

РОЗДІЛ 3. ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальна мета розділу – опанувати знаннями про сутність, призначення і методи геометризації родовищ корисних копалин. Розглядаються найбільш поширені методи вивчення геометричної будови покладів корисної копалини і їх властивостей. Наведені основні відомості про способи і методика побудови гірничо-геометричних графіків, що відображають геометрію покладу.

§7. Суть, задачі і методи геометризації

В 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.

Що ж таке показник?

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, шкаруватість, тріщинуватість тощо. Всі показники умовно розподіляють на *структурні* та *якісні*. Перші характеризують умови залягання і форму родовищ, інші – якість мінеральної сировини, умови її пореробки.

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 широкое 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.

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. 14).

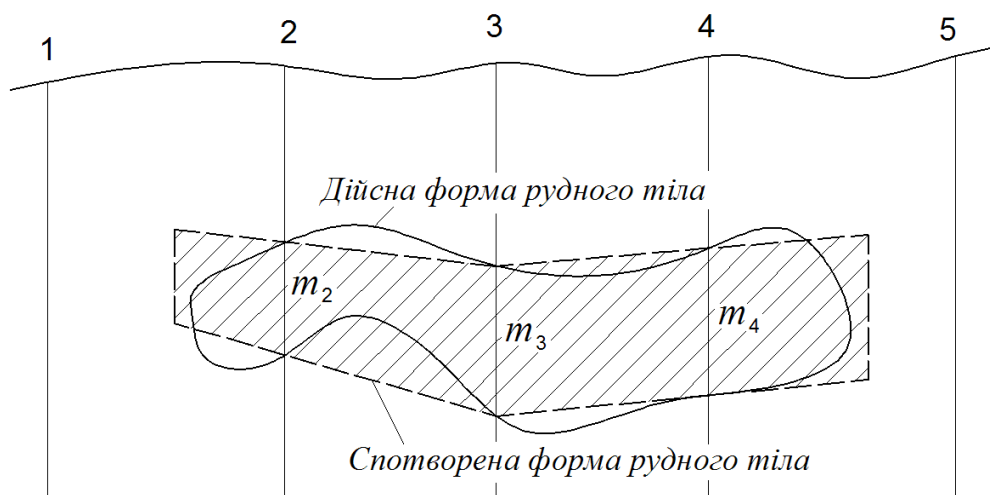


Рис. 14. Спотворення дійсної форми рудного тіла внаслідок лінійного розповсюдження показника

При таких припущеннях, окрім технічних похибок визначення показників, ми припускаємо також похибки *аналогії*, яка є наслідком розповсюдження вимірних величин показників на неосвітлену розвідкою частину покладу, що знаходиться між точками виміру.

§8. Метод геологічних розрізів

Структура будь-якої складності у першу чергу представляється системою вертикальних і горизонтальних геологічних січень (розрізів) по характерних напрямках.

В залежності від форми рудного тіла, його розмірів і методів розвідки, вибираються напрямки, за якими необхідно побудувати геологічні розрізи. Останні можуть бути вертикальними, горизонтальними і у довільному напрямку.

Частіше всього розрізи складають по тих лініях, по яких виконувалась розвідка.

Масштаби розрізів (вертикальний і горизонтальний) приймають, як правило, однаковими.

8.1. 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) перебудрені 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. 15,*a*).

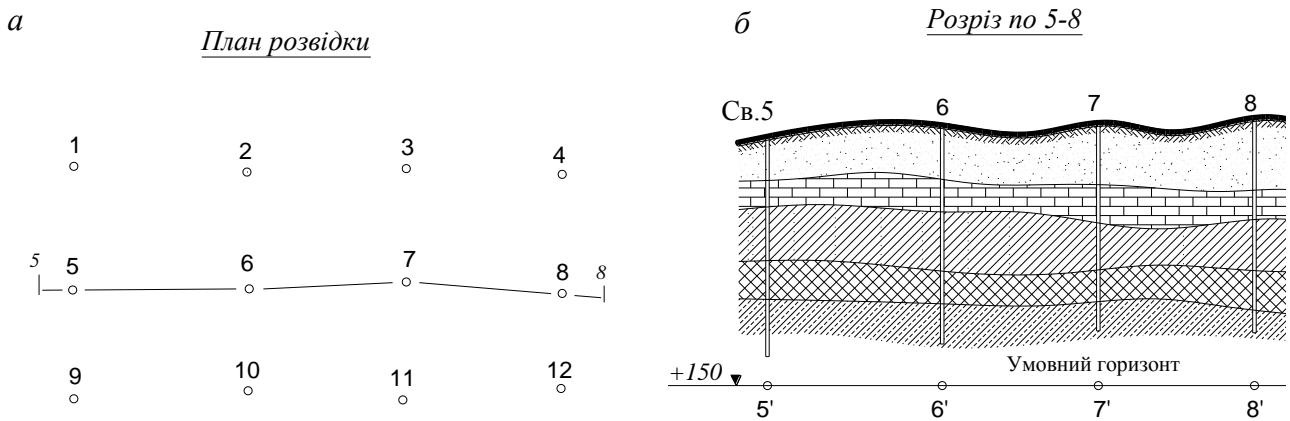


Рис. 15. До побудови вертикального геологічного розрізу

Необхідно побудувати геологічний розріз, наприклад за лінією свердловин 5–8 (рис. 15,*a*). Побудову вертикального геологічного розрізу звичайно починають з побудови профілю місцевості.

Для цього на аркуші паперу спочатку викреслюють лінію умовного горизонту (рис. 15,*б*), уздовж якої у вибраному горизонтальному масштабі помічають точки 5', 6', 7', 8', відстань між якими визначають за планом (рис. 15,*a*). 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, отримаємо профіль місцевості за лінією розрізу.

Потім від устя кожної свердловини, вниз послідовно відкладають вертикальні потужності m , зустрінутих даною свердловиною порід і корисних копалин, після чого точки, які відповідають одноіменним контактам в суміжних свердловинах, з'єднують прямими або плавними кривими лініями і умовними знаками зображують гірські породи і корисні копалини.

8.2. 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 (квершлаг, штреки, орти, бурові свердловини).

Побудову такого розрізу починають з нанесення на план гірничих виробок (рис. 16). У даному прикладі штрек пройдений по пласту k_1 , а квершлагами виявлене згідне залягання порід. Тому для побудови геологічного розрізу, у даному випадку, достатньо від штрека вздовж кожного квершлага послідовно відкласти горизонтальні потужності m_2 зустрінутих ними порід і відповідно з конфігурацією штрека провести плавні лінії, які з'єднують одноіменні контакти порід, зафіксованих у квершлагах.

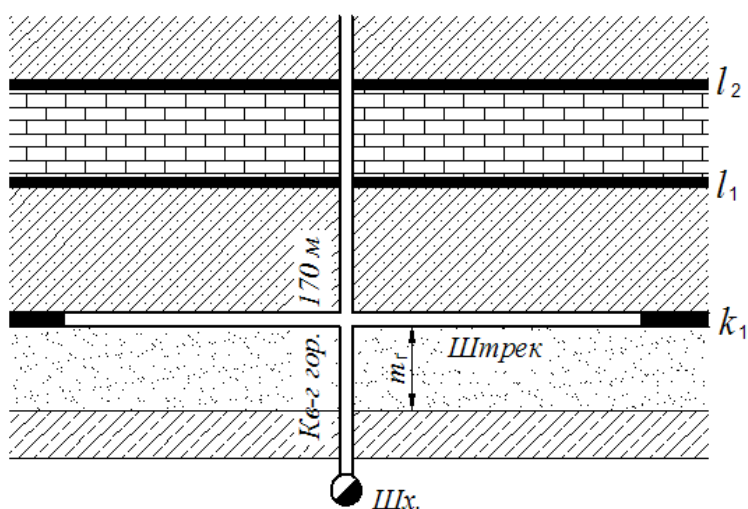


Рис. 16. Горизонтальний розріз кам'яновугільних порід (гор. 170 м)

При розвідці рудних тіл складної форми на заданому горизонті проходять штреки, квершлаг, орти або горизонтальні свердловини (рис. 17). Побудова розрізу нічим не відрізняється від попереднього прикладу.

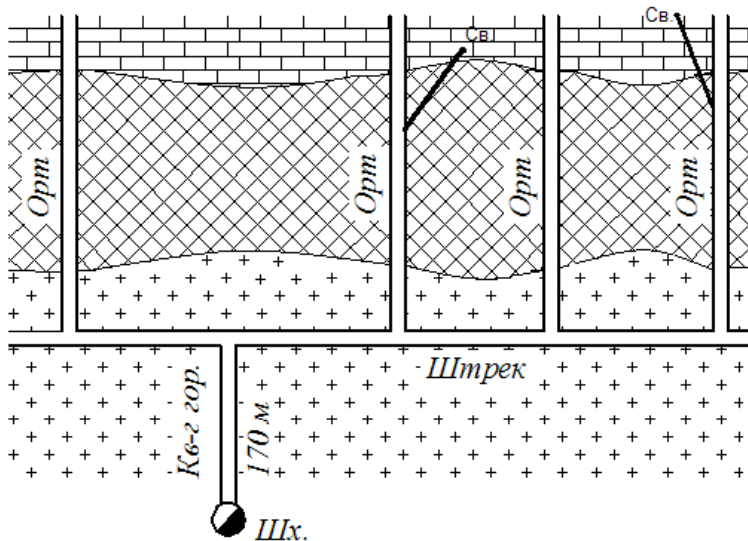


Рис. 17. Горизонтальний геологічний розріз рудного покладу (гор. 170 м)

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.

§ 9. 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.

9.1. Побудова гіпсометричного плану пластового покладу

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 висячого або лежачого боку покладу.

Щоб зобразити форму, величину та просторове положення пластового покладу, який має постійну потужність, очевидно достатньо побудувати гіпсометричний план лежачого або висячого 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 (висячого) боку пласта, гіпсометричний план якого необхідно побудувати.

Побудову гіпсометричного плану починають з нанесення усть розвідувальних виробок по координатах X , Y (рис. 18). Біля кожної виробки

виписують відмітки поверхні поклада $Z_{пл.}$, гіпсометричний план якої необхідно побудувати

$$Z_{пл.} = Z_{уст.} - h,$$

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

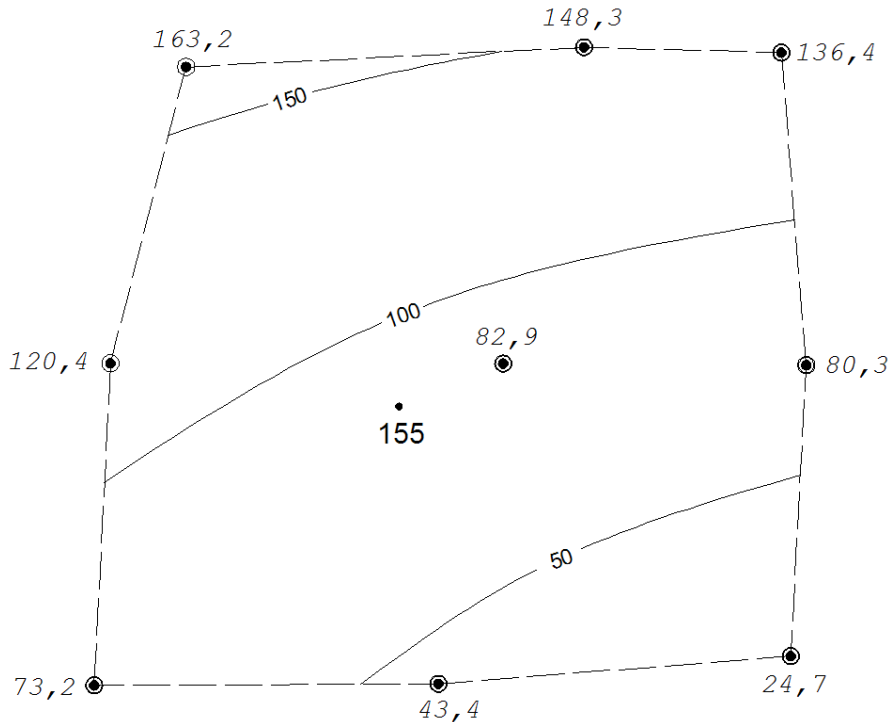


Рис. 18. До побудови гіпсометричного плану поверхні пластового поклада

Маючи відмітки точок поверхні поклада, 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. Так, наприклад, у Підмосковному вугільному басейні, де пласти залягають практично горизонтально, висоту приймають рівною 1 м. У Донецькому басейні висоту перерізу приймають рівною 50 м (інколи 10...20 м).

З'єднавши плавними лініями –ізогіпсами точки з однаковими відмітками, отримують гіпсометричний план.

9.2. Практичне значення гіпсометричних планів

Гіпсометричні плани найкраще характеризують просторове положення і елементи залягання поклада.

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

1. Ізогіпси дають чітку якісну характеристику зміни простягання поверхні поклада. Дирекційний кут простягання поклада 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. 19,а).

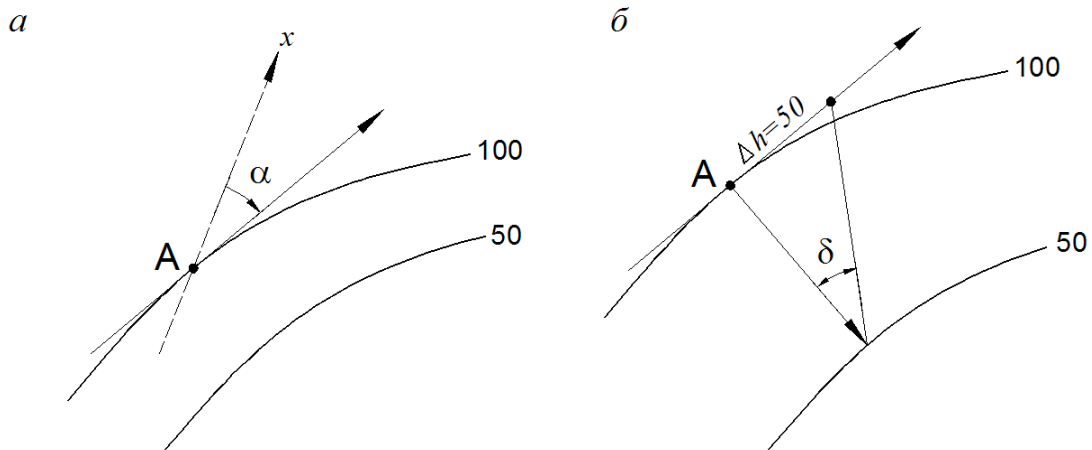


Рис. 19. Елементи залягання покладу

2. За допомогою ізогіпс графічно можливо визначити кут падіння δ поверхні покладу у будь-якій його точці (рис. 19,б).

