бурінням, застосовують інші способи – це способи геологічних блоків, вертикальних розрізів, багатокутників, трикутників. Застосування комбінованих способів доцільне, якщо воно

впливає із особливостей родовища, розвідки, вимог проектування і експлуатації.

Слід відмітити, що застосування комбінованих способів не підвищує точності підрахунку запасів, бо вона залежить від інших чинників [10, 12].

2.6.11. Особливості підрахунку запасів вугілля

У умовах вугільних родовищ в процесі розвідки та розробки використовуються не вертикальні, а нормальні потужності. Оскільки при підрахунку запасів у блоці площа його контуру повинна вимірюватися в проекції на площину, нормальну до напрямку вимірювання потужностей, кожен блок фактично проектується на власну площину (рис. 21, *в*), що падає під кутом α по відношенню до площини проєкції (зазвичай вертикальної або горизонтальної), що використовується для гірничо-геометричних побудов.

Слід також звернути увагу, що завдання підрахунку полягає не просто в визначенні кількості якогось мінералу, породи та інше, що знаходиться в надрах, а саме в підрахунку запасів, поняття яких нерозривно пов'язані з економічно можливим нині (чи в досяжній перспективі) їх вилученням з надр і промисловим використанням.

Як граничні умови, без яких неможливо дати об'єктивну оцінку кількості та якості запасів корисних копалин, їх народногосподарського значення, гірничотехнічних, гідрогеологічних, екологічних та інших умов їх видобутку, виступають параметри кондицій [2]. Кондиції – це не тільки і не стільки інструмент для підрахунку державної власності в надрах з метою контролю їх витрачання, а граничні параметри, використання яких при видобутку гарантує безбитковість подальших гірничих робіт.

Наприклад, до запасів неможливо віднести ділянка вугільного пласта, що має цілком робочу потужність, але залягає на недоступних глибинах або що знаходиться в межах шахтного поля, але уражений густою мережею диз'юнктивних порушень, що виключають можливість його ефективного і безпечного відпрацювання. Велике значення мають і якісні показники корисних копалин, які можуть повністю виключити саму можливість його

промислового використання або визначають різну спрямованість та технологію його застосування в народному господарстві. Тому при виділенні однорідних елементів покладу (при виділенні підрахункових блоків) обов'язково враховується не тільки геометрія покладу, а й промислова значимість запасів (як з позиції розробки, так і використання).

У цьому розділі викладається послідовність практичних дій при підрахунку запасів вугілля, що виконуються відповідно до прийнятої нині практики та нормативних вимог. Розглянуті методи підрахунку запасів орієнтовані на максимальне скорочення обсягів обчислювальних процедур без використання спеціалізованих комп'ютерних програм. Але основні положення методу об'ємної палетки П. К. Соболевського, добре узгоджуються з принципами цифрового моделювання поверхонь, що робить їх актуальними і на сучасному рівні розвитку цифрових технологій.

2.6.12. Державні вимоги до підрахунку запасів вугільних родовищ

У відповідності із Кодексом України про надра [5] надра, включаючи підземний простір і корисні копалини, енергетичні та інші ресурси, що містяться в надрах, є державною власністю. У зв'язку з цим державою здійснюється облік стану мінерально-сировинної бази країни, що містить відомості про кількість, якість та ступінь вивченості запасів кожного виду корисних копалин. Облік ведеться на основі класифікації запасів корисних копалин, чинна версія якої набула чинності у 2005 році.

В Україні вивчення надр здійснюється поетапно, тобто методом послідовних наближень. Чинний Кодекс України про надра [3] передбачає виділення трьох основних етапів: регіонального геологічного вивчення, геологічного вивчення (з виділенням двох стадій: пошукової та оціночної) і розвідки. Інформація, отримувана на кожному етапі, за повнотою та достовірністю має бути достатньою для геологічного та техніко-економічного обґрунтування доцільності робіт наступних етапів, або, на етапах розвідки, проектування та розробки родовища.

Природно, що сформовані на ранніх етапах вивчення надр уявлення про їх стан дуже наближені та мають вкрай низький рівень достовірності. Для того щоб підкреслити попередній характер уявлень, що формуються на ранніх етапах вивчення надр, можливі кількості корисних копалин, що виявляються, характеризуються терміном *прогнозні ресурси* [10].

Прогнозні ресурси – обсяги потенційних корисних копалин, які основані на позитивних геологічних передумовах перспективних площ, де родовища ще не відкриті [16].

Завершальний етап вивчення надр – розвідка, характеризується відносно високою достовірністю уявлень про стан надр, які досягаються за рахунок високої щільності мережі розвідувальних свердловин і застосуванням методів геометризації надр. Крім того, на цьому етапі, який безпосередньо передує залученню родовищ до освоєння, детально оцінюється і промислова значущість корисних копалин, що знаходяться в надрах. Запаси твердих корисних копалин підраховуються по результатам геологорозвідувальних робіт. Тому на цьому етапі можлива кількість виявлених корисних копалин характеризуються терміном **запаси**, які на відмінність від прогнозних ресурсів вже не оцінюються, а підраховуються. Результати цього підрахунку підлягають державній геологічній експертизі. Слід пам'ятати, що поділ процесу вивчення надр на етапи носить дещо умовний характер. Тому фактично запаси виділяються не тільки на етапі розвідки, а й на етапі геологічного вивчення (на стадії оціночних робіт), особливо в межах ділянок деталізації (підвищеної щільності мережі розвідувальних свердловин), що створюються в цілях підтвердження достовірності даних про геологічну будову, умови залягання та морфологію тіл корисних копалин.

За економічним значенням запаси твердих корисних копалин підлягають поділу на дві основні групи: *балансові* та *попозабалансові*.

До балансових (економічних) запасів відносяться запаси, розробка яких на момент оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками економічно ефективна в умовах конкурентного ринку при використанні техніки, технології видобутку та переробки мінеральної сировини, що забезпечують дотримання вимог по раціональному використанню надр та охорони навколишнього середовища.

До попозабалансових (потенційно економічних) відносяться, перш за все, запаси, розробка яких на момент оцінки економічно неефективна (збиткова) в умовах конкурентного ринку через низькі техніко-економічні показники, але освоєння яких стає економічно можливим при зміні цін на корисні копалини, появі оптимальних ринків збуту або нових технологій видобутку. До них же відносяться і запаси, які відповідають вимогам, що висуваються до балансових запасів, але використання яких на момент оцінки неможливо у зв'язку з розташуванням у межах водоохоронних зон, населених пунктів, споруд, сільськогосподарських об'єктів, заповідників, пам'ятників природи, історії і культури. Важливою особливістю є і те, що попозабалансові запаси підраховуються тільки в випадку, якщо техніко-економічними розрахунками встановлена можливість їх наступного вилучення або доцільність попутного вилучення, складування або збереження в надрах для використання у майбутньому [16].

Процедура віднесення запасів до балансових та попозабалансових іменується оцінкою балансової належності запасів та провадиться на підставі спеціальних техніко-економічних обґрунтувань кондицій для підрахунку запасів, що підтверджені державною експертизою.

Поділ запасів за балансовою належністю здійснюється за значеннями натуральних показників, що називаються *параметрами кондицій* [16].

Основними параметрами кондицій для умов вугільних родовищ є:

- мінімальна істинна потужність пласта вугілля в пластоперетині, що визначається за сумою потужностей вугільних шарів, що виймаються спільно, внутрішньопластових породних прошарків і вуглистих порід, що безпосередньо залягають у підшві або покрівлі, а при необхідності додаткової присічки інших порід – з включенням у підрахунок запасів потужностей порід, що присікаються;

- максимальна істинна потужність внутрішньопластових породних прошарків або розубожування інтервалів перерізу вугільних пластів, що включається до пластоперетину;

- мінімальна істинна потужність породних прошарків, що поділяють пласти вугілля в зонах розщеплення на об'єкти самостійної розробки;

– максимальна зольність вугілля в межах пластоперетину з урахуванням засмічення породами внутрішньопластових і бокових шарів, що виймаються спільно з вугіллям;

– межі підрахунку запасів вугілля, такі як: глибина підрахунку, граничний коефіцієнт розкриття, контур розробки (границя кар'єру, шахтного поля тощо).

Виділяють три виду кондиції.

За результатами оціночних робіт обґрунтовуються тимчасові розвідувальні кондиції, на основі яких виконується підрахунок запасів з постановкою їх на державний облік як оперативні (тобто свого роду попередні) запаси [16].

Основною формою кондицій є постійні *розвідувальні кондиції*, які встановлюються за результатами розвідки родовищ і відповідно до яких здійснюється підрахунок запасів, які готуються до промислового освоєння родовищ і, надалі, відбувається їх розробка. У разі, якщо у процесі розробки родовища виникає потреба уточнення граничних вимог до якості вугілля і умов залягання пластів по конкретних частинах родовища (виїмкових ділянок), що суттєво відрізняються за геологічними та іншими умовами відпрацювання від середніх показників, а також для забезпечення беззбиткової роботи підприємства в період різкої зміни кон'юнктури ринку сировини можуть розроблятися *експлуатаційні кондиції*, що діють обмежений час.

При цьому як додаткові параметри експлуатаційних кондицій можуть використовуватися: мінімальна виїмкова потужність, мінімальна довжина непорушеного стовпа виїмки, кути падіння пласта, міцність і стійкість порід покрівлі і гранично допустима якість вугілля. Ці параметри можуть бути диференційовані стосовно окремих ділянок (блоків, поверхів, панелей та інше) родовища, що відрізняється за своїми характеристиками, умовами залягання та відпрацювання, що істотно впливає на рівень експлуатаційних витрат.