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

9.3. 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. 20,*a*), більш простим тілом, обмеженим з висячого боку умовною топографічною поверхнею, а з лежачого боку – площиною (рис. 20). Ця площина служить площиною проєкції, на яку «осаджують» поклад.

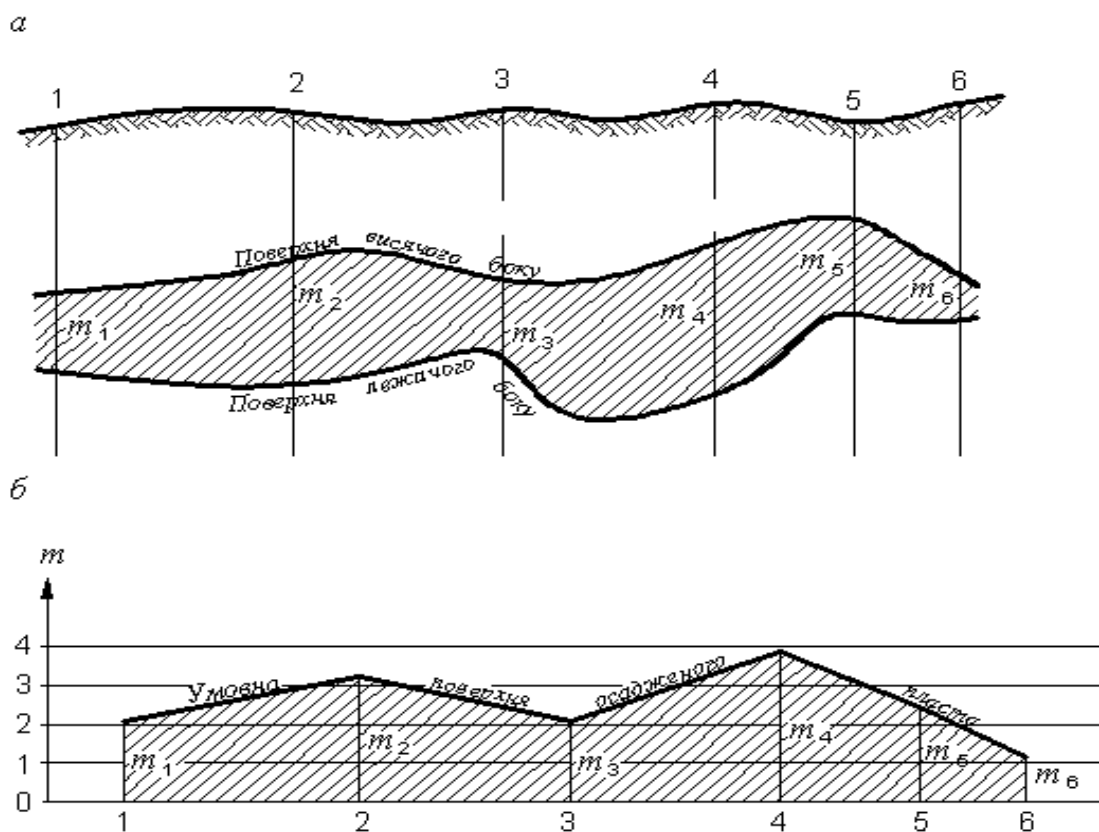


Рис. 20. Схема до побудови ізопотужностей

«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.

В 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 у графічному відніманні від поверхні висячого боку покладу поверхні лежачого боку.

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

9.4. План ізоглибин залягання 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.

Так, якщо по кожній розвідувальній виробці відома глибина від поверхні землі до висячого боку покладу, план ізоглибин будують так само, як і план ізопотужностей. При цьому глибину розглядають як потужність покриваючих порід.

Якщо ж поверхня висячого боку попередньо зображена ізогіпсами, а поверхня землі горизонталями, то наклавши їх одна на одну, у точках перетину горизонталей з ізогіпсами можливо обчислити різницю відміток двох поверхонь і результат приписати біля цих точок. Тепер залишається з'єднати точки з однаковими значеннями (глибинами) плавними лініями – ізоглибинами і таким чином отримати план ізоглибин. План ізоглибин разом з планом вертикальних ізопотужностей дозволяє визначити значення коефіцієнту розкриття для різних горизонтів і на їх основі встановити раціональну глибину розробки родовища відкритим способом, обрахувати об'єми розкривних робіт.

Користуючись планами ізоглибин, ізопотужностей і техніко-економічними розрахунками, встановлюють границю відкритих розробок.

9.5. Плани ізоліній якісних властивостей корисної копалини

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.

Ізолінії якісних властивостей, наприклад вмісту металу в руді, звичайно будують в горизонтальній площині проєкцій і тому вони називаються планами ізоліній якісних властивостей.

Для складання плану ізовмісту, на нього наносять усі точки спостережень за координатами X , Y . Біля цих точок спостережень виписують середні значення металу в руді і лінійним інтерполюванням знаходять точки з відмітками, кратними заданому перерізу ізоліній.

З'єднавши плавними лініями точки з однаковими відмітками, отримують ізолінії середнього вмісту металу в руді на всій площі. На такому плані можливо провести оконтурювання покладу по заданому середньому або мінімальному бортовому вмісту, а також намітити ділянки з невеликим вмістом металу в руді для залишення їх як ціликів.

У деяких випадках необхідне складання гріфіків вмісту шкідливих компонентів. Їх побудова аналогічна побудові графіків корисних компонентів.

§10. 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.

10.1. 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. 21).

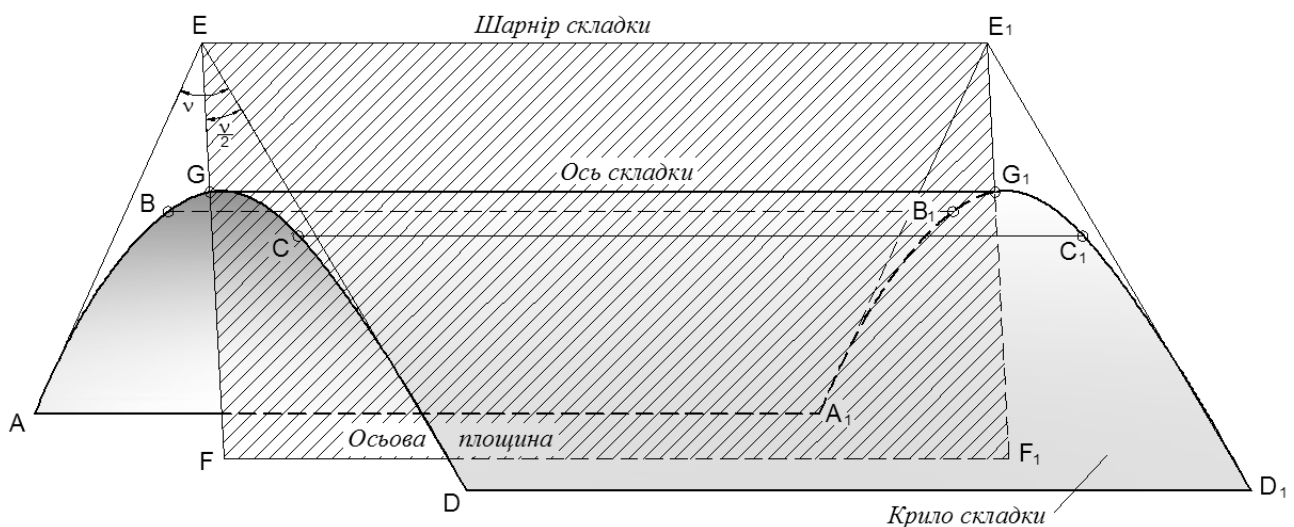


Рис. 21. Геометричні елементи складки

Крила складки – це бокові частини ABB_1A_1 і $ДСС_1D_1$, 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 складчатих структур класифікують за наступними основними ознаками:

1) за взаємним розташуванням шарніру і крил, розрізняють антиклінальні і синклінальні складки (рис. 22.);

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;

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.

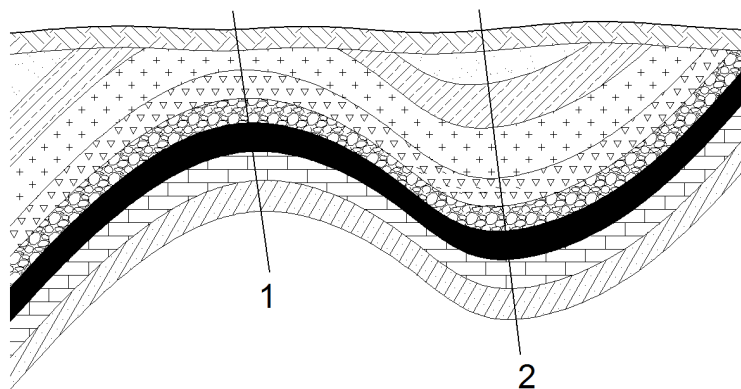


Рис. 22. Антиклінальна і синклінальна складки у вертикальному розрізі

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 зображаються на гіпсометричних планах і вертикальних розрізах.

10.2. 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. 23).

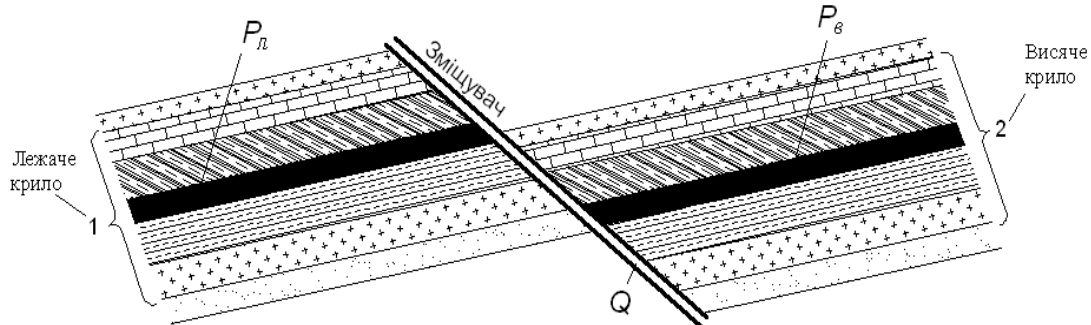


Рис. 23. Вертикальний розріз розривного порушення:
1 – лежаче крило; 2 – висяче крило

Зміщувач є одним із основних елементів розривного порушення. Частину зміщених порід, яка прилягає до лежачого боку, тобто знизу зміщувача, називають *лежачим крилом* (1). Другу частину, що прилягає до висячого боку, тобто зверху зміщувача, називають *висячим крилом* (2).

Взаємне розташування частин покладу, що змістилися, можливо охарактеризувати трьома площинами, які перетинаються (рис. 24.):

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

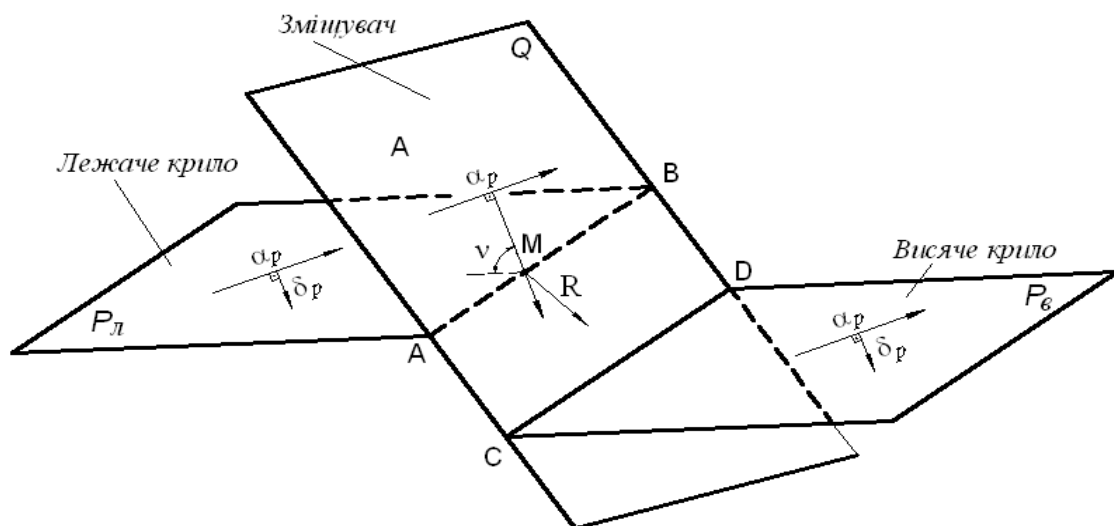


Рис. 24. Геометрична схема розривного порушення

Лінії перетину AB і CD площин лежачого і висячого крил з площиною зміщувача Q , називають лініями схрещення.

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

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. 25.).

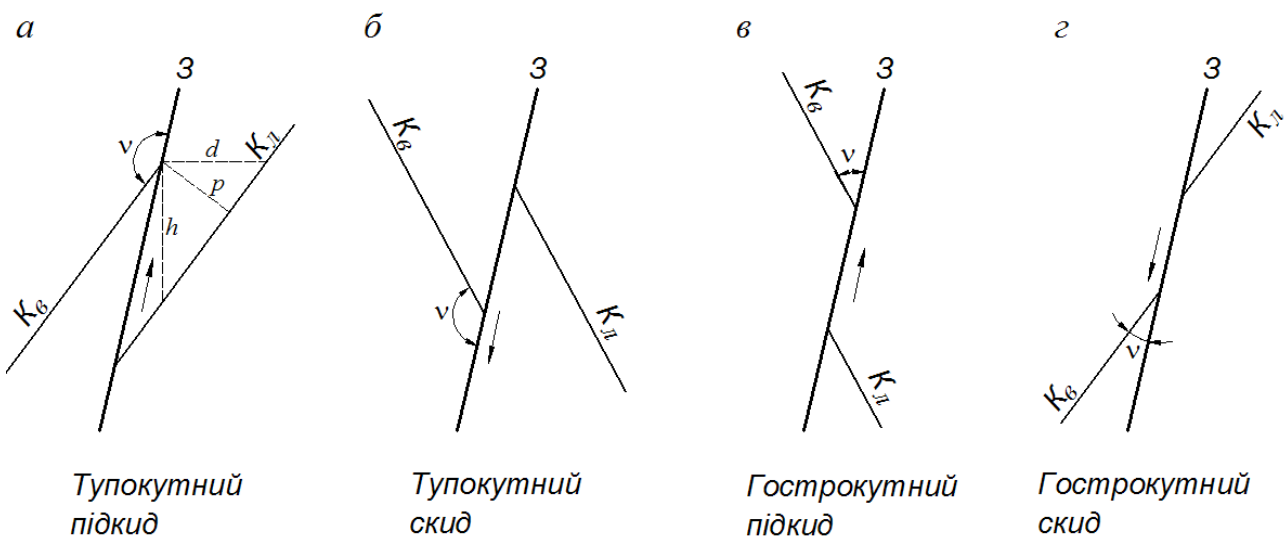


Рис. 25. Геометрична класифікація порушень за І.М. Ушаковим

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. 25,а показані амплітуди d , p і h диз'юнктива по усіх характерних напрямках у площині розрізу.

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 и 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 лабораторними та 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 4. 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.

§ 11. Загальні питання підрахунку запасів

Під поняттям „запаси” корисної копалини розуміють вагову або об’ємну кількість корисної копалини, її компонентів та характеристики форми і умов залягання родовища і 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 (ДКУЗ).

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 ДКУЗ про затвердження запасів корисних копалин по даному родовищу.

Підрахунок запасів проводять на кожній стадії розвідки і експлуатації родовища.

Запаси корисних копалин підраховують при наявності їх в 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 в кілограмах.

11.1. Класифікація розвіданих запасів корисної копалини

З метою встановлення єдиних принципів підрахунку і обліку запасів, визначення їх вивченості і підготовленості до розробки державною комісією по

запасах 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.

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.

Забалансові – 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 забалансові. 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 детальністю, 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 ДКУЗ 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 виїмки*.

11.2. Класифікація промислових запасів за ступенем їх готовності до видобутку

Початковими балансовими запасами, які підлягають обліку на діючих гірничих підприємствах, є затверджені ДКУЗ 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. 26 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.

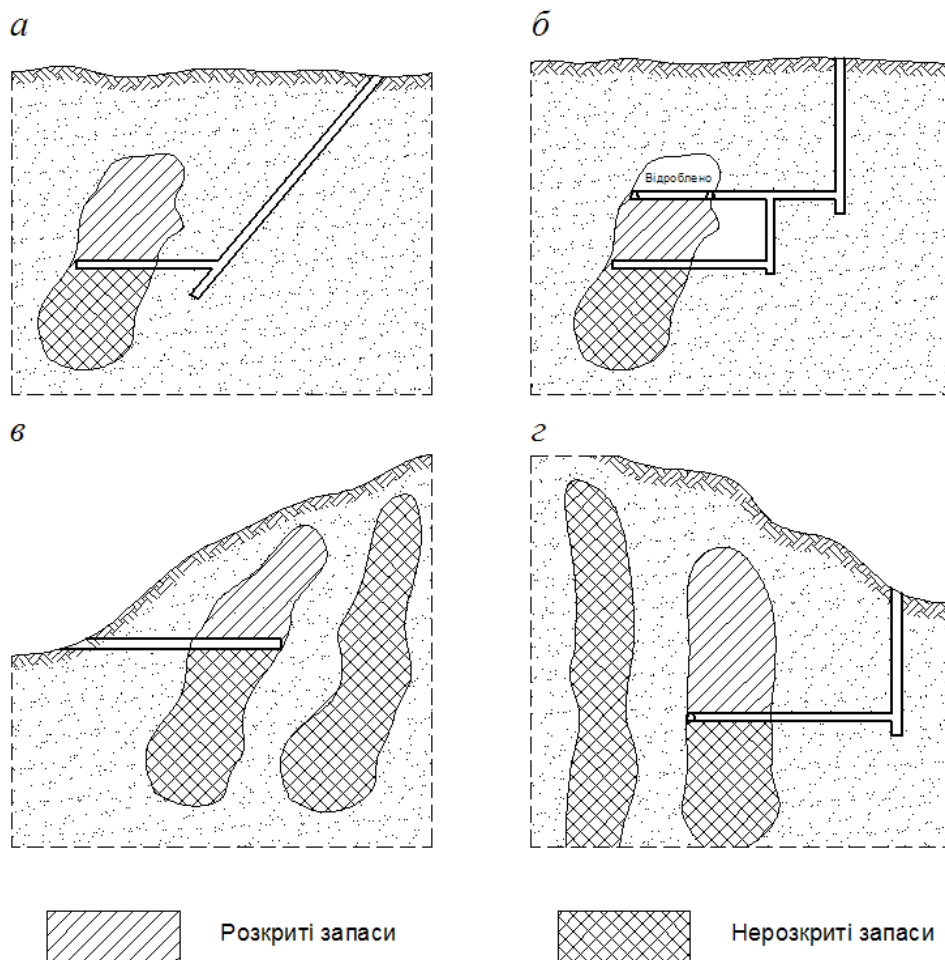


Рис. 26. Ділянки розкритих і нерозкритих запасів для різних варіантів розкриття рудних родовищ: а) похилою шахтою і квершлагом; б) сліпою шахтою; в) штольнею; г) вертикальною шахтою і квершлагом

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 переведу їх у більш високі категорії.

До *неактивних* відносять ту частину різних категорій промислових запасів, які у найближчий час не можуть бути виїнятими 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. 27 зображена проста схема розробки відкритим способом горизонтального вугільного пласта з віднесенням окремих його ділянок до різних категорій за ступенем їх підготовленості до виїмки.



Рис. 27. 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

§ 12. Параметри підрахунку запасів і способи їх визначення

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, т/м³.

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 , m_{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.

12.1. Оконтурювання покладу корисної копалини

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. 28).

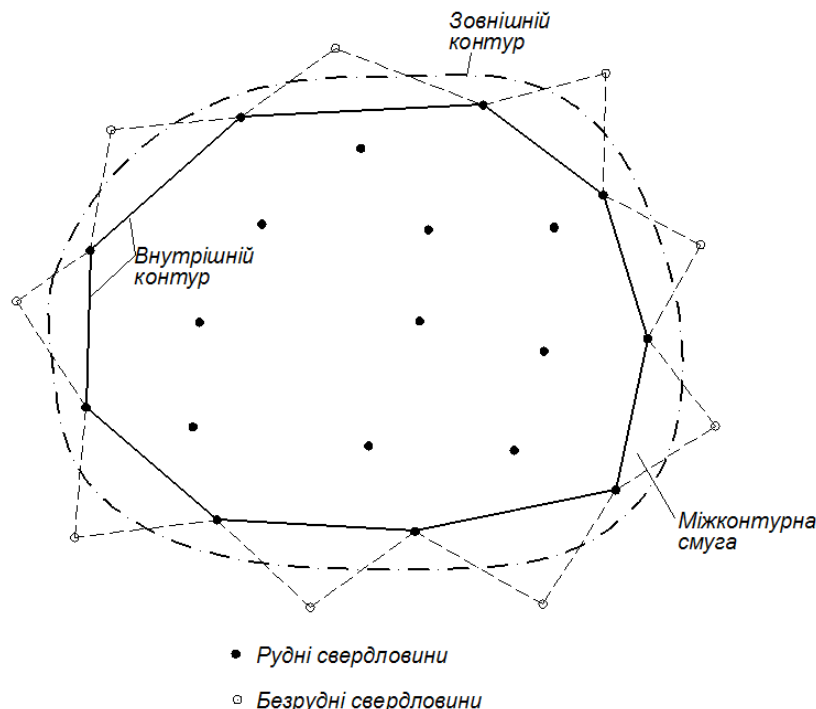


Рис. 28. Внутрішній і зовнішній контури покладу, побудовані інтерполяцією на середину

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*.

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 забалансові. Кондиції встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

12.2. 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.

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. 29,а).

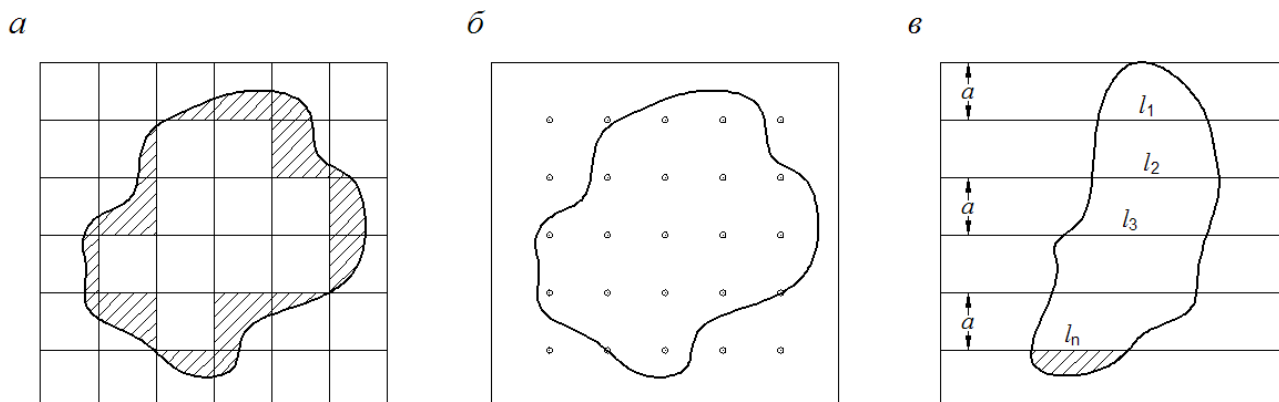


Рис. 29. Визначення площі за допомогою палетки:
а – квадратної, б – точкової, в – паралельними лініями

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

При використанні точкової палетки (рис. 29,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 $a = 0,5 \dots 1,0$ см.

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

Площу вимірної фігури визначають за формулою:

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

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 $\pm(1 \dots 3)\%$, що задовольняє вимогам, які пред'являють до точності підрахунку запасів.

12.3. 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 вмiщуючими породами, вимірюють безпосередньо у виробках при випробуванні і документації, при бурінні по вимірюванні керну. Крім безпосереднього способу визначення потужності застосовують побічний спiсiб за допомогою різних видiв каротажу.

При рiвномiрному розташуванні точок вимiру у межах контуру балансових запасiв, середнє значення потужностi визначають як середньоарифметичне.

При великій мiнливостi потужностi і особливо при нерiвномiрному розподiлi точок спостереження необхідно визначати середньозважене значення потужностi за формулами:

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

де m_i – числове значення вимірної потужності в i -й точці, S_i та l_i – площа, або

інтервал ділянки, який тяжіє 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.

12.4. Визначення об'ємної маси корисної копалини

Об'ємна маса мінеральної сировини – це вага 1 м^3 сировини в моноліті в природному стані з врахуванням пустот, тріщин каверн 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 маси 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 вибір виробки, проводять вирубку корисної копалини у вигляді ніш правильної форми в об'ємі не менше 1 м^3 . 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 переводу;

- б) зважуванням зразків корисної копалини у повітрі і воді;
- в) зважуванням зразків і визначенням їх об'єму у мірній посудині і т.і.

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.

12.5. 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 окисли.

Вміст корисних компонентів для більшості металічних і неметалічних корисних копалин виражають в процентах, а для руд благородних і ряду цінних металів – в г/т. Вміст благородних металів у розсипах виражають в грамах, алмазів – в каратах або міліграмах, вольфраміту, монациту та ін. – 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 маси тощо.

§ 13. Способи підрахунку запасів

Переважає 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.

13.1. 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. 30,*а*) прирівнюють до покладу з постійною середньою потужністю (рис. 30,*б*).

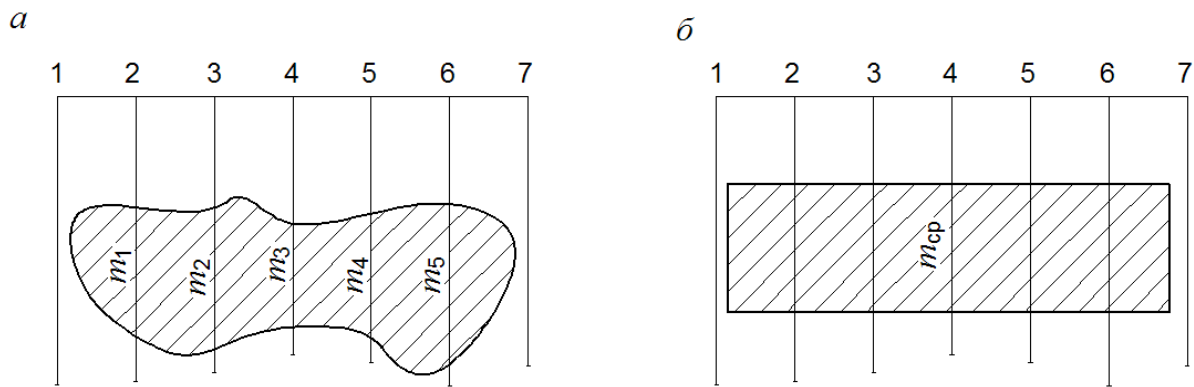


Рис. 30. До підрахунку запасів способом середнього арифметичного:
 а – дійсна форма покладу; б – трансформована форма покладу

Запаси обчислюють за середніми значеннями потужності покладу, об'ємної ваги корисної копалини і вмісту корисного компонента 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*.

13.2. Спосіб геологічних блоків

Спосіб геологічних блоків є різновидністю способу середнього арифметичного і відрізняється від нього тим, що родовище розподіляють на окремі ділянки (геологічні блоки) за різними геологічними ознаками: сортом руди, категоріями запасів тощо. При достатньо великій кількості точок спостереження у межах кожного блоку підрахунок запасів проводять методом середнього арифметичного. Підсумовуючи запаси усіх блоків, отримують загальні запаси у межах всього контуру підрахунку.