Параметри кондицій встановлюються за результатами розробки ТЕО кондицій [2], порядок виконання яких визначено спеціальними методичними рекомендаціями. У основу розробки ТЕО кондицій покладено принцип перебору можливих варіантів [16].

Для вугільних родовищ це перебір варіантів мінімальної потужності вугільного пласта, його максимальної зольності, а відкритих гірничих робіт – ще і розрахунок граничного коефіцієнта розкриття. Наприклад, при встановленні параметрів кондицій вугільного пласта можуть бути потужності 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,0 м і т. д.

Потім для кожного варіанта кондицій на графічних матеріалах відображаються контури просторового поширення балансових запасів, здійснюється їх підрахунок, проектується технологія їх відпрацювання і визначаються техніко-економічні показники освоєння родовища. В якості оптимального приймається варіант кондицій, що найбільш повно враховує інтереси держави та надрокористувача.

Рішення щодо промислового освоєння родовища, запропоновані в ТЕО кондицій, мають базуватися на перевірених і найбільш досконалих технічних засобах та технологічних прийомах видобутку і переробки вугілля, що забезпечують максимально можливу повноту використання надр за дотримання законодавчих положень у галузі охорони навколишнього середовища, правил та норм безпеки ведення гірничих робіт.

Параметри кондицій для підрахунку попозабалансових запасів встановлюються з урахуванням перспектив впровадження більш прогресивної техніки та технології видобутку та переробки вугілля, прогнозів зростання ринкової потреби в вугіллі та можливостей її задоволення за рахунок переведення попозабалансових запасів до балансових.

За *рівнем достовірності* балансові та попозабалансові запаси поділяються на чотири категорії запасів (у порядку зростання достовірності): C_2 , C_1 , B та A [16].

Запаси категорії A виділяються на ділянках деталізації розвідуваних та розроблюваних родовищ 1-ї групи складності геологічної будови, запаси категорії B – на аналогічних ділянках родовищ 1-ї та 2-ї груп складності. Запаси категорії C_1 становлять основну частину запасів всіх груп складності родовищ вугілля, а запаси категорії C_2 розглядаються як попередньо оцінені запаси на стадії пошуково-оцінних робіт, а при розвідці виділяються на особливо складних за будовою ділянках родовищ 3-ї групи складності, а також виділяються при розвідці родовищ усіх груп складності.

Поняття групи геологічної складності введено в класифікацію з метою її обліку при встановленні необхідного та достатнього ступеня розвіданості запасів. Зрозуміло, доведення достовірності запасів до рівня вимог, наприклад, категорії *A* можливо на будь-якому родовищі. Але, чим складніше родовище, тим більше свердловин необхідно пробурити і тим більш високу вартість будуть мати геологорозвідувальні роботи.

Разом з тим, чим вища достовірність запасів, тим менший рівень економічних втрат (збитків) при розробці від впливу особливостей геологічних умов, не виявлених на етапі розвідки (проведення непрямих виробок, неплановий ремонт комплексів через зустріч невідомих неперехідних порушень, зниження навантаження на забій, зростання втрат запасів у надрах і т. д.). Тому, строго кажучи, завдання встановлення необхідного та достатнього ступеня розвіданості є оптимізаційним економічним завданням.

Одним з шляхів вирішення цього завдання є побудова графіків залежності вартості розвідки та розміру збитків від неповноти геологічних знань на стадії експлуатації залежно від щільності розвідувальної мережі. Точка їхнього перетину (точка *S* на рис. 40) відповідає сумарному мінімуму витрат і шкоди та визначає оптимальну мережу розвідувальних свердловин.

Реалізація цього підходу на практиці вкрай непроста через складнощі з побудовою кривої шкоди та її вкрай низьку надійність

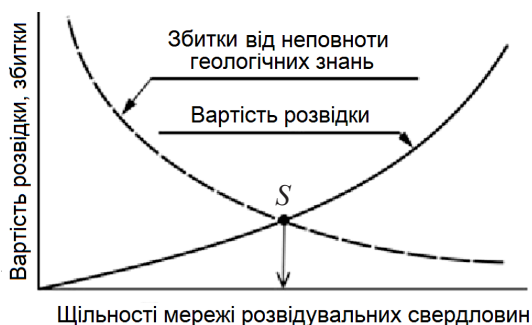


Рис. 40. До визначення оптимальної щільності мережі розвідувальних свердловин

для ще невідпрацьованих родовищ. Тим не менш, практика показує, що чим складніше родовище, тим ближче до осі «Витрати, збитки» зміщується точка S.

Тому в цілях оптимізації витрат на геологорозвідувальні роботи всі родовища твердих корисних копалин розділені на чотири (на вугільних родовищах 4-а група складності не виділяється) групи складності [6, 7].

Для кожною групи вказано достовірність (категорії) запасів, яка має бути досягнута для визнання родовища таким, що є підготовлене для промислового освоєння.

Відповідно до [7] до родовищ вугілля 1-ї групи складності відносяться родовища, приурочені до простих складчастих або великоблокових структур з витриманими елементами залягання продуктивних відкладень і переважанням у їх перерізі витриманих та відносно витриманих пластів із простими гірничо-геологічними умовами розробки.

До 2-ї групи належать родовища з відносно простими гірничо-геологічними умовами розробки: з переважанням у перерізі витриманих робочих пластів, приурочених до простих складчастих чи великоблокових структур; з переважанням потужних та середньої потужності витриманих та відносно витриманих пластів у перерізі продуктивних товщ, що складають складно-складчасті та ускладнені розривними порушеннями структури.

До 3-ї групи належать родовища з переважанням невитриманих пластів, а також з переважанням витриманих і відносно витриманих пластів, але з дуже складними умовами їх залягання внаслідок інтенсивного прояву дрібної складчастості або розривних порушень, що створюють дрібноблокові структури, та за складних гірничо-геологічних умов розробки.

Слід пам'ятати, що у межах одного вугільного підприємства частини гірничого відводу можуть юридично чи фактично кваліфікуватися за різними групами складності. Загалом приналежність родовища до тієї чи іншої групи обґрунтовується виходячи з характеристик пластів, що містять понад 70 % запасів родовища.

Таким чином, завдання підрахунку запасів вугілля складається не просто у визначенні кількості корисних копалин, що перебуває

у надрах, а підрахунок кількості запасів вугілля, залучення якого технологічно можливе й економічно доцільне нині (балансові запаси) або в досяжній перспективі (попозабалансові запаси).

2.6.13. Вихідні матеріали до підрахунку запасів вугілля

У практиці підземної розробки вугільні пласти за кутом падіння і потужністю поділяють на такі групи:

- за кутом падіння – горизонтальні ($0-5^\circ$), пологі (до 18°), похилі ($19-35^\circ$), крутопохилі ($36-55^\circ$) і круті ($56-90^\circ$);
- за потужністю – дуже тонкі (до 0,7 м), тонкі (0,71–1,2 м), середньої потужності (1,25–3,5 м), потужні (понад 3,51 м).

У вітчизняній практиці розвідки і розробки пласти кам'яного вугілля й антрацитів за потужністю поділяють на:

- тонкі (менше 0,7 м);
- середні (0,71–1,2 м);
- потужні – більше 1,2 м.

Для бурого вугілля:

- тонкі – менше 2 м;
- середньої потужності – 2,1–4,0 м;
- потужні – понад 4 м.

Вугільні пласти поділяються на три групи:

– витримані: на площі, що оцінюється, відхилення від середнього значення загальної потужності для тонких пластів, як правило, не перевищують 20 %, для потужних пластів і пластів середньої потужності – 25 %, при цьому для тонких пластів найменше значення потужності має перевищувати встановлену кондиціями мінімальну потужність на величину можливої помилки визначення; ділянки з неробочим значенням потужності відсутні, будова пласта однорідна, показники якості вугілля (сланцю) не мають істотних відхилень від середніх величин;

– відносно витримані: на площі, що оцінюється, відхилення від середнього значення загальної потужності для тонких пластів, як правило, не перевищують 35 %, а потужних пластів і пластів середньої потужності – 50 %; встановлені закономірності просторової зміни морфології пласта та якості вугілля;

– невитримані: коли на площі оцінки внаслідок різкої мінливості потужності або будови пластів та показників якості вугілля, а для тонких пластів також внаслідок близькості їх потужності до встановлених кондиціями меж, пласт на багатьох локальних ділянках є неробочим [7].

Ступінь витриманості пластів зазвичай встановлюється на площі розміром щонайменше 4 км².

Враховуючи особливості геологічної будови розвідуваних ділянок надр, розвідувальні свердловини розміщуються на геологічних профілях (розвідувальних лініях), орієнтованих вхрест простягання вугленосної товщі. Відстані між профілями і розвідувальними свердловинами в них вибираються в залежності від складності геологічної будови конкретної ділянки надр та необхідного рівня достовірності результатів, що одержуються.

Форма та щільність розвідувальної мережі визначаються на стадії проектування геологорозвідувальних робіт. Єдиних строго формалізованих нормативних вимог щодо визначення відстані між розвідувальними виробками не існує. Тому при проектуванні розвідувальної мережі, у більшості випадків, використовуються узагальнені дані про щільність мереж (табл. 2) [6, 7].