Підрахунок запасів цим способом широко застосовують на практиці.

13.3. Спосіб експлуатаційних блоків

Спосіб експлуатаційних блоків застосовують у випадках, коли рудне тіло (ділянка, блок) оконтурене гірничими виробками, по яких проведено опробування і заміри потужності покладу.

При цьому підрахунок запасів виконують по середніх значеннях параметрів, тобто по m_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} і площі блоку S_{bl} . Площу блоку S_{bl} при підрахунку запасів заміряють безпосередньо на плані, якщо кут падіння горизонтальний, або близький до нього. Якщо ж кут падіння відмінний від горизонтального, то у цьому випадку заміряють на плані площу блоку S_{bl} і розраховують дійсне значення площі блоку S за формулою

$$S = S_{bl} / \cos \delta_{cp},$$

де δ_{cp} – середній кут падіння покладу.

13.4. 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. 31).

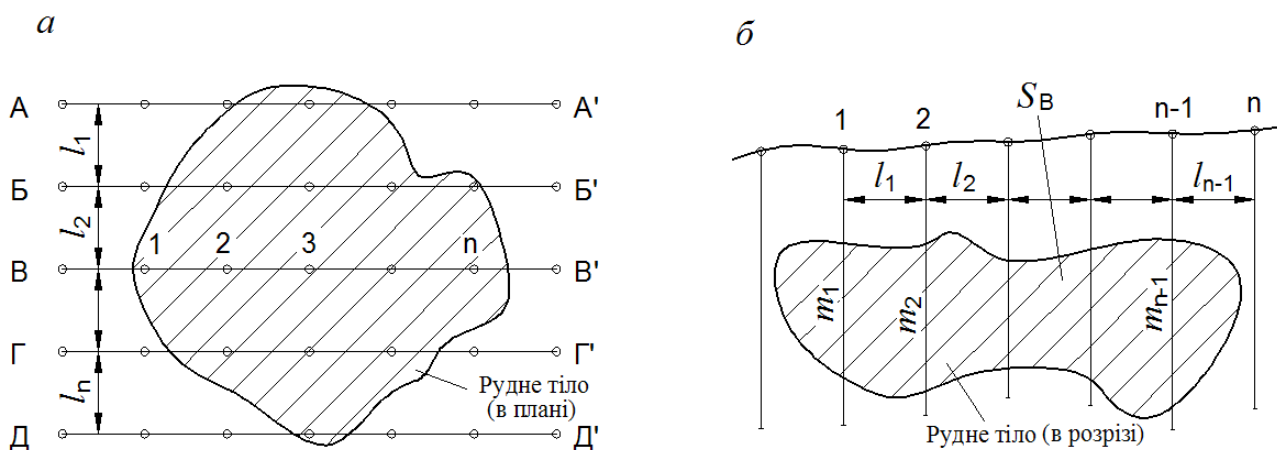


Рис. 31. Схема до підрахунку запасів способом вертикальних розрізів:
a – план розвідувальних виробок, *б* – вертикальний розріз за лінією *B-B'*

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

Нехай відстань між паралельними перерізами (рис. 31, *a*) *A-A'*, *B-B'*, ... *D-D'* дорівнюють L_1 , L_2 , L_3 , ... L_n . Відстані між рудними свердловинами дорівнюють l_1 , l_2 , l_3 , ... l_n і вертикальні потужності покладу по цих свердловинах дорівнюють m_1 , m_2 , m_3 , ... m_n . Спочатку по розвідувальних лініях

будують вертикальні розрізи (рис. 31, б). Потім будь-яким способом визначають площі S_A, S_B, \dots, S_n вертикальних перерізів покладу.

Об'єм покладу у межах внутрішнього контуру визначають як суму об'ємів блоків за формулою

$$V = \frac{S_A + S_B}{2} L_1 + \frac{S_B + S_B}{2} L_2 + \dots + \frac{S_G + S_O}{2} L_n.$$

При середньому значенні об'ємної маси корисної копалини γ_{cp} запаси її будуть такими:

$$Q = V\gamma_{cp}.$$

13.5. Спосіб ізоліній (проф. 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. 32 в ізопотужностях представлено рудне тіло. На нього довільно накладена палетка із стороною квадрата в 1 см. До кожного центру квадрата палетки тяжіє ділянка призми, у якої основа дорівнює 1 см^2 , а середня висота дорівнює вертикальній потужності тіла у центрі основи призми.

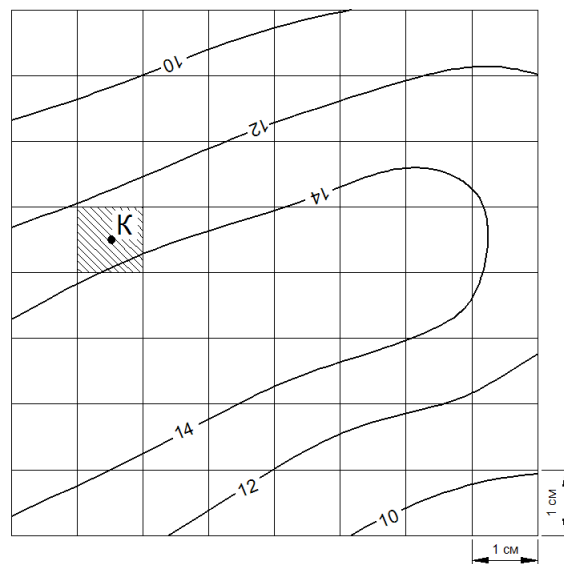


Рис. 32. План ізопотужностей покладу з накладеною об'ємною палеткою

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 $\sum h_i$ помножити на постійну величину S – площі основи призми, виражену у м^2 , тобто

$$V = S \sum h_i, \text{ м}^3.$$

13.6. 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 сумуються.

13.7. Спосіб ізогіпс проф. В.І. Баумана

Якщо кут падіння пласта змінюється як навхрест простягання, так і за простяганням для підрахунку запасів використовують формули В.І. Баумана. Для цього рекомендується використати гіпсометричний план (рис. 33).

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:

$$S_{n(5)} = \sqrt{B^2_{(5)} + C^2_{(5)}}, \text{ м}^2,$$

де m_{cp} – середня потужність по блоку, м; γ_{cp} – середня об'ємна вага т/м^3 ; $B_{(5)}$ – 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.

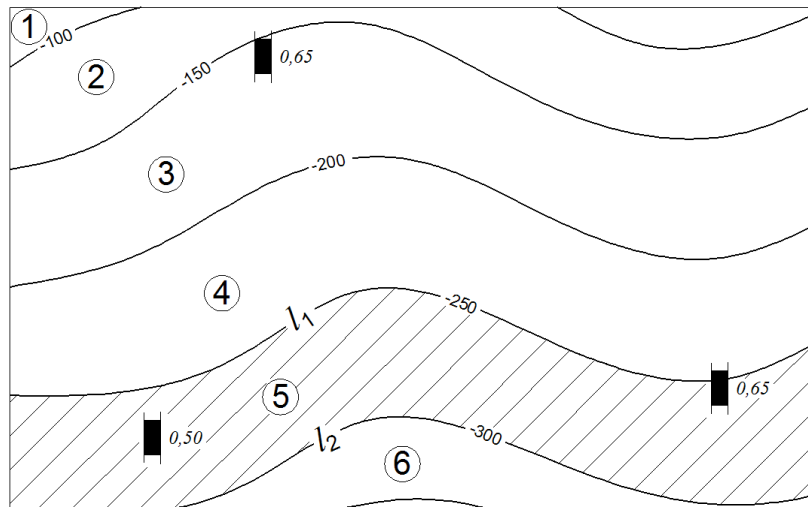


Рис. 33. Гіпсометричний план вугільного пласта

Запаси по усьому шахтному полю отримують шляхом підсумовування запасів за окремими блоками.

§ 14. Облік стану, руху запасів і втрат на гірничих підприємствах

Згідно з правил охорони надр гірничо-видобувні підприємства при розробці родовищ повинні вести систематичний облік стану запасів, що підлягають видобутку включаючи період їх будівництва.

Обліком запасів враховують початкові балансові запаси шахт, зміну початкових балансових запасів, промислові запаси у цілому, а також стан їх готовності до видобутку, забалансові запаси та їх зміну.

Підрахунок запасів і облік їх руху за видами проводять на маркшейдерських планах і розрізах маркшейдерсько-геологічною службою підприємства.

Початковими балансовими запасами є запаси, що затверджені ДКУЗ та прийняті за проектом гірничого підприємства у межах технічних границь.

Зміна початкових балансових запасів можлива внаслідок видобутку, втрат при видобуванні, проведення дорозвідки, відхилення фактичних параметрів від прийнятих під час підрахунку запасів, виявлення запасів, недоцільних для видобування з технічно-економічних причин, зміни технічних границь підприємства тощо.

Кількість видобутої корисної копалини встановлюють на основі статистичного обліку і маркшейдерських вимірів. У загальному випадку видобутою корисною копалиною вважається та, яка витягнена з масиву, видана

на поверхню (на розрізах також завантажена у вагони, що знаходяться в розрізі) і задовольняє за якістю встановлені норми.

Втрати корисної копалини – це частина балансових запасів, що безповоротно залишена у надрах при розробці.

Втрати при збагаченні і переробці до втрат з видобутку не відносять і враховують окремо.

Промисловими запасами називають частину балансових запасів, які підлягають видобуванню із надр. Їх визначають у межах технічних границь із запасів категорій *A, B, C*.

Обчислюють промислові запаси за формулою:

$$Q_{\text{пром}} = Q_{\text{бал}} - V_{\text{проект}} - Q_{\text{н.р}},$$

$$V_{\text{проект}} = V_{\text{з.ш}} + V_{\text{екс}},$$

де $Q_{\text{пром}}$ – промислові запаси; $Q_{\text{бал}}$ – початкові балансові запаси; $V_{\text{проект}}$ – проектні втрати; $V_{\text{з.ш}}$ – проектні загально шахтні втрати; $V_{\text{екс}}$ – експлуатаційні втрати; $Q_{\text{н.р}}$ – запаси, що нераціональні до розробки.

До проектних загальношахтних втрат $V_{\text{з.ш}}$ відносять запаси у ціликах під об'єктами поверхні, у бар'єрних ціликах, у ціликах для охорони капітальних гірничих виробок.

До проектних експлуатаційних втрат $V_{\text{екс}}$ відносять втрати у ціликах і вугільних пачках, пов'язаних із системою розробки і технологією гірничих робіт. Облік стану і руху запасів та втрат ведеться за спеціальними формами, затвердженими центральним статистичним управлінням.

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 проф. П.К. Соболевського ?
11. Що називають втратами корисної копалини ?

В разі опанування матеріалу, що викладений у розділі, студент посилить уміння відбудувати 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.

РОЗДІЛ 5. ЗАДАЧІ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Навчальною метою цього розділу є ознайомлення студента з переліком і змістом маркшейдерських завдань, які вирішуються під час проектування гірничих підприємств. Основна увага приділена питанням впливу гірничих робіт на земну поверхню і споруди, що на ній знаходяться, а також заходам, які дозволяють здійснювати гірничі роботи під цими об'єктами.

§15. Загальні відомості про порядок проектування гірничих підприємств

Сучасними проектами великих шахт передбачається об'єднання споруд шахтної поверхні у блоки великих розмірів. Окремі споруди зв'язуються між собою загальним технологічним обладнанням, будівельними конструкціями та комунікаціями.

Проектування сучасного гірничого підприємства являє собою складну багатогранну задачу, для вирішення якої залучаються фахівці з різних областей гірничої науки, у тому числі і спеціалісти маркшейдерської справи.

Фінансування робіт по проектуванню і будівництву гірничого підприємства здійснюють тільки при наявності гірничого та земельного відводу, оформлених належним чином.

Гірничим відводом називають частину земельних надр, що надані організації або підприємству для промислової розробки покладів корисних копалин, що знаходяться в надрах.

Земельний відвід – це ділянка землі, яка надана для будівництва гірничого підприємства та розробки родовища.

Проект земельного відводу готують проектною організацією одночасно з розробкою технічного проекту гірничо-видобувного підприємства в ув'язці з проектом гірничого відводу.

Гірничі відводи надають після затвердження розвіданих запасів корисних копалин у Державній комісії України по запасах (ДКУЗ) та передачі родовища або його ділянки для промислового освоєння. Розміри гірничого відводу визначаються розмірами розвіданого родовища або його частини з урахуванням зон обвалення, безпечних відстаней від місць виконання вибухових робіт та зон розвалів бортів кар'єрів.

На підставі генеральної схеми розвитку гірничо-видобувної галузі розробляють техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) проектування будівництва, реконструкції або розширення гірничого підприємства та визначається розрахункова вартість робіт.

На підставі ТЕО складають технічне завдання (ТЗ) на проектування будівництва проекту.

У відповідності із затвердженням ТЗ розробляють проектно-кошторисну документацію в одну (попередню) або дві (попередню і детальну) стадії у залежності від складності об'єкту і гірничо-геологічних умов.

На попередній стадії вирішують основні питання проекту у загальному вигляді. Тут розглядають і коригують різні варіанти окремих частин (вузлів) проекту, таких, наприклад, як встановлення границь і розмірів шахтного поля (кар'єру), схему розкриття і систему розробки, схему розташування основних об'єктів та вибирають із цих варіантів найбільш прийнятний.

При порівнювальній оцінці варіантів проекту поряд з іншими факторами необхідно враховувати фактор втрат корисної копалини.

Основна частка втрат корисної копалини при її розробці залежить від системи розробки і розмірів охоронних ціликів, які необхідно залишати під існуючими об'єктами та об'єктами, що проектуються.

При визначенні проектних втрат, що залежать від системи розробки, керуються існуючими нормативами, в яких для кожної системи вказані норми втрат у вигляді процентів від балансових запасів, що підлягають розробці.

Втрати в охоронних ціликах можуть бути визначені лише після побудови самих ціликів. Для цього необхідно знати характер процесу зрушення гірських порід у даних гірничо-геологічних умовах, а також яка площа земної поверхні підлягає зрушенню. Ці питання вирішують на основі даних вивченості процесу зрушення в аналогічних гірничо-геологічних умовах. Вирішення цих питань і розрахунок охоронних ціликів відносяться до задач маркшейдерської служби.

Встановивши границі і розміри шахтного поля і вибравши найбільш раціональну схему розкриття, систему розробки і схему розташування основних об'єктів, підраховують балансові запаси, проектні втрати і промислові запаси шахтного (кар'єрного) поля.

Останні є вихідними для розрахунку терміну служби шахти (кар'єру), розподілення поля на поверхи, блоки і т.і.

Підрахунок балансових і промислових запасів, проектних втрат відносяться до задач маркшейдерії.

Після узгодження та уточнення проектного завдання приступають до детальної розробки проекту, включаючи складання робочих креслень, якими користуються при будівництві гірничого підприємства.

При підготовці матеріалів для проектування нового гірничого підприємства виникає необхідність належної ув'язки проекта з існуючим положенням гірничих робіт, різноманітними спорудами і об'єктами. Підготовка даних такої ув'язки входить до функцій маркшейдера шахти (кар'єру).

І нарешті, складений та узгоджений проект необхідно перенести в натуру, де необхідно побудувати нове або реконструювати діюче гірниче підприємство. Для цього в проекті необхідно вказати початкові дані для такого перенесення.

У цьому сенсі проект повинен бути ув'язаний з існуючими на ділянці майбутнього будівництва об'єктами в єдиній системі координат.

Таким чином, основними задачами маркшейдерії при проектуванні нового або реконструкції діючого гірничого підприємства є:

- 1) підготовка даних для проектування та ув'язка проекту з існуючими на ділянці майбутнього будівництва спорудами і системою координат;
- 2) визначення зони впливу майбутніх гірничих розробок на земну поверхню і розрахунок охоронних ціликів під існуючі об'єкти та такі, що

проектуються і попадають у цю зону;

3) розрахунок проектних втрат корисної копалини і промислових запасів шахтного (кар'єрного) поля.

§16. Підготовка маркшейдерських даних для проектування

Правильний вибір схеми розкриття, способу і системи розробки родовища залежить, у першу чергу, від повноти і ступеню достовірності даних про родовище, по якому проводяться проектні роботи гірничого підприємства.

В практиці були випадки, коли після завершення будівництва з'ясувалось, що дані про родовище, які були покладені в основу проекту розробки, не підтвердились. Траплялось, що фактична кількість запасів корисної копалини виявлялась значно меншою ніж передбачалось, у зв'язку з цим проектна потужність шахти зменшувалась, не завжди вдало вибиралось місце закладки стволів через недостатню вивченість тектоніки і т.і.

Були випадки, коли на поверхні були збудовані важливі промислові об'єкти і населені пункти, а потім з'ясувалось, що під ними залягають значні запаси цінної сировини.

Все це вказує на необхідність всебічного вивчення умов, в яких передбачається проектування і подальше будівництво гірничого підприємства.

Це вивчення повинно охоплювати не тільки територію в межах технічних границь шахти (кар'єру) а також прилеглі до них ділянки поверхні і геології району з метою правильного планування будівництва населених пунктів, різних громадських будівель і споруд, ліній комунікацій і т.і.

При освоєнні нового родовища дані про геологію надає геологічна розвідка, одночасно з якою проводиться детальна зйомка місцевості.

При реконструкції діючих шахт (кар'єрів) проект реконструкції необхідно ретельно ув'язати з існуючим положенням гірничих робіт і різноманітних споруд.

У зв'язку з цим в обов'язки маркшейдерської служби входить надання проектній організації вичерпної документації, що характеризує гірничо-геологічну обстановку з вичерпним відображенням даних про геологічну будову родовища, положення і стан гірничих робіт і забудованої поверхні.

Основними маркшейдерськими документами, які передаються проектній установі, є плани гірничих робіт та поверхні, що поповнені на момент початку проектування, включаючи усі нові відомості про родовище.

Особливо ретельно повинні бути підготовлені дані по проммайданчику шахти і підйомному комплексу, якщо передбачається його реконструкція.

Вихідним початком для ув'язки і перенесення в натуру при реконструкції технологічного комплексу на території проммайданчика є центри і головні осі стволів шахт. Тому наносять на план проммайданчик і вказуються координати центрів стволів і дирекційні кути їх головних осей. Окрім того, наносять центри і осі підйомів.

Головними осями вертикального ствола шахти називають дві горизонтальні прямі, одна з яких паралельна, а інша перпендикулярна

основним розстрілам ствола.

Головні осі перетинаються у точці, яку називають *центром ствола* і, як правило, є осями симетрії його горизонтального перерізу.

Головними осями похилого ствола шахти називають горизонтальні прямі, одна з яких лежить у вертикальній площині, яка розділяє перерізи ствола по довжині на дві симетричні частини, а інша – перпендикулярна першій і проходить через точку, яку умовно називають *центром похилого ствола шахти*.

Положення центру похилого ствола відносно його устя вибирають в процесі проектування і потім закріплюється в натурі.

Віссю підйому вертикального ствола шахти називають горизонтальну пряму, що проходить через точку, яку називають центром підйому, що перпендикулярна осі головного валу підйомної машини. Під *центром підйому* розумють точку, яка нарівно розділяє відстань між осями канатів підйомних посудин. Вісь підйому вертикального ствола може співпадати з однією з його головних осей, бути їй паралельною і знаходитись до неї під деяким кутом.

Віссю підйому похилого ствола називають пряму, що проходить посередині між осями двоколійних відкатних шляхів або на осі одноколіяного шляху похилого ствола.

Враховуючи, що реконструкція шахти і технологічного комплексу звичайно проводиться через деякий тривалий час після завершення будівництва і враховуючи важливе значення головних осей ствола і осей підйомів, вони повинні належним чином бути закріплені на місцевості з таким розрахунком, щоб зберегти їх на протязі усього терміну служби шахти.

Для ув'язки проекту на всій території гірничого відводу на плані поверхні вказують розташування пунктів планового і висотного обґрунтування зйомки, виписують їх координати і дирекційні кути деяких основних ліній.

§17. Загальні відомості про процес зрушення гірських порід і земної поверхні при розробках родовищ корисних копалин

При розробці родовищ корисних копалин під впливом пустот, що утворюються в гірничому масиві, внаслідок осушення порід проходить зміна напруженого стану гірничих масивів, порушення рівноваги, переміщення і деформування вміщуючих корисну копалину порід [6].

Зрушенням гірничих порід і земної поверхні називають їх переміщення і деформування під впливом підземних гірничих розробок або зміни гідрогеологічних умов.

Проведення гірничих робіт під територіями, які охороняються, називають *підробкою*.

У міру того, як розміри виробленого простору збільшуються, процес зрушення активізується, охоплюючи все більшу частину гірничого масиву і в деяких випадках може досягти поверхні землі.

За прийнятою термінологією, частину гірничого масиву, яка зазнає зрушення, називають *зоною зрушення*, а площу земної поверхні, що зазнала

зрушення, називають *мульдою зрушення*.

За характером прояву процесу зрушення розрізняють: провали, вирви (воронки), великі тріщини, уступи, мікротріщини, плавні деформації.

До основних видів зрушень і деформацій, які небезпечні для підроблюваних споруд і природних об'єктів належить віднести такі:

- осідання (вертикальні переміщення земної поверхні);
- нахили (різниці вертикальних переміщень сусідніх точок, віднесені до відстані між ними);
- кривизна (відношення різниці нахилів сусідніх інтервалів до середньої відстані між ними);
- горизонтальні зрушення (переміщення земної поверхні в горизонтальній площині);
- горизонтальні деформації (відношення різниці відстаней сусідніх точок до підробки та після підробки до відстані між ними).

В окремих випадках гірничі роботи можуть привести до осушення земель під впливом дренажу води у гірничі виробки. Нахили земної поверхні викликають нестійкість високих об'єктів (димових труб, баштових копрів, телевеж тощо) і призводить до недопустимих змін профілю залізничних колій і т.і., кривизна і горизонтальні деформації земної поверхні можуть стати причиною пошкодження будівель, споруд, промислових комплексів, трубопроводів, гірничих виробок та інших об'єктів. Для вертикальних шахтних стволів і гірничих виробок небезпечними є стиснення або розтягнення порід по вертикалі.

У теперішній час в деяких районах країни підробка забудованих територій ведеться на значній глибині (до 1000 м і більше). Систематично підробляються цілі житлові масиви таких міст, як Донецьк, Горлівка, Стаханів, Торез, Червоноград.

Значну проблему являє собою виїмка запасів вугілля під центральною частиною м. Донецька, а також під великими унікальними будівлями і спорудами, промисловими комплексами (наприклад, Єнакієвськими коксохімічним і металургійним заводами, Горлівським металургійним заводом і т.і.).

При розробці залізної руди у Кривбасі необхідно звертати особливу увагу на забезпечення захисту вертикальних стволів і підйомних комплексів, розташованих у лежачому боці рудних тіл, безпечної спільної розробки родовищ підземним та відкритим способами, визначенню зон провалів і тріщин всього боку покладу, стійкості оголень, і виходу зон зрушень і воронки на земну поверхню.

Зрушення гірничих порід може відбуватись як над очисними, так і над підготовчими виробками і проявляться у формі провалів, тріщин, уступів і без розриву суцільності порід у формі плавних зрушень. Форма прояву процесу зрушення залежить від цілого ряду факторів, таких як: глибина гірничих робіт, розташування очисної виробки, потужність пласта, кут нахилу порід, властивості вміщуючих порід, система гірничих робіт, спосіб керування покрівлею і т.і.

§18. Основні терміни і параметри, які характеризують процес зрушення гірських порід

18.1. Схема зрушення гірських порід і земної поверхні

Ступінь прояву процесу зрушення є різною в різних точках зони зрушення. Так, розглядаючи зону зрушення по вертикалі видно, що деяка частка порід, що залягає безпосередньо над виробленим простором, обвалиться. Внаслідок цього збільшиться об'єм порід і інтенсивність обвалення буде поступово зменшуватись і на деякій висоті обвалення перейде у вигин з утворенням тріщин в масиві, що в свою чергу призведе до збільшення об'єму і в результаті цього зрушення на деякій висоті перейде в стан плавного осідання, яке буде мати затухаючий характер.

Таким чином, процес зрушення розповсюджується від виробленого простору до низу і до верху і при деякому співвідношенні розмірів виробленого простору і глибини гірничих робіт область зрушення досягає земної поверхні.

У підробленій товщі у напрямку вгору від відробленого простору можна виділити три зони, що характеризуються різним ступенем порушеності гірських порід, таких як: обвалення, прогину з порушенням суцільності шарів у вигляді тріщин і плавного прогину без порушення суцільності шарів.

За формами зрушення, характером деформування шарів гірських порід і причинами, які викликали зрушення, у підробленій товщі після закінчення процесу зрушення виділяють три характерних зони (рис. 34): I – повних зрушень (розвантаження); II_а, II_б – найбільшого прогину; III_а, III_б – стиснення порід (опорного тиску).

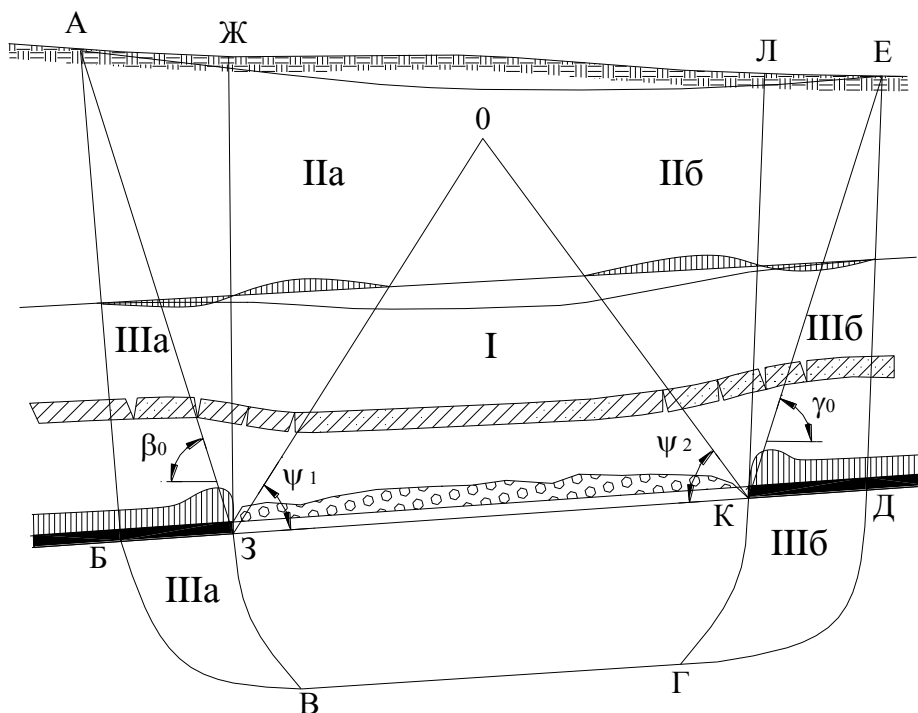


Рис. 34. Схема зрушення гірських порід і зони впливу очисної виробки

Зона повних зрушень (I) розташована над середньою частиною виробки і характеризується тим, що шари порід у межах цієї зони після закінчення процесу зрушення займають положення, паралельне первісному. Зону повних зрушень прийнято приблизно обмежувати лініями, проведеними від країв виробки під кутами повних зрушень ψ_1 і ψ_2 (рис. 34). У зоні повних зрушень виділяється зона обвалення.

Зони стиснення порід (IIIа, IIIб) по нормалі до нашарування (зони опорного тиску) розповсюджуються від меж зрушення підроблюваного масиву *АВВ* і *ГДЕ* до ліній *ВЗЖ* і *ГКЛ*, які проведені через границі виробки. Форма і положення ліній, що обмежують зони стиснення, остаточно не встановлені і потребують подальшого уточнення.