Таблиця 2

Орієнтовні відстані між свердловинами в площині пласта в тектонічно однорідних блоках, м

Відстань між	Витриманість морфології пластів		
	витримані	відносно витримані	невитримані
Категорія А			
лініями	600–800	300–400	-
свердловинами	200–400	150–250	-
Категорія В			
лініями	800–1000	400–600	250–300
свердловинами	400–600	200–300	150–250
Категорія С ₁			
лініями	до 2000	до 1000	до 500
свердловинами	до 1000	до 500	до 300

На родовищах 2 групи складності з невитриманою якістю вугілля наведені в табл. 3 відстані між лініями та свердловинами на лініях для категорії *B* приймаються аналогічними зазначеним для категорії *A*. На родовищах 3-ї групи складності з невитриманою якістю вугілля відстані між лініями та свердловинами на лініях для категорії *C*₁ приймаються аналогічними зазначеним для категорії *B*. На оцінених родовищах розвідувальна мережа для категорії *C*₂ у порівнянні з мережею для категорії *C*₁ розріджується в 2–4 рази (залежно від складності геологічної будови родовища) [7].

Наведені в табл. 3 дані не є універсальними. Для конкретного родовища раціональна геометрія і щільність розвідувальної мережі визначаються з урахуванням специфічних особливостей його геологічної будови і характеру вугленосності за даними вивчення ділянок деталізації. Одним з основних способів створення ділянок деталізацією є створення опорних профілів з надмірною щільністю свердловин, що забезпечують отримання однозначно перекритого перерізу вугленосних відкладень. Маючи такий надлишковий за точністю переріз, можна, шляхом розрідження мережі свердловин, встановити необхідну відстань між ними, що дозволяє розкрити геологічні особливості його будови із заданою точністю.

У результаті реалізації проекту розвідки по кожному вугільному пласту створюється мережа розвідувальних свердловин певної щільності.

За кожною свердловиною kern вугільного пласта відбирається в проби для подальших досліджень, під час яких визначаються основні показники якості вугілля. Високу показовість мають проби з виходом керна більше 70%. Проби з виходом керна нижче 30% розглядаються як зовсім не показові.

За потужності пласта 1 м і менше вугілля відбирається в окрему пробу, внутрішньопородні прошарки – окремо. При потужності вугільного пласта понад 1 м вугілля відбирається секціями потужністю до 1,0 м.

По завершенню буріння у свердловинах проводяться геофізичні дослідження (каротаж). Теоретично він дозволяє з точністю до 5 см визначити потужність і глибину залягання вугільного пласта в свердловині і виділити породні прошарки потужністю понад 5 см.

2.6.14. Потужність вугільного пласта і його зольність

Найбільш важливим параметром для підрахунку запасів вугілля є істинна або нормальна потужність вугільного пласта, під якою розуміється мінімальна відстань між подошвою та покрівлею пласта. Будь-яка інша відстань між покрівлею та подошвою пласта є видимою потужністю. Як правило, в керні розвідувальних свердловин встановлюється видима (або осьова, тобто означена вздовж осі стовбура свердловини) потужність пласта. Потужність пластів та внутрішньопородних прошарків заміряється з точністю до 1 см.

Істинна потужність визначається перерахунком видимої потужності пласта (рис. 41) за формулою:

$$m_i = m_v \cos \beta = m_r \sin \beta,$$

де m_i – m_r – видима горизонтальна потужність пласта; β – кут нахилу пласта до горизонту або перпендикуляра до осі свердловини.

Виходячи з геологічної ситуації свердловини задаються вертикальними, похилими, а іноді і горизонтальними (рис. 42). З ряду причин геологічного та технічного характеру свердловина викривляється (відхиляється) від заданого напрямки. У цьому випадку

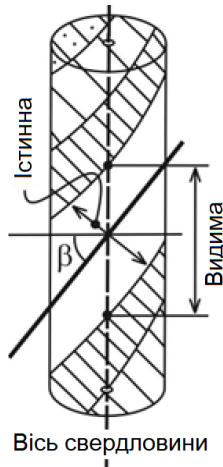


Рис. 41. Співвідношення між істинною та видимою потужностями

щодо нормальної потужності пласта необхідно враховувати зенітні і азимутальні кути осі свердловини при перетині нею пласта [10].

Як видно з рис. 42 кожна свердловина зустрічає вугільний пласт під деяким кутом, що визначається істинним падінням вугільного пласта в місці зустрічі і нахилом осі свердловини щодо вертикалі.

Традиційно для визначення істинної потужності вугільного пласта використовувалися кути напластування порід щодо осі свердловини, заміряні у процесі документації керна.

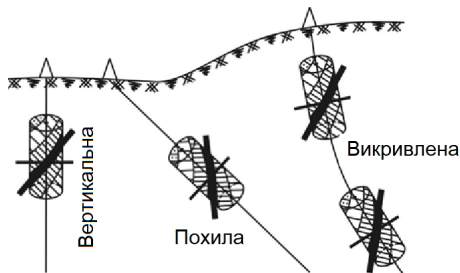


Рис. 42. До врахування положення осі свердловини у просторі надр

Для визначення істинної потужності вугільного пласта в конкретній точці необхідно вирішити нескладне завдання з області просторової геометрії – визначити кут зустрічі свердловиною вугільного пласта. Найпростіше це зробити графічно. Якщо геологічні розрізи відбудовані вхрест простягання вугленосної товщі, кут зустрічі пласта свердловиною β з достатньою точністю можна виміряти на розрізі [10].

Після визначення всіх дійсних потужностей вугільного пласта за перетинами, розташованими в контурі підрахунку в певному порядку (з півночі на південь, заходу на схід, тощо), відбудовуються структурні колонки вугільних пластів (рис. 43).

Вугільний пласт зазвичай має складну будову, що характеризується не тільки внутрішньопородними прошарками, але і наявністю вугленосних прошарків в покрівлі та підшві основного пласта, що визначені умовами його формування.

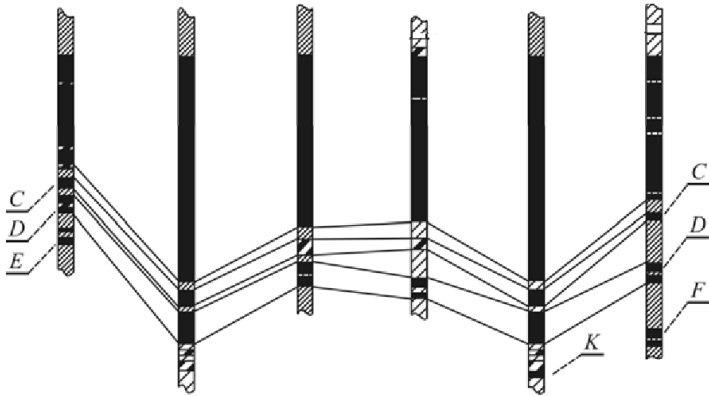


Рис. 43. Приклад будови вугільного пласта та вуглистих порід у покрівлі та підшві

Тому перед підрахунком запасів вугілля слід виділити потужність, що приймається в підрахунок. Параметри кондицій, як правило, визначають основні критерії підрахунку, не враховуючи проблеми визначення істинної потужності вугільного пласта, зумовлені його генетичними властивостями.

У підшві пласта також дуже часто присутні лінзи вугілля та вуглистих порід невитриманої властивості. Тут також необхідно виконати аналіз поширення цих лінз і визначитися з площею, в межах якої частина з них може бути включена до підрахунку запасів.

На прикладі рис. 43 для прийняття рішення щодо пачок “С”, “D” і “E”, слід виконати аналіз їх розвитку за площею та розрахувати варіанти зміни зольності пласта за умови прийняття однієї, двох або трьох пачок у підрахунок. При значній площі розвитку однієї або всіх трьох вугільних пачок у підшві пласта слід оконтурити цю площу лінією розщеплення пласта (вклинювання однієї чи кількох пачок). Вугільний пласт усередині цього контуру характеризуватиметься підвищеними значеннями потужності та зольності. Пачки “K” та “F” немає сенсу включати в підрахунок запасів, враховуючи те, що потужність відокремлюючого породного прошарку перевищує потужність цих пачок.

Після аналізу структурних колонок пласта можна приступати до визначення потужності вугілля і породних прошарків, що включаються до підрахунку, та розрахунку середньої зольності у пластоперетині.

Розрахунок середньопластової зольності вугілля (A^d) з пластоперетину з урахуванням 100 % засмічення внутрішньопластовими прошарками породи здійснюється методом середньозваженого арифметичного з урахуванням ваг окремих значень зольності (A_i^d), потужності (m_i) і щільності (d_{ai}^d), що беруть участь в розрахунку пачок вугілля і порід, за формулою [10]:

$$A_3^d = \frac{A_1^d m_1 d_a^d (1) + A_2^d m_2 d_a^d (2) + \dots}{m_1 d_a^d (1) + m_2 d_a^d (2) + \dots},$$

де A_i^d , m_i , d_{ai}^d – зольність, потужність і щільність вугілля i -ї пачки.

Аналогічним чином для кожного пластоперетину підраховується і середня зольність чистих вугільних пачок (розрахунок ведеться за тією ж формулою без урахування породних прошарків, що входять у пласт).