Поміж зонами повних зрушень і стиснення виділяються зони найбільшого *прогину порід (IIа, IIб)*. У межах цих зон осідання шарів порід зростає до максимального. У шарах порід внаслідок їх прогину виникають деформації стиснення і розтягу у напрямку нашарування.

Слід відзначити, що в породах підшви розроблюваного пласта також виникає перерозподіл напруг з утворенням зон опорного тиску і зони розвантаження.

Зовнішній контур (*АВВГДЕ*) перелічених зон обмежує зону впливу *гірничої виробки* в масиві. Частина масиву в зоні впливу очисної виробки, що розташована над пластом, називається *підробленою*, а під пластом – *надробленою*.

18.2. Основні поняття, терміни і визначення

Кожна точка підроблюваної земної поверхні переміщується у просторі за деяким вектором. Вертикальну складову векторів зрушення точок називають *осіданням земної поверхні η* (мм).

Горизонтальну складову векторів зрушення точок називають *горизонтальним зрушенням земної поверхні ξ* (мм).

Нахил земної поверхні i (безрозмірна величина, 10^{-3}) – це відношення різниці осідань двох сусідніх точок мульди до відстані між ними.

Кривизна земної поверхні k (10^{-3} 1/м) – це відношення різниці нахилів двох сусідніх інтервалів мульди до середньої довжини цих інтервалів.

Мульда зрушення – це частина земної поверхні, яка піддається зрушенню під впливом гірничих виробок (зона *АЕ*, рис. 34). Практично за межу мульди зрушення приймають лінію, що з'єднує точки земної поверхні, у яких спостерігаються наступні значення деформацій: горизонтальних деформацій розтягу $\varepsilon = 0,5 \times 10^{-3}$, нахилу $i = 0,5 \times 10^{-3}$.

У мульді зрушення виділяють *зону небезпечних зрушень* або *небезпечного впливу*, у якій виникають небезпечні деформації для будівель, споруд і природних об'єктів (рис. 35-37). При визначенні межі цієї зони використовуються величини критичних деформацій земної поверхні: горизонтального розтягу $\varepsilon = 2 \times 10^{-3}$ (2 мм/м), нахилу $i = 4 \times 10^{-3}$ (4 мм/м), кривизни $k = 0,2 \times 10^{-3}$ 1/м.

У мульдї зрушення виділяють *головні перерізи*. Вони проходять через точки мульки з максимальними осіданнями земної поверхні. Розрізняють *головний переріз за простяганням* і *головний переріз за падінням пласта*.

При неповній підробці головні перерізи проходять через точку максимального осідання мульки, при повній підробці – через будь-яку точку плоского дна.

Повна підробка земної поверхні – підробка земної поверхні, за якою у мульдї зрушення не відбувається збільшення максимального осідання при подальшому збільшенні довжини (ширини) відробленого простору і при пологому заляганні пластів утворюється так зване *плоске дно*.

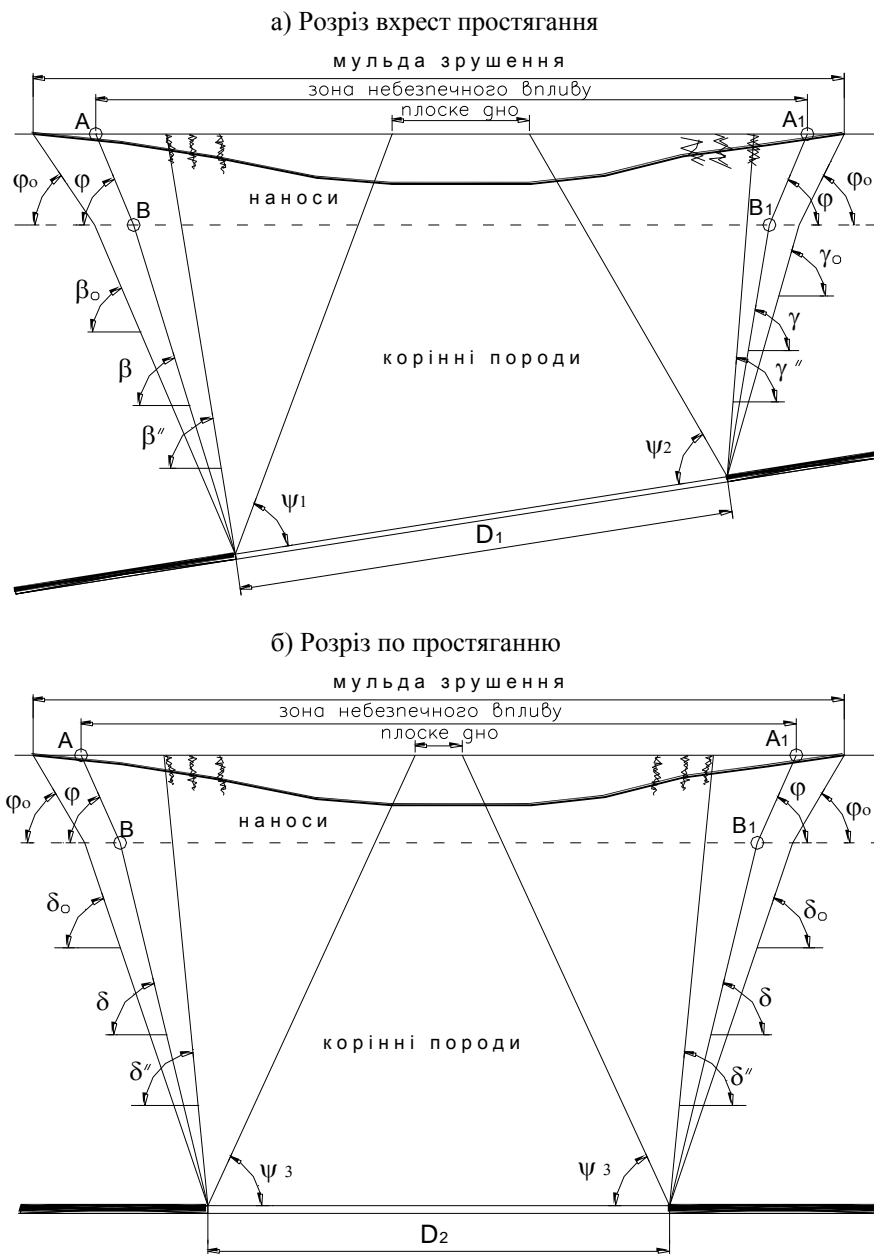


Рис. 35. Кутіві параметри зрушення при повній підробці (пологе залягання):
 D_1, D_2 – розміри виробленого простору

Неповна підробка земної поверхні – підробка земної поверхні, при якій зі збільшенням розмірів очисної виробки збільшується максимальне осідання в мульдї.

Граничні кути – зовнішні відносно відробленого простору кути, утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульди зрушення горизонтальними лініями і лініями, які з'єднують край виробки з межею зони впливу (мульди зрушення) підземної виробки на земній поверхні (рис. 35-37).

Розрізняють граничні кути в наносах φ_0 (приймають однаковими за усіма напрямками) та корінних породах (біля країв виробки):

- біля нижньої границі, у висячому боці β_0 ;
- біля нижньої границі, у лежачому боці β_{01} (при зрушенні за схемою рис. 37); біля верхньої границі, у висячому боці γ_0 ; за простяганням δ_0 .

У мезозойських (крейдяних) відкладеннях граничні кути відповідно позначають $\beta_{0m}, \gamma_{0m}, \delta_{0m}$.

Кути зрушення – це зовнішні відносно відроблюваного простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульди зрушення *при повній підробці* горизонтальними лініями, та лініями, що з'єднують краї виробки з границею зони небезпечного впливу на земній поверхні.

Розрізняють кути зрушення в наносах φ (приймають однаковими за всіма напрямками), в корінних породах: $\beta, \gamma, \delta, \beta_1$ і в мезозойських відкладеннях: $\beta_m, \gamma_m, \delta_m$.

Кути розривів – це зовнішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах по головних перерізах мульди зрушення горизонтальними лініями та лініями, які з'єднують край виробки з найближчою до межі мульди зрушення тріщиною (рис. 35-37).

Кути розривів позначають $\beta'', \gamma'', \delta'', \beta_1''$.

Кути повних зрушень – це внутрішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульди зрушення площиною пласта і лініями, які з'єднують краї виробки з межами плоского дна мульди зрушення.

Розрізняють кути повних зрушень:

- біля нижнього краю виробки ψ_1
- біля верхнього краю виробки ψ_2 ;
- біля границь виробки за простяганням ψ_3 ;

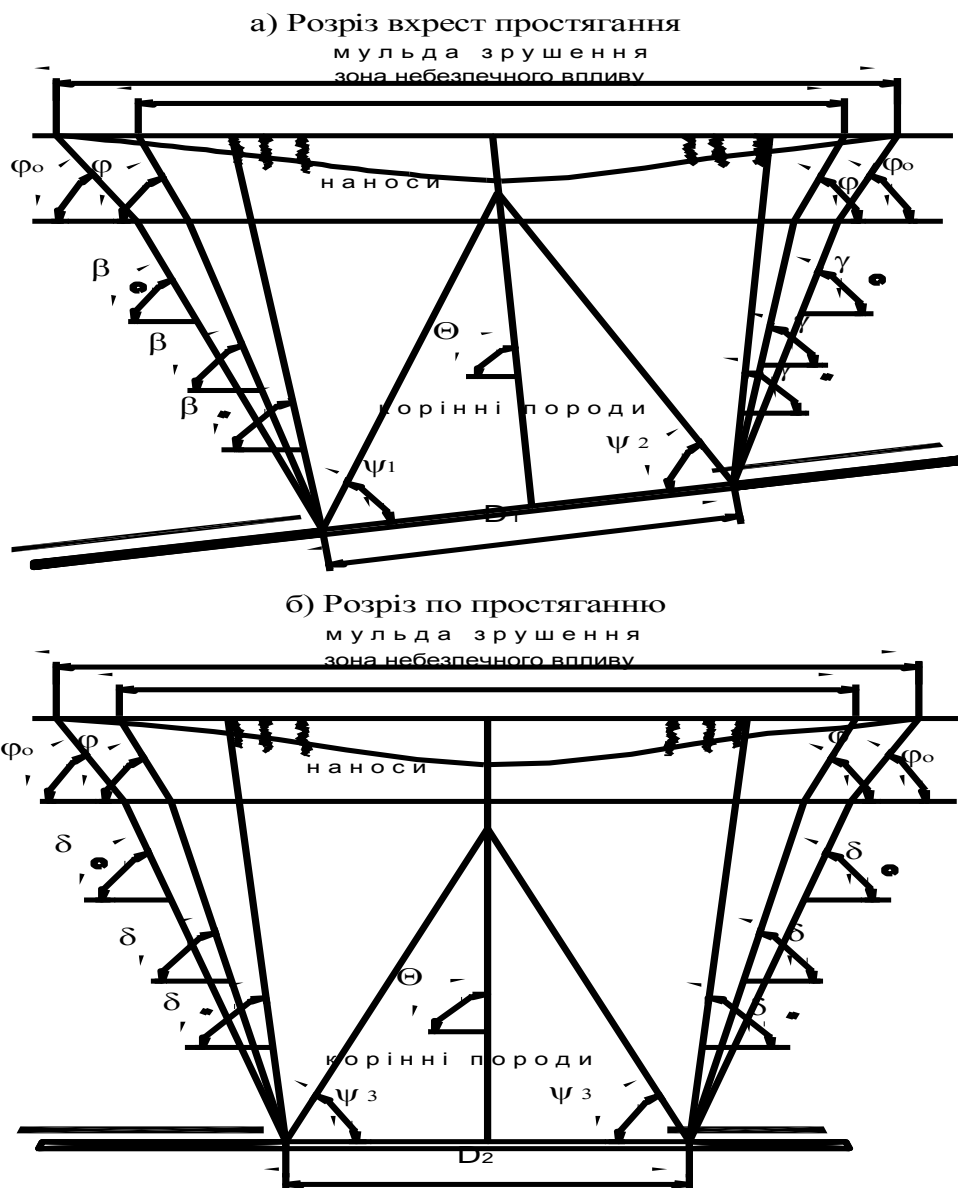


Рис. 36. Кутіві параметри зрушення при неповній підробці (пологе залягання)

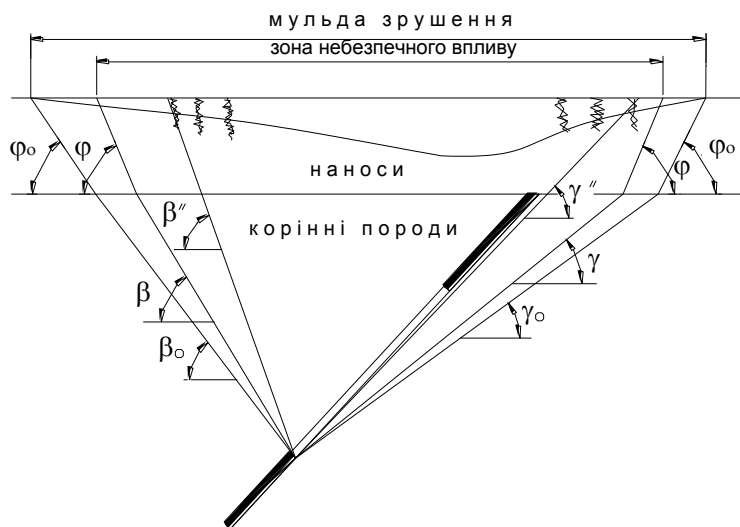


Рис. 37. Кутіві параметри зрушення на вертикальному розрізі ухрест простягання (круте залягання)

18.3. Практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні

Граничні кути використовують при визначенні розмірів мульди зрушення земної поверхні та при побудові охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи.

Кути зрушення використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під будівлі, споруди і природні об'єкти.

Кути розривів використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під водні об'єкти, лісонасадження.

Кути повних зрушень використовують при визначенні довжин напівмульд при повній підробці земної поверхні та при визначенні розмірів плоского дна.

Кути максимального осідання використовують при визначенні довжин напівмульд при неповній підробці земної поверхні.

Параметри, що отримані за результатами натурних інструментальних маркшейдерських вимірювань на спостережних станціях, відіграють важливу роль, оскільки є найбільш вірогідними даними при складанні загальної характеристики процесу зрушення земної поверхні у реальних умовах. При цьому на спостережних станціях отримують такі параметри зрушення земної поверхні:

- відносне максимальне осідання q_0 ;
- відносне максимальне горизонтальне зрушення a_0 ;
- максимальний нахил i_0 ;
- максимальна кривизна k_0 ;
- максимальна горизонтальна деформація ε_0 ;
- максимальне горизонтальне зрушення ξ_0 ;
- швидкість осідання земної поверхні V_0 ;
- кути зрушення $\varphi, \beta, \beta_1, \gamma, \delta$;
- граничні кути $\varphi_0, \beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0$;
- кути розривів $\beta'', \gamma'', \delta'', \beta_1''$.
- кути повних зрушень ψ_1, ψ_2, ψ_3 ;
- кути максимального осідання θ ;
- загальна тривалість процесу зрушення T та періоду небезпечних деформацій t .

Перелічені параметри процесу зрушення використовують для удосконалення методик розрахунку і прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні, при розробці ефективних заходів з охорони споруд, будівель і природних об'єктів на підроблюваних територіях.

Основним маркшейдерським документом, що регламентує питання охорони підроблюваних об'єктів, прогнозування величин зрушень і деформацій земної поверхні, будівель і споруд під впливом підземної розробки вугільних родовищ є Правила підробки [7].

Вони базуються на величезній кількості маркшейдерських інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні, досвіді

проведення очисних робіт в різноманітних гірничо-геологічних умовах із використанням різних технологій під різноманітними спорудами і об'єктами.

18.4. Методи вивчення процесу зрушення гірських порід і земної поверхні

Зрушення гірських порід і земної поверхні вивчається практично на усіх родовищах корисних копалин. При цьому використовуються різні *методи вивчення* цього складного техногенного явища, а саме

1. Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження.
2. Лабораторні дослідження.
3. Теоретичні дослідження.

Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження проводять на спостережних станціях, які представляють собою систему реперів, закладених на земній поверхні (у ґрунті і спорудах), в товщі гірських порід і в гірничих виробках. Місця закладки реперів спостережної станції і методика проведення інструментальних спостережень вибирають у залежності від мети досліджень і завдань, які при цьому вирішуються.

Дані натурних інструментальних спостережень дозволяють отримати детальну достовірну характеристику процесу зрушення та його окремих параметрів у конкретних гірничо-геологічних умовах. Це є головним *достоїнством* методу.

Недоліками методу натурних інструментальних спостережень є важкість і складність вивчення окремих питань, пов'язаних із інтерпретацією результатів спостережень, ув'язкою їх із геомеханічними процесами у підроблюваному масиві; обмеженість використання результатів досліджень конкретними умовами їх отримання; трудомісткість, громіздкість і значна тривалість спостережень (до декількох років і більше на одній спостережній станції).

Лабораторні дослідження полягають у моделюванні очисної виробки, товщі гірських порід і процесу їх зрушення. Для створення моделей використовують гіпсо-піщано-глиняні суміші з різними добавками. Властивості сумішей вибирають еквівалентно масштабу моделі, тому саме моделювання називають *моделюванням з еквівалентних матеріалів*.

Зрушення точок „підроблених” порід моделі фіксують за допомогою спеціальних високоточних приладів і пристроїв. У результаті отримують загальну якісну картину зрушення усієї товщі, вектори зрушення окремих точок та їх відносні величини.

Достоїнства моделювання з еквівалентних матеріалів – це значно менша тривалість і трудомісткість у порівнянні із проведенням натурних інструментальних маркшейдерських спостережень; наочність отриманих результатів (якісні показники), можливість широкого, практично безмежного, варіювання гірничо-геологічними параметрами та умовами.

Недоліками є складність у підборі матеріалів моделі і, як наслідок, відсутність подібності моделі й природи; недостатня точність отриманих результатів (кількісних показників).

Теоретичні дослідження мають на меті розробку теорії зрушення

гірських порід, яка була б заснована на фізико-механічних властивостях реального масиву з урахуванням усіх гірничо-геологічних факторів. Ці дослідження проводять за двома напрямками:

- отримання аналітичних залежностей між гірничо-геологічними умовами і числовими величинами зрушень і деформацій;
- розробка методик розрахунків зрушень і деформацій земної поверхні на основі встановлених залежностей і закономірностей.

18.5. Методика інструментальних спостережень на станції. Прилади і інструменти

Після проведення робіт з планової та висотної прив'язки станції виконують первинне інструментальне спостереження, яке включає повну серію спостережень: нівелювання усіх реперів спостережної станції і вимірювання усіх відстаней між реперами за профільними лініями. Слід зауважити, що первинне нівелювання реперів за профільними лініями виконують двічі – у прямому і зворотному напрямках. Нівелірні ходи повинні бути замкненими, з допустимою нев'язкою $\Delta h = \pm 15 \text{ мм} \sqrt{L}$, де L – довжина нівелірного ходу, км. За остаточну відмітку репера станції приймають середнє значення із двох ходів.

Для нівелювання використовують нівеліри типу НЗ, відстань від нівеліра до зв'язуючих реперів не повинна перевищувати 70 м, а різниця плечей між зв'язуючими реперами ± 2 м.

Вимірювання відстаней між реперами виконують світлодалекомірами або сталевими компарованими 30...50-метровими рулетками з динамометром, який забезпечує постійний натяг стрічки 10 кг. Під час вимірювань визначають і фіксують температуру повітря з точністю до 1 градуса.

Розбіжність горизонтальних відстаней між крайніми реперами профільних ліній у прямому і зворотному ходах допускається до 1:10000 довжини профільної лінії. За остаточні значення вимірювання довжин приймають довжини, що отримані як середнє з двох незалежних серій спостережень.

Нормативні документи вимагають по можливості у стислі терміни проводити вимірювання на станції – до 5 днів.

Такі високі вимоги до результатів первинного інструментального спостереження зумовлені тим, що у подальшому вони використовуються як вихідні дані для отримання повної характеристики процесу зрушення земної поверхні (кутові параметри, величини зрушень і деформацій і т.і.) на спостережній станції.

Терміни проведення спостережень встановлюють у залежності від вирішуваних завдань. У випадку отримання лише кінцевих параметрів зрушення та характеру розподілу їх у мульдї зрушення достатньо провести, окрім початкового, ще два спостереження.

Якщо необхідно отримати дані про розвиток процесу зрушення, то окрім початкової та кінцевої серій спостережень, додатково проводять не менше чотирьох проміжних серій спостережень.

Для вивчення процесу зрушення у часі (отримання динамічних параметрів зрушення) можуть призначатися частотні спостереження на станції. При цьому частота спостережень залежить від гірничо-геологічних умов підробки спостережної станції і складає від 1...2 до 10...15 днів.

У процесі підробки спостережної станції при проведенні чергового спостереження маркшейдер уважно обстежує підроблювану ділянку, фіксує та знімає тріщини, які утворились на земній поверхні під впливом гірничих робіт, вказує час їх появи та величину розкриття.

Одночасно із інструментальними спостереженнями необхідно поповнювати плани гірничих виробок на дату кожного спостереження. На план наносять усі виробки, які можуть впливати на репери спостережної станції, залишені цілики, розташування старих виробок, уточнюють кут падіння і вийману потужність пласта, наводять дані про якість закладки реперів.

Після закінчення процесу зрушення проводять заключні спостереження, які включають і повторну прив'язку опорних реперів профільних ліній до вихідних реперів (з метою перевірки їх непорушності протягом усього періоду спостережень).

Результати інструментальних вимірювань на спостережній станції записують у спеціальні польові журнали. Після закінченні кожної серії вимірювань матеріали спостережень повинні бути аналітично і графічно оброблені.

Аналітична обробка умовно може бути поділена на два етапи:

- первинна математична обробка матеріалів польових спостережень;
- остаточна математична обробка результатів вимірювань.

Первинна математична обробка матеріалів польових спостережень включає перевірку польових журналів, обчислення висотних відміток всіх реперів спостережної станції, камеральна обробка горизонтальних відстаней (із введенням усіх поправок) між реперами профільних ліній і координат X і Y опорних реперів (у початковій серії спостережень).

Обчислення перевищень між реперами і висотних відміток реперів виконують безпосередньо у польових журналах нівелювання. Зрівнювання нівелірних ходів виконують у спеціальному журналі методом наближень або методом полігонів.

Висотні відмітки реперів після обробки кожної серії спостережень виписують у відомість осідань реперів.

Горизонтальні відстані d між реперами профільних ліній обчислюють у спеціальному журналі з урахуванням відповідних поправок.

§ 19. Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд

Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд і вибір мір охорони для них оснований на порівнянні розрахункових деформацій земної поверхні з допустимими та граничними деформаціями (показниками сумарних деформацій) для об'єктів [7].

Допустимими деформаціями земної поверхні прийнято вважати деформації, які спроможні визвати в спорудах порушення, при яких після поточних ремонтних і налаштовувальних робіт вони зможуть експлуатуватися за своїм прямим призначенням.

У кожного об'єкта, в залежності від його призначення та геометричних параметрів, виділені найбільш впливові деформації для порівняння їх з допустимими (наприклад, для високих об'єктів – нахили та кривизна, для довгих – горизонтальні деформації).

Для визначення умов безпечної підробки споруди окремим пластом використовують *безпечну глибину розробки*, нижче якої гірничі роботи не викликають у спорудах деформацій вище допустимих. На горизонтах, що розташовані нижче безпечної глибини, роботи можуть проводитись без застосування мір охорони. У залежності від того, які деформації для споруди є найбільш небезпечними, безпечну глибину розраховують за наступними формулами:

– якщо у якості допустимих прийняті горизонтальні деформації

$$H_{\delta} = \frac{m}{k_{\varepsilon}} [\varepsilon_{\delta}],$$

– якщо у якості допустимих прийняті нахили

$$H_{\delta} = \frac{m}{k_i} [i_{\delta}],$$

де m – потужність пласта, $[\varepsilon_{\delta}]$, $[i_{\delta}]$ – показники допустимих горизонтальних деформацій та нахилів, k_{ε} , k_i – коефіцієнти, які визначають у залежності від району ведення гірничих робіт та кута падіння пласта.

Для підроблюваних цивільних будівель найбільш небезпечними є горизонтальні деформації земної поверхні.

При проведенні гірничих робіт вище безпечної глибини слід визначати розрахункові деформації та шляхом порівняння їх із допустимими визначати варіанти сумісного чи роздільного застосування гірничих чи конструктивних мір охорони. При підробці споруди декількома пластами визначення умов безпечної розробки за допомогою безпечної глибини може виконуватись тільки для пласта, який розробляється першим. При підробці споруди іншим та наступним пластами безпечні умови підробки визначають порівнянням допустимих деформацій (показника сумарних деформацій) з розрахунковими або вірогідними залежно від наявності плану відпрацювання пласта [7].

Для визначення умов безпечної підробки споруди слід розрахувати безпечну глибину розробки H_{δ} та проаналізувати, на яких ділянках пласта можна вести роботи без застосування мір охорони, а де їх вживання буде обов'язковим (рис. 38).

Таким чином, можна навести послідовну схему визначення мір охорони для споруд, що підлягають підробці (рис. 39).

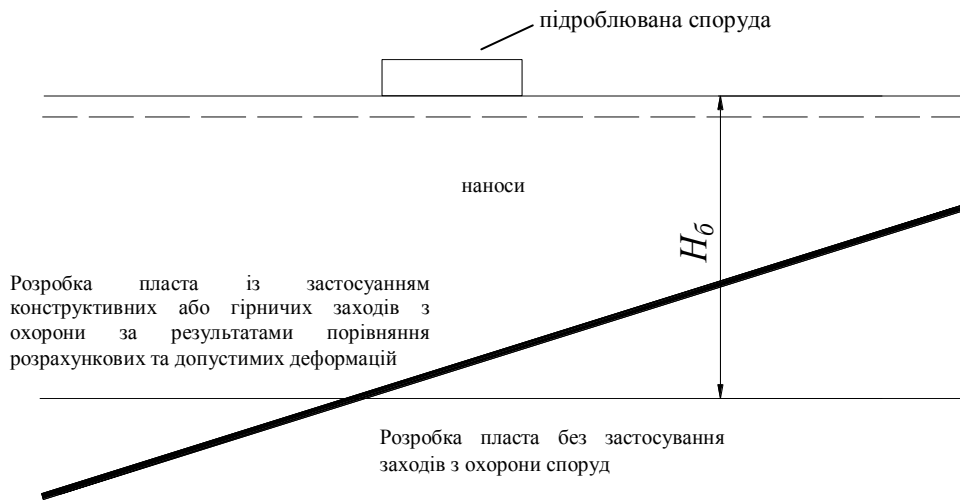


Рис. 38. Використання безпечної глибини при визначенні умов безпечної підробки споруди