Після виділення прийнятих до підрахунку запасів пачок та розрахунку зольності формується остаточний вигляд структурних колонок, наведений на рис. 44. Побудова колонки виконується, як правило, в масштабі 1:100, а самі вони розміщуються або на окремих аркушах графічних додатків, або (за можливості) на полях підрахункових планів.

Над колонкою під номером свердловини вказується, за якими даними вона відбудована: «Б» – за даними буріння; «К» – за даними каротажу; «Б+К» – будова пласта за даними буріння, потужність за каротажем.

Праворуч від колонки наводяться нормальні потужності пачок вугілля (0,75 і 1,40 м) і поруч із ними через дефіс – нормальні потужності ядра вугілля (0,52 і 1,05 м на рис. 44). З деяким зміщенням від них вказуються нормальні потужності прошарків (0,24 м на рис. 44) і через дефіс нормальні потужності піднятого ядра (0,21 м).

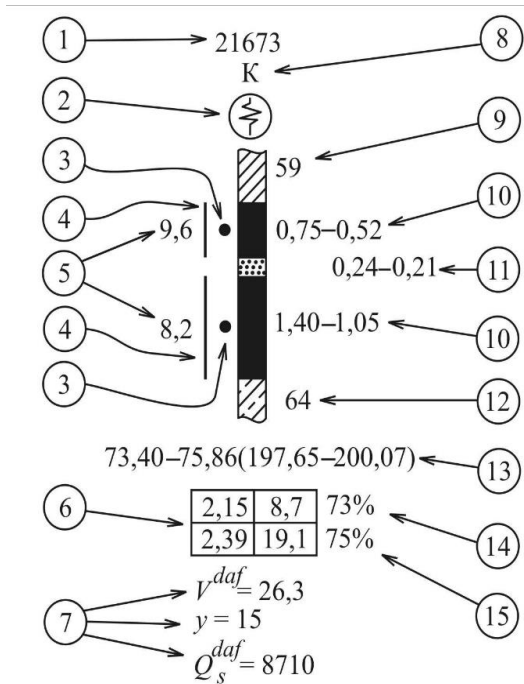


Рис. 44. Структурна колонка пласта:

1 – номер розвідувальної свердловини; 2 – ознака виробництва деталізації під час каротажу; 3 – відмітка про прийняття пачки у підрахунок запасів; 4 – місце відбору проби; 5 – зольність вугілля на пробі; 6 – дані про потужність (ліва колонка) і зольність (права колонка) чистих вугільних пачок (верхній рядок) та пласта (нижній рядок); 7 – основні показники якості вугілля; 8 – дані, за якими побудовано колонку; 9 – вихід керна за породами покрівлі; 10 – нормальна потужність вугільної пачки та через дефіс – потужність вилученого керна; 11 – нормальна потужність породного прошарку та через дефіс – потужність вилученого керна; 12 – вихід керна за породами підосиви; 13 – послідовно: осьові глибини зустрічі покрівлі та підосиви пласта та (у дужках) висотні позначки точок зустрічі в балтійській системі висот; 14 та 15 – вихід керна за чистими вугільними пачками та за пластом у цілому

2.6.15. Вибір способу підрахунку запасів

Вибір способу підрахунку запасів визначають багато чинників. Із них деякі можна відзначити як типові. Це такі [10]:

- форма тіла корисної копалини;
- система розвідки родовища;
- система існуючої або проектної розробки родовища;
- розміри тіла корисної копалини;
- розподіл компонентів у тілі корисної копалини;
- елементи залягання родовища.

Розглянемо значення наведених чинників для різних способів підрахунку.

Форма тіла корисної копалини не має ніякого значення для способів середнього арифметичного, геологічних блоків, розрізів. Ці способи можна застосовувати для підрахунку запасів тіла корисної копалини будь-якої форми. Інші способи більш чутливі до форми тіла корисної копалини. Спосіб експлуатаційних блоків використовують для підрахунку запасів плосковитягнутих тіл жильної чи пластової форми. Способи багатокутників, трикутників не можна застосовувати для підрахунку запасів покладів з крутими і дуже крутими обмежуючими поверхнями. Спосіб ізоліній не можна застосовувати для підрахунку запасів плоских тіл, форму яких неможливо зобразити системою ізоліній. Спосіб ізогіпс застосовують лише для підрахунку запасів пластових родовищ з витриманою потужністю.

Система розвідки. З точки зору вибору способу підрахунку запасів системи розвідки можна поділити на дві групи:

- розвідка гірничими виробками за умови, що тіла неперервно простежуються в одному чи декількох напрямках;
- розвідка шурфами або буровими свердловинами за умови, що тіло корисної копалини досліджується в окремих точках.

При розвідці покладів гірничими виробками, потужність яких менша за ширину вибою, доцільно застосовувати спосіб експлуатаційних блоків, а при розвідці потужних покладів – спосіб розрізів.

При розвідці шурфами чи свердловинами можна застосовувати всі способи, крім способу експлуатаційних блоків.

Дуже чутливий до системи розвідки, особливо до розміщення виробок, спосіб розрізів, який потребує розміщення виробок вздовж прямих ліній і площин. При безсистемному розташуванні виробок спосіб розрізів непридатний.

Система розробки покладу не вирішує питання про спосіб підрахунку запасів, але обов'язково має враховуватися при виборі того чи іншого способу. Бажано вибирати такий спосіб чи комбінацію способів, котрі давали б числові значення запасів у гірничоексплуатаційних одиницях: блоках, поверхах, уступах, крилах тощо. Інакше для потреб планування гірничих робіт потрібний буде перерахунок. Вказану вимогу найкраще задовольняє спосіб *геологічних і особливо експлуатаційних блоків*. Часто вдається виконати цю вимогу, використовуючи *спосіб ізоліній*.

Спосіб горизонтальних паралельних перерізів дає можливість одержати числові значення запасів за окремими поверхами і горизонтами.

Способи багатокутників і трикутників цим потребам відповідають лише в комбінації з іншими способами.

Дані практики свідчать, що для підрахунку запасів рудних родовищ дуже часто застосовують *способи розрізів та експлуатаційних блоків*. Досить часто застосовують також *способи багатокутників і геологічних блоків*. На вугільних родовищах з похилим і крутим падінням пластів і витриманою потужністю часто застосовують *спосіб ізогіпс*.

Розміри тіл корисних копалин під час вибору способу підрахунку запасів відіграють другорядну роль.

Не чутливі до розмірів покладу *способи середнього арифметичного і геологічних блоків*. *Способи багатокутників, трикутників, розрізів, ізоліній, ізогіпс* можуть застосовуватися для підрахунку запасів тіл будь-яких розмірів, крім дуже малих, розвіданих поодинокими виробками.

Розподіл компонентів впливає на вибір способу підрахунку запасів не прямо, а через систему розвідки.

Елементи залягання мають значення лише для способу ізогіпс. Цей спосіб неприйнятний для випадку горизонтального і дуже пологого залягання пластів. При застосуванні інших способів

підрахунку запасів елементи залягання тіл корисних копалин не мають ніякого значення.

Проаналізувавши вплив деяких чинників на вибір раціонального способу підрахунку запасів, можна відзначити, що основними з них є: форма тіла корисної копалини і система розвідки. Решту розглянутих чинників можна віднести до другорядних [10].

Враховуючи вищесказане, всі родовища можна поділити на такі групи, які потребують окремого підходу до вибору раціональних способів підрахунку запасів.

Перша група. Похилі або крутопадаючі тіла з витриманою потужністю, розвідані свердловинами. Типовим представником цієї групи є пласти Донецького басейну. Простягаючись на великі відстані, вони мають зазвичай витриману потужність, розвідані направленими вхрест простягання лініями свердловин. Відстань між лініями 250–300 м. Найраціональнішим способом підрахунку запасів таких родовищ є спосіб ізогіпс В. І. Баумана.

Друга група. Горизонтальні пласти витриманої потужності, а також пластові лінзоподібні тіла мінливої потужності, великі неправильної форми поклади, розвідані за лініями. Найкращим в цьому випадку є спосіб розрізів. Можна також використовувати способи середнього арифметичного і геологічних блоків.

Третя група. Такі ж родовища, що відносяться до другої групи, але розвідані без строгої системи розташування виробок. Внаслідок безсистемного розташування виробок не можна використати спосіб розрізів. Тому в цьому випадку надають перевагу способу геологічних блоків. Можливе використання й інших способів, але при цьому необхідно враховувати їх переваги і недоліки.

Четверта група. Жили і пласти, простежені гірничими виробками. Єдиним раціональним способом підрахунку запасів в цьому випадку є спосіб експлуатаційних блоків.

П'ята група. Жили і пласти, розвідані свердловинами. Можливе застосування всіх способів, крім способу експлуатаційних блоків та ізогіпс.

Шоста група. Трубоподібні тіла, переважно розвідані гірничими виробками. Раціональним способом підрахунку запасів таких тіл є спосіб горизонтальних чи вертикальних розрізів.

Сьома група. Гніздові родовища – мають неправильну, але, в основному близьку до ізометричної форму тіл, незначних розмірів і з безсистемним розподілом їх серед вмщуючих порід. Такими є родовища рідкісних і благородних металів, коштовних каменів, оптичної сировини. В розкритих гніздах запаси найкраще обчислювати способом середнього арифметичного, а в тих гніздах, які планують розкрити – статистичним способом.

При виборі способу підрахунку запасів мінеральної сировини необхідно знати, з якою метою проводиться підрахунок. Виділяють три випадки підрахунку запасів корисної копалини, в кожному з яких мета підрахунку запасів різна: повний підрахунок (перерахунок), оперативний (балансовий) і підрахунок при визначенні втрат і збіднювання [10].

Розглянемо перший з них.

Повний підрахунок (або перерахунок) запасів корисної копалини проводять один раз протягом декількох років в міру накопичення нового матеріалу з вивчення і розвідки родовища.

В цьому випадку, зазвичай, заново виготовляють графіки, плани і розрізи, на яких з вичерпною повнотою зображені: форма покладу (чи покладів); геометрія розміщення запасів у покладі, розташування окремих різновидів (сортів) та компонентів; гірничо-геологічні та гідрогеологічні умови залягання родовища.

На цій підставі проводять повний перерахунок запасів з урахуванням всіх даних про родовище відповідно до вимог і чинної інструкції [7].

2.6.16. Оцінка точності підрахунку запасів

Оцінка точності визначення запасів в надрах є дуже актуальною проблемою. Від кількості запасів залежить обсяг капіталовкладень на будівництво або реконструкцію гірничого підприємства. Похибка визначення запасів впливає на рівень окупності капіталовкладень, точність визначення проектної потужності гірничого підприємства і, як наслідок цього, на швидкість розвитку відповідної галузі гірничодобувної промисловості [10].

Похибка підрахунку складається переважно із похибок технічних, похибок аналогії та оконтурювання.

Технічні похибки зумовлені неточним визначенням в різних точках покладу числових значень показників: потужності, щільності, вмісту компонентів, площі. Їх величини залежать не лише від чисто технічних чинників, пов'язаних з визначенням показників, але й від таких природних умов, як умови залягання, фізико-хімічні властивості корисної копалини тощо.

Технічні похибки можуть бути *випадковими* і *систематичними*.

Грубі похибки (промахи) аналогічно систематичним виявляють контрольними вимірюваннями і виключають введенням поправочних коефіцієнтів або даних контрольних вимірів.

Відомо три групи основних поправочних коефіцієнтів, які використовують у практиці підрахунку запасів. Вони пов'язані з похибками, які завищують або занижують результати підрахунку. Відомі також поправочні коефіцієнти пов'язані з похибками, які можуть як завищувати, так і занижувати результати підрахунку.

Оскільки технічні похибки не пов'язані з мінливістю покладу, то метод оцінки їхнього впливу на кінцевий результат підрахунку залишається одним і тим самим, незалежно від форми розвідувальної мережі і густоти розвідувальних точок.

Розглянемо основні чинники, які зумовлюють появу похибок і вплив точності визначення показників, значення яких безпосередньо приймають участь у процесі підрахунку запасів [10].

Точність вимірювання потужності залежить від виду розвідувальних робіт, характеру контакту покладу з вміщуючими породами, міцності та однорідності корисної копалини, величини потужності покладу.

Точність вимірювання потужності в гірничих виробках вища, ніж у бурових свердловинах. У відслоненнях, доступних для безпосереднього вимірювання потужності, за умови чіткого прямолінійного контакту її можна виміряти з відносною похибкою до 2–3 %, тоді як при бурінні, навіть при хорошому виході керна, похибки вимірювання змінюються в межах 5–10 %, а за несприятливих умов досягають 30 % і більше. При цьому колонкове буріння дає кращі результати, ніж ударне.

За умови нечіткого, прихованого контакту покладу з боковими породами, який встановлюють опробуванням, точність виміру

потужності навіть в гірничих виробках залишається невисокою, залежно від густоти точок опробування і результатів хімічних аналізів.

Відносна похибка потужності пов'язана з величиною самої потужності. Так, наприклад, жили потужністю 0,4 і 1,2 м при точності вимірювання 1 см в першому випадку даватимуть відносну похибку 2,5 %, а в другому – 0,81 %.

Точність визначення щільності корисної копалини залежить від характеру корисної копалини, способу визначення і кількості цих визначень. При визначенні щільності способом пробної вирубки відносна похибка досягає 3–5 %. Окремі визначення щільності способом гідростатичного зважування дають меншу похибку, проте за недостатньою кількістю визначень вони в меншій мірі показані, ніж зважування проб під час пробної вирубки. Основним недоліком при цьому є недопустимо рідке визначення щільності, а часто – прийняття її за аналогією зі схожими родовищами.

З найбільшими похибками визначається вміст компонентів у руді. Вони складаються з похибок опробування, опрацювання проб і хімічного аналізу.

Визначальною частиною є похибка хімічних аналізів. Вона залежно від характеру корисної копалини і величини відсоткового вмісту компонента змінюється в широких межах – від 0,25 % до 10–15 %. Нижня межа характерна для аналізів високопроцентних залізних руд, верхня – для поліметалічних руд і руд рідкісних елементів.

Похибки графічних визначень залежать від точності зйомки, побудови плану і вимірювання на плані потрібних величин. При дотриманні вимог, які пред'являють щодо зйомки, опрацювання, масштабу і вимірювань на плані, похибка графічних побудов порівняно з іншими похибками підрахунку запасів незначна і практично до уваги може не братися.

Підрахунок запасів корисної копалини і компонента, незалежно від застосованого способу, здійснюється, як відомо, за формулами:

$$Q = Sm\gamma,$$
$$P = Q.$$

Загальну похибку підрахунку, що залежить від технічних помилок, обчислюють як похибку добутку і суми за загальноприйнятими формулами:

$$M_Q = \pm \sqrt{\left(\frac{dQ}{dS}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{dQ}{dM}\right)^2 m_M^2 + \left(\frac{dQ}{d\gamma}\right)^2 m_\gamma^2};$$

$$M_P = \pm \sqrt{\left(\frac{dQ}{dS}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{dQ}{dM}\right)^2 m_M^2 + \left(\frac{dQ}{d\gamma}\right)^2 m_\gamma^2 + \left(\frac{dQ}{dc}\right)^2 m_c^2}.$$

Обчисливши частинні похідні і підставивши їх значення в одержані формули, матимемо:

$$M_Q = \pm Q \sqrt{\left(\frac{m_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{m_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{m_\gamma}{\gamma}\right)^2};$$

$$M_P = \pm P \sqrt{\left(\frac{m_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{m_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{m_\gamma}{\gamma}\right)^2 + \left(\frac{m_C}{C}\right)^2},$$

де M_Q , M_P – загальні абсолютні похибки визначення руди і компоненту; m_S , m_M , m_γ , m_c – загальні похибки визначення середнього значення площі, потужності, щільності і вмісту компонента покладу; S – площа в межах контуру підрахунку запасів; M , γ , c – середні значення потужності, щільності і вмісту компонента покладу.

Похибки аналогії (геологічні похибки) зумовлені тією обставиною, що запаси, переважно, обчислюють за обмеженою кількістю даних, тобто вони є наслідком заміни дійсної форми покладу деякою умовною формою.

Якщо технічні похибки порівняно невеликі і можуть бути досить просто встановлені, то оцінка числових значень похибок аналогії є важчою задачею в зв'язку з недостатнім вивченням питання, але ж саме з ним пов'язані максимальні похибки в підрахунку запасів.

Для оцінки похибок аналогії застосовують різні методи (статистичні, аналітичні), але всі вони, маючи свої достоїнства і недоліки, не можуть бути рекомендовані для широкого застосування.

Підсумовуючи інформацію з цього питання, можна відзначити, що геологічна похибка (похибка аналогії) в процесі підрахунку запасів високих категорій *A* і *B* зазвичай становить 10–15%. В окремих випадках, особливо при неправильному розумінні геологічної будови родовища і при великих похибках визначення параметрів для підрахунку запасів, вона може бути і вищою. Але такі випадки не повинні мати місця в практиці геологорозвідувальних робіт [10].

Величина похибок, пов'язаних із застосуванням різних методів підрахунку запасів, не перевищує величини похибки визначення параметрів підрахунку, технічних операцій підрахунку і тим більше похибок аналогії (геологічних похибок). Тому найдоцільнішим слід вважати застосування таких методів, які, насамперед, уможливають враховувати і відображати геологічні особливості будови родовища, його структури, розподілення різних сортів і типів руд на родовищі і одночасно дозволяє скоротити витрати часу і коштів, пов'язаних з підрахунком запасів.

Якість підрахунку визначається детальністю розвідки і якістю виконаних робіт. Оцінити підрахунок запасів величиною похибки можна лише при підрахунку запасів вищих категорій. Точність вихідних даних, які використовують під час підрахунку, а, отже, і точність підрахунку запасів така, що дозволяє проводити обчислення з чотирма значущими цифрами, округлюючи четвертий знак до цілих [10].

2.7. Облік стану і руху запасів, втрат і збіднювання корисних копалин

2.7.1. Загальні положення

Гірничодобувні підприємства згідно з правилами охорони надр при розробці родовищ зобов'язані [10]:

– забезпечити передбачене проектом комплексне добування запасів з надр;

- регулювати відпрацювання різних за якістю запасів корисних копалин, установлених планом розвитку гірничих робіт;
- контролювати повноту виймання корисних копалин, не допускати консервації запасів і їх втрат, особливо в контактних зонах;
- не допускати збільшення об'єму тимчасово неактивних запасів;
- вести систематичні маркшейдерсько-геологічні спостереження в гірничих виробках, своєчасно поповнювати гірничу графічну документацію з метою використання її для оперативного керівництва;
- вести маркшейдерсько-геологічний облік стану і руху запасів, облік видобутку, показників видобування з надр відповідно до галузевих інструкцій.

Основними завданнями обліку стану і руху запасів у надрах є:

- контроль забезпеченості гірничого підприємства балансовими і промисловими запасами та готовності їх до виймання;
- контроль повноти добування запасів з надр;
- встановлення змін запасів у процесі експлуатації родовищ;
- контроль повноти видобування запасів з надр;
- систематизація матеріалів щодо запасів для планування розвідувальних і гірничих робіт [11, 12].

2.7.2. Облік руху запасів

Облік руху запасів корисної копалини проводить геолого-маркшейдерська служба з метою контролю за правильним і повнішим використанням багатств надр і систематичного спостереження за своєчасним забезпеченням гірничого підприємства розкритими і підготовленими запасами, щоб уникнути перебоїв у роботі.

У процесі обліку відображають не лише стан запасів на той чи інший період часу, але й всі зміни, в запасах, які відбулися за звітний період [10].

У процесі обліку руху запасів фіксують:

- вихідні балансові запаси гірничого підприємства, їх рух(зміни) за звітний період і залишки на кінець звітного періоду;
- промислові запаси в цілому і за рівнем їх готовності до виймання (розкриті, підготовлені тощо);

- видобуток за звітний період;
- втрати повноцінних запасів в процесі розробки;
- ті із балансових запасів, які при розробці родовища виявилися непридатними до розробки за кондицією (неробоча потужність, некондиційний вміст корисних або шкідливих компонентів);

- попозабалансові запаси та їх зміни.

Облік руху запасів виконують на підставі геолого-маркшейдерської документації періодично в строки, встановлені вищими організаціями, за підрахунковими одиницями (блоками чи фігурами), прийнятими під час затвердження запасів ДКЗ.

Контроль правильності обліку руху запасів і відображення їх зміни за час існування гірничого підприємства здійснює маркшейдерсько-геологічна служба вищої організації.

Облік руху запасів в надрах проводять за спеціальними формами, зразки яких наведені в спеціальних інструкціях стосовно обліку запасів.

Запаси, затверджені ДКЗ і прийняті за проектом гірничого підприємства в межах технічних границь чи гірничого відводу, відданого підприємству, є вихідними балансовими запасами.

Зміни вихідних балансових запасів можуть бути зумовлені наступними чинниками:

- видобуванням корисної копалини, втратами при видобуванні;
- проведенням геологічними організаціями дорозвідки;
- зменшенням площі шахтного чи рудного поля внаслідок зміни їх технічних меж;

- виключенням деяких тіл корисної копалини або їх частин, недоцільних до відпрацювання через техніко-економічні причини, через некондиційність за потужністю, вмістом корисних і шкідливих компонентів або за гірничо-експлуатаційними умовами залягання (наприклад, ділянки з інтенсивною технічною порушеністю, дуже обводнені тощо);

- зменшенням середніх значень показників: потужності, щільності корисної копалини, вмісту корисних компонентів, повноти виймання корисної копалини.

Розглянемо детальніше кожен з наведених вище чинників, які зумовлюють зміни вихідних балансових запасів відповідно до

нормативних документів. Це уможливить довести ці зміни до конкретного числового значення.

Кількість видобутої корисної копалини встановлюють за даними статистичного обліку і маркшейдерськими вимірами. В загальному випадку *видобутою* вважається корисна копалина, відокремлена від масиву, видана на поверхню (на розрізах – завантажена також у вагони, які тут знаходяться) і яка за якістю задовольняє встановлені норми [10].

Втрати корисної копалини в процесі видобування – це частина балансових запасів, безповоротно залишених в надрах при розробці родовища. До них відносять також корисні копалини, які попали у відвали порід разом з вміщуючими породами.

Втрати при збагаченні і переробці корисної копалини до втрат при видобуванні не відносяться і враховуються окремо.

Зміна категорії розвіданості і вивченості балансових запасів внаслідок дорозвідки проводиться геологічними організаціями і підлягає презатвердженню ДКЗ.

Переведення запасів із нижчих категорій у вищі здійснюється за результатами експлуатаційної розвідки і гірничо-експлуатаційних робіт і здійснюється відповідно до чинної інструкції стосовно застосування класифікації запасів родовищ корисних копалин.

Зміна технічних меж. Зміни запасів, зумовлені передачею частини запасів з балансу одного гірничого підприємства на баланс іншого підприємства, обґрунтовують й оформляють у встановленому порядку, фіксуючи ці зміни на маркшейдерських планах.

На обліку гірничого підприємства серед запасів, затверджених ДКЗ і розміщених в межах технічних меж поля або гірничого відводу, знаходяться також і позабалансові запаси.

До запасів, недоцільних для відпрацювання з техніко-економічних причин, які були виявлені проведенням гірничо-експлуатаційних і додаткових геологорозвідувальних робіт, відносять [10]:

– дрібні ізольовані ділянки і невеликі ділянки, розташовані між тектонічними порушеннями, перехід через які пов'язаний з проведенням розкривних, а підготовка запасів до виймання – і підготовчих гірничих виробок значної протяжності, внаслідок чого розробка ділянки стає нерентабельною;

– ділянки, уражені інтенсивною плікативною і диз'юнктивною порушеністю, яка ускладнює умови розробки (погіршення стійкості виробок, яке знижує якість корисної копалини, утруднює використання засобів механізації очисних робіт) і яка зумовлює її нерентабельність;

– дуже обводнені ділянки, коли осушення стає трудним і економічно не вигідним.

Запаси ділянок за наведених умов списують з балансу підприємства, не відносячи їх до втрат. Це списання обґрунтовують відповідними геолого-маркшейдерськими матеріалами і техніко-економічними розрахунками.

Зміна запасів завдяки уточненню параметрів підрахунку і якісних показників обґрунтовуються документами, складеними за результатами гірничих робіт. Вони враховуються включенням одержаної різниці між затвердженими і фактичними запасами або шляхом списання з балансу шахти не підтверджених в процесі експлуатації запасів. При цьому списання оформляють відповідно до встановлених порядків.

На обліку гірничого підприємства знаходяться також попозабалансові запаси, які знаходяться в технічних межах шахтного поля. Попозабалансові запаси знімають з обліку у зв'язку з їх видобуванням, передачею іншому підприємству, у випадку неможливості їх добування, а також через зміни кондицій на попозабалансові запаси [10].

Зняття з обліку балансових і попозабалансових запасів фіксується на підприємстві відповідним актом, підписаним головним інженером, головним геологом і головним маркшейдером.

Поряд зі зменшенням можливе і збільшення запасів внаслідок:

– введення в експлуатацію покладів корисної копалини або їх частин, виявлених в процесі експлуатаційної розвідки;

– зміни меж шахтного поля, які збільшують його площу;

– збільшення середніх значень показників родовища: потужності, щільності, вмісту корисних компонентів.

Зменшення запасів корисної копалини за звітний період в загальному випадку це – сумарні об'єми видобутку, втрат через недостатню повноту видобування і доставку корисної копалини, залишення в надрах некондиційних запасів, втрат на власні потреби [11, 12].

2.7.3. Визначення розмірів і облік втрат при видобутку. Нормування та планування втрат

Ефективність роботи гірничих підприємств оцінюється насамперед тим, наскільки повно та якісно добувались запаси корисної копалини з надр і дотримувався оптимальний рівень втрат і збіднювання [10].

Визначення величини втрат і збіднювання залежить від вихідних даних:

- кількості погашених балансових запасів корисних копалин і середнього вмісту корисного компонента чи компонентів в них;
- кількості втрачених балансових запасів корисної копалини та середнього вмісту корисного компонента чи компонентів;
- кількість домішок до видобутих з надр балансових копалин і середнього вмісту корисного компонента чи компонентів в цих збіднюючих масах.

Втрати і збіднювання, які технічно і економічно оправдані для сучасного рівня техніки і технології та установлені для конкретних гірничо-геологічних умов розробки ділянок родовищ, називають *нормативними*. Нормування втрат і збіднювання корисних копалин при добуванні проводять з метою встановлення таких значень їх величин, які для даних гірничо-геологічних умов забезпечували б раціональний рівень добування балансових запасів з надр і сприяли б найефективнішому, з технічної та економічної позицій, варіанту розробки.

Визначення і облік втрат ведуть стосовно корисної копалини і корисного компоненту, який міститься в ній. Втрати супутніх компонентів за необхідністю визначають через кількість втраченої руди і середнього вмісту їх в погашених балансових запасах.

Облік втрат і збіднювання ведуть окремо за експлуатаційними блоками, виїмковими ділянками, полігонами після завершення в них очисних робіт.

У комплекс робіт з визначення величин втрат і збіднювання входять маркшейдерська зйомка і геологічна документація контурів покладу руди та умов залягання, опробування корисної копалини і вміщуючих гірських порід в масиві і у відбитому стані,

періодичне визначення середньої щільності і вологості руди, підрахунок об'ємів розкритої та добутої корисної копалини, в тому числі виданої і заскладованої у відвали, тощо.

На підставі практичних даних і результатів досліджень було встановлено, що за умови однієї й тієї ж системи чи технології розробки, яка застосовується в аналогічних умовах, але при різній цінності руди, раціональний рівень її добування із надр неоднаковий.

Повноту і якість відробки запасів родовищ виражають *коефіцієнтом добування корисної копалини з надр*, *коефіцієнтом зміни якості*, а також основними звітними і обліковими показниками на підприємствах – втратами, збіднюванням і засміченням [10].

Втрати корисної копалини – це частина балансових запасів корисних копалин, невидобута з надр в процесі розробки родовища, а також яка попала у відвали порід і залишена в місцях складування, навантаження і на транспортних шляхах гірничого підприємства. Втрати корисної копалини зменшують підготовлені до видобування запаси.

Втрати корисної копалини обчислюють в частках одиниці, або у відсотках і виражають відношенням кількості втрачених запасів до кількості погашених балансових запасів:

$$B^* = \frac{B}{B} 100,$$

де B – кількість втрачених запасів; B – кількість погашених балансових запасів.

Втрати корисного компонента – це кількість корисного компонента, який міститься у втраченій корисній копалині. Так само, як і втрати корисної копалини, вони обчислюються в частках одиниці чи у відсотках і виражаються відношенням кількості втраченого корисного компонента до кількості цього компонента в погашених балансових запасах:

$$B^* = \frac{B \cdot C_B}{B \cdot C} \cdot 100,$$

де c_B – вміст корисного компонента у втраченій корисній копалині;
 c – вміст корисного компонента в погашених балансових запасах.

Збіднювання – зміна, переважно зниження, вмісту корисних компонентів у видобутій корисній копалині порівняно із вмістом їх в балансових запасах внаслідок домішування до них порід, втрат збагаченого дрібняку, вилуговування корисних компонентів:

$$З = \frac{C - a}{C} \cdot 100,$$

де $З$ – збіднювання корисної копалини, %; a – вміст корисних компонентів у видобутій корисній копалині.

Збіднювання, зумовлене лише домішуванням в руду вміщуючих порід (її засмічуванням), виражається відношенням кількості цих порід B_m до видобутої маси руди D (%):

$$З = \frac{B_m}{D} \cdot 100.$$

За умови відсутності металу у вміщуючих породах і втрат збагаченого рудного дрібняку величини збіднювання будуть чисельно рівними.

Засмічування – кількість пустих порід, домішаних до видобутої рудної маси в процесі розробки (в тис. т).

Величину засмічування необхідно знати для розрахунку економічно доцільного рівня збіднювання або добування балансових запасів.

Коефіцієнт добування корисної копалини з надр κ_d виражається відношенням кількості видобутої корисної копалини D до кількості погашених балансових запасів B , тобто:

$$\kappa_d = \frac{D}{B} \cdot 100.$$

Коефіцієнт κ_d характеризує повноту видобування корисної копалини з надр під час видобування і враховує фактичні втрати корисної копалини в надрах з балансових запасів.

Зміна якості корисної копалини під час видобування виражається *коефіцієнтом зміни якості при видобуванні* – відношенням показників якісної характеристики видобутої корисної копалини і погашених балансових запасів:

$$K_{я} = \frac{a}{c},$$

де a – вміст корисного компоненту у видобутій корисній копалині;
 c – вміст корисного компонента в погашених балансових запасах [10, 12].

2.7.4. Втрати та збіднювання корисних копалин в процесі видобування

Незважаючи на високу забезпеченість нашої держави мінеральною сировиною, слід завжди мати на увазі, що вона невідтворна, а тому раціональне її використання без допущення невиправдано високих втрат набуває великої актуальності [10].

Перед тим, як розглянути визначення, облік втрат і збіднювання корисної копалини в процесі її видобування, попередньо необхідно мати уявлення про класифікацію втрат. Класифікація втрат твердих корисних копалин при розробці родовищ, особливості і деталі її подаються в галузевих інструкціях.

Класифікацію втрат твердих корисних копалин проводять з метою:

- однакового обліку втрат корисних копалин за класами, групами і видами в процесі розробки родовищ;
- контролю за повнотою і якістю видобування корисної копалини з надр на різних стадіях технологічного процесу видобування;
- розв'язування практичних задач з раціонального і економного використання надр: порівняння рівня і аналізу видів втрат на різних підприємствах і за різних гірничо-геологічних умов розробки, виявлення економічних наслідків, зумовлених втратами, встановлення нормативів втрат тощо.

Втрати корисних копалин – це частина балансових запасів корисних копалин невидобута з надр при розробці родовища, видобута і відправлена в породні відвали, залишена в місцях навантаження, складування і транспортування [10, 12].

2.7.5. Класифікація втрат

У процесі видобування і переробки корисних копалин мають місце такі втрати:

- втрати і збіднювання під час видобування;
- втрати корисної копалини під час її збагачення;
- втрати під час металургійної переробки.

Розглянемо детальніше перший вид втрат. Класифікація втрат наведена на схемі (рис. 45).

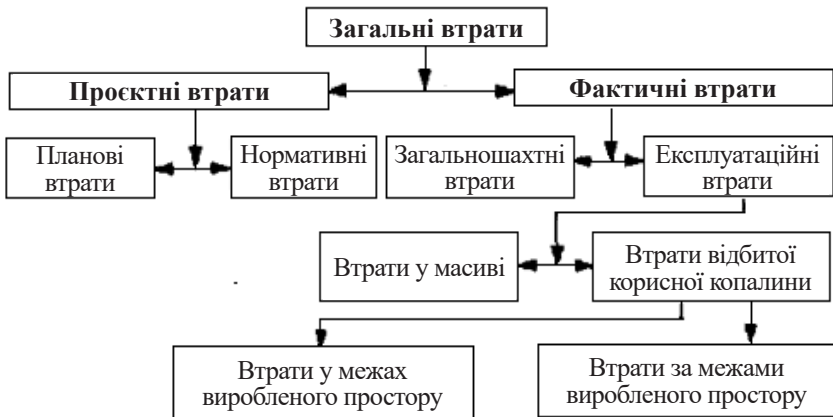


Рис. 45. Класифікація втрат корисної копалини

Загальні втрати – сума втрат, зумовлених всіма причинами.

Проектні втрати – втрати, передбачені проектом розробки родовища або його частини. Ці втрати поділяють на *нормативні* – норми втрат, розраховані і затверджені в установленому порядку по басейнах, районах, родовищах тощо для застосовуваних систем розробки і їх різновидів, і на *планові* – передбачені календарним (річним чи кварталним) планом розвитку гірничих робіт відповідно до уточнених геологічних і гірничотехнічних умов експлуатації родовища згідно з нормативами втрат.

Фактичні – втрати, зумовлені процесом розробки родовища.

Втрати і збіднювання корисних копалин при видобуванні поділяють на два класи:

– *загальнорудні (загальношахтні)* – втрати в запобіжних ціликах, які залишають біля капітальних гірничих виробок різного призначення, під наземними і підземними будинками і спорудами, водоймами, в ціликах біля бурових свердловин і великих тектонічних порушень, в бар’єрних ціликах між шахтними полями, біля меж безпечного проведення гірничих робіт;

– *експлуатаційні втрати і збіднювання*. За фізичним станом їх поділяють на дві групи: *втрати корисної копалини у масиві і втрати відбитої корисної копалини*. Збіднювання поділяють теж на дві групи – *первинне*, яке відбувається в процесі відокремлення корисної копалини від масиву, і *вторинне*, утворюване під час випуску і транспортування корисної копалини з блоку, в процесі екскавації, навантажування і складування.

За джерелами виникнення розрізняють наступні види експлуатаційних втрат і збіднювання [10]:

– *при підземній розробці* – *втрати за площею* в ціликах біля підготовчих виробок (міжблокових, надштрекових, підштрекових) і в опорних ціликах всередині виїмкових ділянок; у виклинених частинах або апофізах рудних тіл; *за потужністю* – в пачках корисної копалини, залишених в підшві чи покрівлі, між шарами при шаровій або селективній розробці; відбитої корисної копалини у виробленому просторі і в закладці, а також вивезеної разом з породою у відвали; *збіднювання* внаслідок прирізки бокових порід для створення необхідної ширини очисного простору; через включення в контур відпрацьовуваного блока прошарків порід, не віднесених до запасів блока; при випуску руди на контакті її з обваленими породами відпрацьованих блоків (секцій); *спільна поява* втрат і збіднювання при розробці тектонічно порушених ділянок покладів (пластів) і рудних тіл (вугільних пластів) складної конфігурації; через складність контакту корисної копалини під обваленими і налягаючими породами;

– *при відкритій розробці* – *втрати під час екскавації, навантаженні і транспортуванні*; *спільна поява* втрат і збіднювання при видобуванні в приконтурних зонах; на контактах корисної

копалини з породними прошарками, які не включені у підраховані запаси; при підричних роботах.

Всі перераховані вище види втрат і збіднювання підлягають визначенню, нормуванню, плануванню та обліку.

Втрати і збіднювання визначають за допомогою графоаналітичного аналізу розміщення корисних копалин в надрах за даними експлуатаційної розвідки чи даними опробування буропідричних свердловин, виходячи з параметрів технічно можливих варіантів відпрацювання запасів блока (ділянки). Підрахунки втрат і збіднювання виконують в блокових картах чи в книгах оперативного обліку, за якими двічі на рік складають звіти [10, 12].

2.7.6. Визначення розмірів втрат і збіднювання корисних копалин

Облік втрат і збіднювання виконують щомісячно стосовно кожної облікової одиниці.

Найпоширенішими методами визначення втрат і збіднювання є *прямий, непрямий і комбінований*.

Суть *прямого (основного)* методу обліку полягає у визначенні втрат і збіднювання на підставі зйомок і вимірів, об'ємів втрат корисної копалини і домішуваних порід; порівняння контурів рудних тіл чи вугільних пластів, зображених на геолого-маркшейдерських планах і розрізах, з контурами фактичного відпрацювання. Якість втрачених запасів визначають безпосереднім опробуванням.

Втрати і збіднювання по контуру рудного тіла чи пласта визначають вимірюванням площ відслонення корисної копалини і площ відбитих та відшарованих порід. Потужність втраченої частини рудного тіла установлюють вимірюванням і опробуванням пройдених на контакті гірничих виробок, шпурів і свердловин.

Втрати B і збіднювання Z у відсотках від кількості погашених балансових запасів B і видобутої рудної маси D при прямому методі визначають за формулами:

– втрати руди:

$$B_p = \frac{\sum B_i}{B} \cdot 100;$$

– втрати металу:

$$B_M = \frac{\sum B_i \cdot C_{\kappa_i}}{B \cdot C} \cdot 100;$$

– збіднювання:

$$З = \frac{\sum D_{mi}}{D} \cdot 100,$$

де $\sum B_i$ – сума окремих видів втрат; c – вміст корисного компонента в погашених запасах; C_{κ_i} – вміст корисного компонента в кожному виді втрат руди; $\sum D_{mi}$ – сума мас домішуваних порід.

У випадку складної форми рудного покладу величину збіднювання визначають діленням маси відбитої та видобутої частин балансових запасів B_o , знайдених вимірюванням, до загальної кількості видобутої з блока рудної маси D :

$$З = \left(1 - \frac{B_o}{D}\right) \cdot 100.$$

Непрямі методи визначення втрат застосовують лише тоді, коли визначити втрати і збіднювання руди безпосереднім прямим вимірюванням неможливо. До непрямих відносять методи визначення втрат і збіднювання руди за різницею між кількістю погашених балансових запасів та видобутої руди і вмістом в них корисних компонентів, а також петрографічний, ваговий, графоаналітичний методи тощо.

Втрати руди і металу B (%) непрямим методом визначають за різницею між кількостями погашених балансових запасів B і видобутої руди D з врахуванням вмісту корисних компонентів в погашених запасах c , добутій корисній копалині a і домішуваних породах b :

$$B = \left(1 - \frac{D}{B} \cdot \frac{a - b}{c - b}\right) \cdot 100.$$

Збіднювання руди $З$ (%) встановлюють за зниженням вмісту корисних компонентів у видобутій руді a порівняно з вмістом у погашених балансових запасах c :

$$З = \frac{c - a}{c - b} \cdot 100.$$

При відсутності у вміщуючих породах корисного компоненту, стосовно якого виконують розрахунки, або при малому його вмісті порівняно з бракувальним вмістом a_0 (при $b \leq 0,2a_0$) втрати B (%) і збіднювання Z (%) допускається визначати за формулою:

$$B = \left(1 - \frac{D \cdot a}{B \cdot c}\right) \cdot 100;$$

$$Z = \frac{c - a}{c} \cdot 100.$$

Якщо вміст у втраченій руді c_v відрізняється від вмісту в погашених запасах c більше ніж на 10 %, то втрати B (%) і збіднювання руди Z (%) рекомендується визначати за формулами:

$$B = \frac{\left[c - \bar{b} - \frac{D}{B} \cdot (a - \bar{b}) \right]}{c_v - \bar{b}} \cdot 100;$$

$$Z = \frac{\frac{B}{D} \cdot (c - c_v) + (c_v + a)}{c_v - \bar{b}} \cdot 100.$$

Петрографічний метод визначення збіднювання руди застосовують за умови візуальної відмінності між рудою і породою, які містяться в досліджуваній рудній масі. З видобутої маси відбирають пробу і виділяють крупну фракцію (більше 5–7 мм), яку сортують на руду і збіднювальні породи. Збіднювання Z' руди в окремій пробі визначають за формулою:

$$Z' = \frac{M_{z.n.}}{Q} \cdot 100,$$

де M_{zn} – маса збіднених порід, виділених з крупних фракцій проби; Q – загальна маса крупної фракції проби з рудною масою D .

Ваговий метод визначення збіднювання руди застосовують переважно для оперативного контролю. Ґрунтується на різниці мас вагонеток з чистою і збідненою рудою:

$$p = \frac{\frac{Vk_3}{1} - \frac{1}{\gamma_1}}{\frac{1}{\gamma_2} - \frac{1}{\gamma_1}} \cdot 100,$$

де V – об'єм вагонетки, м^3 ; Q – середня маса руди, що знаходиться у вагонетці, т ; γ_1, γ_2 – середня щільність руди і породи, $\text{т}/\text{м}^3$; k_p – середній коефіцієнт розпушення руди у вагонетці; k_3 – коефіцієнт заповнення вагонетки. Величини Q і k_3 визначають для кожного потягу з рудою.

У разі потреби для обліку втрат і збіднювання застосовують *комбінований метод*: якщо кількість збіднювальних порід M_{zn} визначена безпосередньо, втрати корисної копалини визначені прямим методом, то:

$$B = \frac{B - D + M_{zn} \cdot \frac{c_e}{c}}{B} \cdot 100;$$

$$3 = 1 - \frac{B - B}{D} \cdot 100.$$

Похибки визначення втрат і збіднювання змінюються в межах:
 $2,2 \leq m_e \leq 12,2$ $1,6 \leq m_3 \leq 8,6$ – при прямому методі обліку;
 $4,6 \leq m_e \leq 34,7$ $3,1 \leq m_3 \leq 23,1$ – при непрямому методі обліку.

Отже, прямий метод обліку точніший непрямого стосовно втрат в 2–4 рази, а стосовно збіднювання в 2–3 рази. Таким чином, прямий метод обліку втрат і збіднювання оптимальніший за непрямий [10, 12].

Питання для самоперевірки

1. Які параметри підрахунку запасів та способи їх визначення?
2. Яка класифікація розвіданих запасів корисних копалин?
3. Як визначити площу підрахунку запасів?
4. Як визначити середню потужність покладу?
5. Як визначають об'ємну масу корисної копалини?
6. Як визначають середній вміст корисного компоненту?
7. Назвіть способи підрахунку запасів?
8. У чому сутність способу середнього арифметичного?

9. У чому сутність способу геологічних блоків?
10. У чому сутність способу ізоліній професора П. К. Соболевського?
11. Що називають втратами корисної копалини?

У разі опанування матеріалу, що викладений у розділі, студент посилить вміння відбудовувати гірничо-геометричні графіки і отримає навички визначати площі, об'єми і запаси корисних копалин різними способами, залежно від умов залягання покладу і якісного складу копалини.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ __

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 червня 1998 р. за № 393/2833 (Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 27 липня 1999 року № 90).

2. НПАОН 74.2-1.07-21 Правила виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. 2021. 260 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0884-21#Text>.

3. Положення про Державну комісію України по запасах корисних копалин : постанова Кабінету Міністрів України від 10 листопада 2000 р. № 1689. Дата оновлення: 17.09.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1689-2000-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.02.2025).

4. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах : наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 07.12.2005 р. № 300. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0065-06#Text> (дата звернення: 24.02.2025).

5. Кодекс України про надра від 27 липня 1995 р. № 132/94-ВР. Дата оновлення: 17.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#top> (дата звернення: 24.02.2025).

6. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр : постанова Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 432. Дата оновлення: 02.10.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.02.2025).

7. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля :

наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 25 жовтня 2004 р. № 225. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0981-09#top> (дата звернення: 24.02.2025).

8. Порядок державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин : постанова Кабінету Міністрів України від 31 січня 1995 р. № 75. Дата оновлення: 26.07.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75-95-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.02.2025).

9. Переліки корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення : постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 1994 р. № 827. Дата оновлення: 17.09.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-94-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.02.2025).

10. Антипенко Г. О. Гірнича геометрія : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Г. О. Антипенко. Донецьк : НГУ, 2003. 266 с.

11. Халимендик Ю. М., Редчиць В. С. Основи геометрії надр. Житомир : ЖДТУ, 2006. 303 с.

12. Левицький В. Г., Криворучко А. О. Геометрія надр : навчальний посібник. Житомир : ДУ «Житомирська політехніка», 2022. 227 с.

13. Spearing A. J. S. (Sam), Ma Liqiang, Ma Cong-An. Mine Design, Planning and Sustainable Exploitation in the Digital Age, 2022. 447 p.

14. Roonwal G. S Mineral Exploration: Practical Application. 1st ed. Springer, 2018. 301 p. URL: http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/77097/1/2018_Book_MineralExplorationPracticalApp.pdf.

15. Антипенко Г. О., Гаврюк Г. Ф., Котенко В. В., Назаренко В. О. Маркшейдерська справа : підручник / за ред. Г. О. Антипенка. Дніпропетровськ : РВК ДВНЗ «НГУ», 2009. 154 с.

16. Наказ ДКЗ від 25 жовтня 2004 року № 225 «Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 8 листопада 2004 року за № 1419/10018.

Навчальне видання

БРУЙ Ганна Валеріївна
НАЗАРЕНКО Валентин Олексійович

ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ ТА ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальний посібник

Друкується за авторською редакцією

Дизайн обкладинки В. Савельєва
Технічний редактор О. Гринюк
Верстка Ю. Семенченко



Підписано до друку 05.05.2025 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 7,91. Наклад 300.
Замовлення № 0425-024.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.

Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