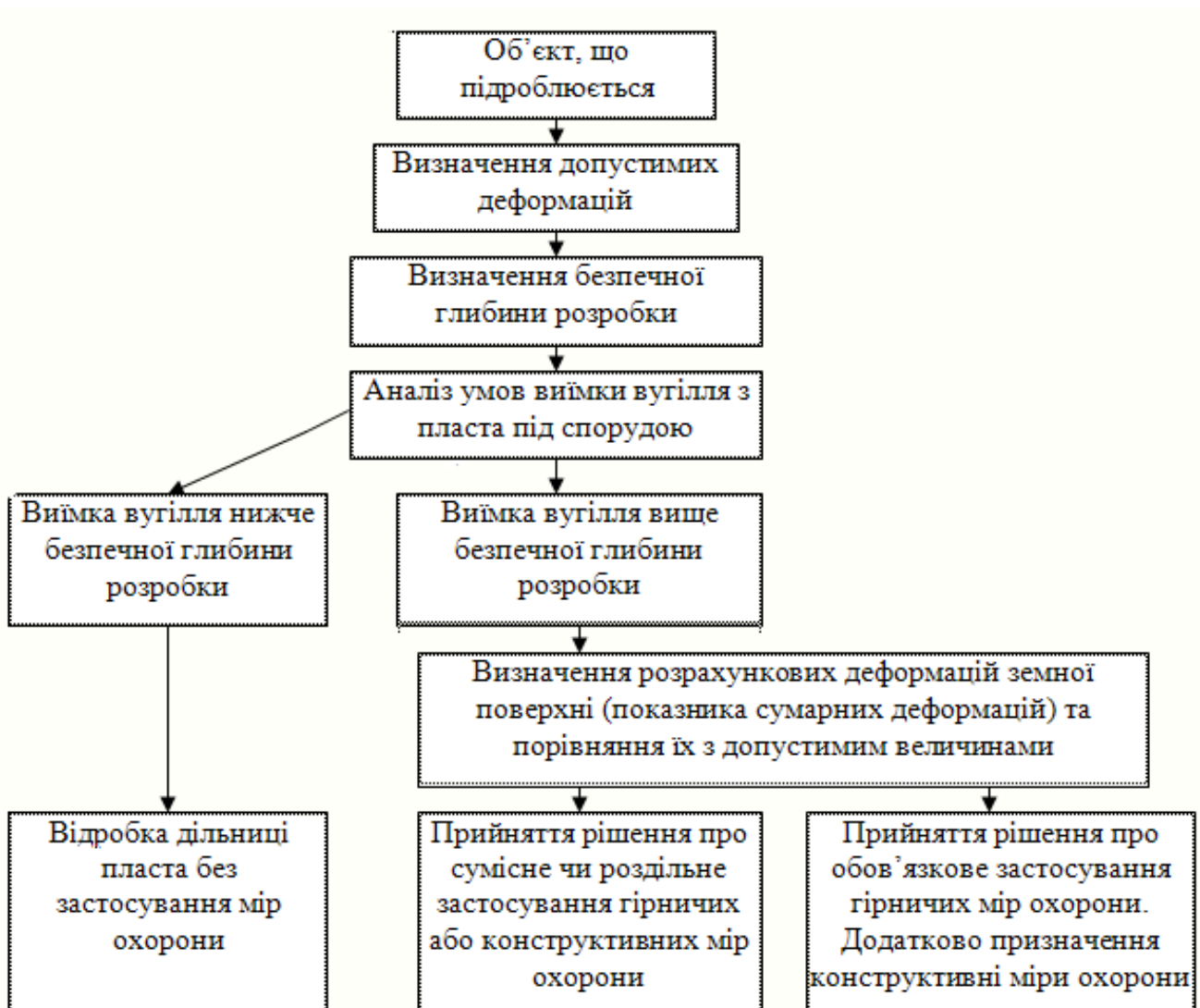


Рис. 39. Схема до визначення мір охорони споруд, що підроблюються

19.1. Заходи з охорони споруд та об'єктів при підробках

Існують наступні заходи з охорони споруд та об'єктів:

- а) гірничі заходи охорони;
- б) конструктивні заходи охорони;
- в) тимчасова зміна характеру експлуатації підроблюваного об'єкта на період виникнення небезпечних деформацій;
- г) залишення охоронних ціликів.

До гірничих заходів з охорони відносять такі:

- використання закладки виробленого простору породою або спеціальною закладальною сумішшю;
- часткова виїмка вугілля за площею (рис. 40,а) чи потужністю;

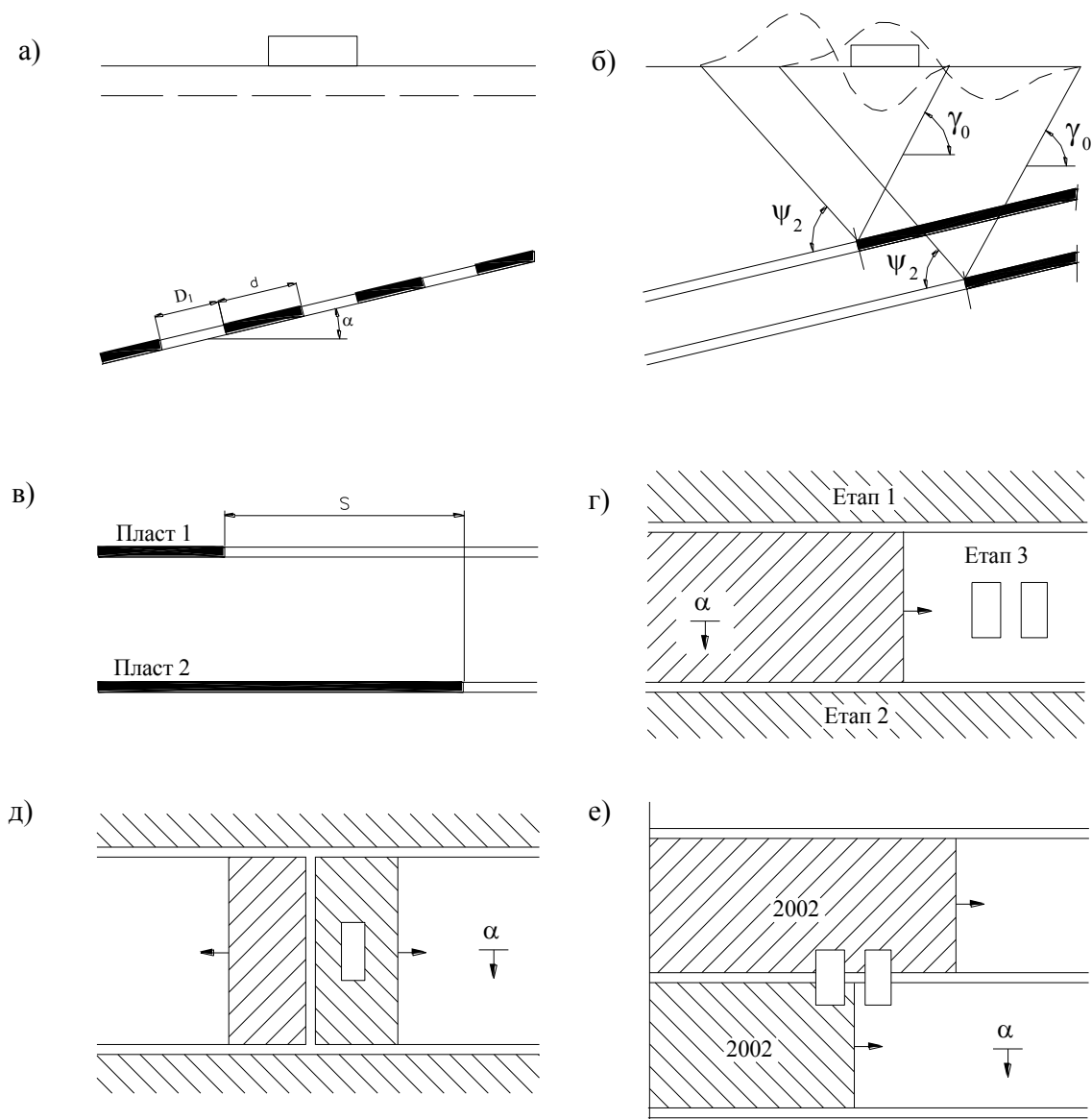


Рис. 40. Ілюстрація до гірничих заходів охорони споруд

- виїмка, яка виключає сумування деформацій (гармонічна відробка свит пластів) (рис. 40,б);

- розробка вугільних пластів з розривом у часі більше загальної тривалості процесу зрушення від одного пласта (рис. 40,в);
- відробка вугільного пласта у декілька етапів (рис. 40,з);
- відробка вугільного пласта вибоями, що розходяться (рис. 40,д);
- відробка вугільного пласта суміжними вибоями, які рухаються з заданим випередженням (рис. 40,е);
- розташування гірничих виробок, при якому об'єкт, що охороняється, буде попадати в плоске дно мульди зрушення.

Ефективність вищевказаних гірничих заходів з охорони різна і залежить насамперед від гірничо-геологічних умов підробки об'єктів. Так, наприклад, використання такої міри, як закладка виробленого простору породою та спеціальною закладальною сумішшю значно зменшує величини зрушень і деформацій земної поверхні.

Вибір заходів охорони споруд та об'єктів при розробках вугільних пластів регламентується Правилами підробки [7]. При цьому гірничі заходи з охорони застосовують для зменшення деформацій земної поверхні. У складеному проекті виконують розрахунок очікуваних деформацій, знаходять коефіцієнт зменшення деформацій, який дорівнює відношенню величин допустимих деформацій для об'єкта до максимальних. Після цього вибирають раціональний спосіб вилучення вугілля в зоні впливу на охоронний об'єкт.

До конструктивних заходів з охорони відносять наступні:

- розділення будівель деформаційними швами на окремі відсіки;
- підсилення підроблюваного об'єкта металевими тяжами та залізобетонними поясами;
- випрямлення наземної частини будівлі за допомогою домкратів;
- збільшення кількості опор міжповерхових перекриттів;
- обладнання трубопроводів компенсаторами;
- підсипка залізничного полотна та ін.

Використання третього способу заходів з охорони – тимчасової зміни характеру експлуатації об'єкта можливо у випадках, коли заздалегідь плануються ремонтні роботи, що передбачають тимчасове припинення експлуатації об'єкта або часткове обмеження деяких елементів роботи, наприклад, обмеження швидкості руху поїздів тощо.

Залишення охоронних ціликів передбачене у випадках, коли інші заходи з охорони неефективні (не можуть гарантувати нормальну експлуатацію об'єкта) або є економічно недоцільними.

19.2. Основні правила побудови охоронних ціликів

Питання про залишення під об'єктом (цивільні будівлі та споруди, промислові об'єкти) охоронного цілика вирішують на основі техніко-економічних розрахунків. Виключенням є вертикальні шахтні стволи разом з копрами та будівлями підймальних машин, які у всіх випадках обов'язково охороняють охоронними ціликами без урахування безпечних глибин розробки.

Відомі наступні способи побудови охоронних ціликів:

- спосіб вертикальних розрізів;
- спосіб перпендикулярів;
- спосіб проєкцій з числовими відмітками.

Останній спосіб не отримав поширення, оскільки має ряд істотних недоліків. На практиці цей спосіб зараз практично не застосовують.

Межі охоронних ціликів будують відносно меж охоронної площі, у яку входить сам об'єкт (охоронний контур), та берма (розмір, на який збільшується контур з розташованим об'єктом).

Відповідно до Правил підробки [7] величину берми для вертикальних шахтних стволів приймають рівною 20 м. Для усіх інших об'єктів ширину берми визначають у залежності від допустимих деформацій.

Для споруд та об'єктів обмежених розмірів побудову найбільш зручно виконувати способом вертикальних розрізів. Це можуть бути такі об'єкти, як окремі цивільні та промислові будівлі, групи будівель, вертикальні шахтні стволи разом з надшахтними будівлями тощо.

Для витягнутих об'єктів зручно користуватися при побудовах способом перпендикулярів. Витягнутими вважаються ті об'єкти, у яких відношення довгої сторони до короткої дорівнює або більше 5 (наприклад, залізниці, трубопроводи, канали) окремі будівлі, споруди тощо.

Спосіб вертикальних розрізів. Межі охоронної та межі окремої будівлі визначають таким чином. На плані навколо об'єкта, що охороняється, через кутові точки проводять лінії, які паралельні напрямкам простягання та падіння вугільного пласта до взаємного їх перетину. Потім в отриманому прямокутнику в усі боки відкладають ширину берми (рис. 41) з урахуванням допустимих деформацій [7]. Таким чином визначають розміри охоронної площі $ABCD$. Після цього переносять сторони AB , BC , CD та AD охоронної площі на вертикальні розрізи (за падінням та за простяганням пласта), з точок A , B , C , D на розрізах проводять лінії під відповідними кутами зрушення до перетину з площиною пласта. На розрізах у відповідності з вимогами Правил підробки [7] знаходять розміри охоронних ціликів, які у подальшому переносять на план.

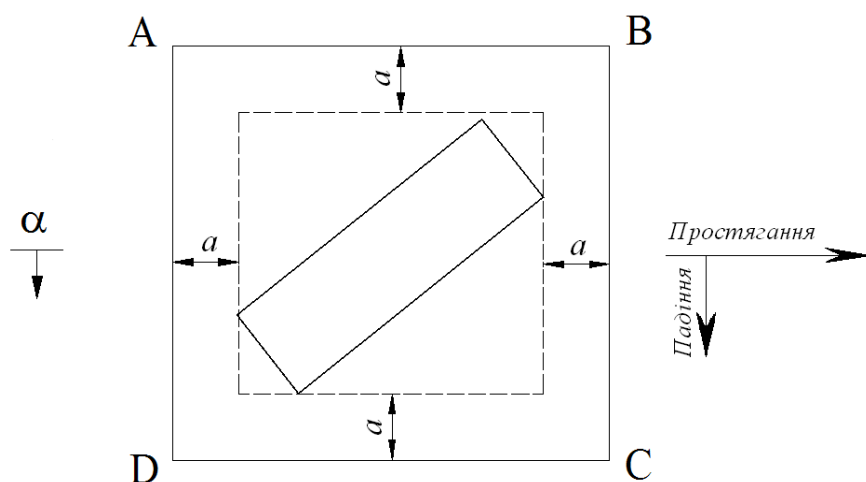


Рис. 41. Визначення охоронної площі на плані для побудови охоронного цілика під окрему будівлю: a – розмір берми; $ABCD$ – охоронна площа

Розміри охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи визначають за граничними кутами та кутами зрушення у відповідності з методикою [7].

Межі охоронних ціликів під лісові насадження, породні відвали, що не вигоріли, та кладовища будують по кутах розрізів.

Числові значення кутових параметрів процесу зрушення у залежності від вугільних басейнів наведені у Правилах підробки [7].

Спосіб перпендикулярів застосовують при побудові охоронних ціликів під витягнуті об'єкти великої протяжності у випадках, коли вісь об'єкта розташована діагонально по відношенню до простягання та падіння пласта.

Для побудови охоронного цілика таким способом необхідно визначити значення кутів β' та γ' за формулами Правил підробки [7].

За формулами Правил підробки [7] визначають довжини перпендикулярів q та l , які відкладають у характерних точках перпендикулярно до охоронної площі. При цьому q – довжина перпендикуляра у бік підняття пласта, а l – довжина перпендикуляра у бік падіння пласта.

Примітка. Характерними точками витягнутих об'єктів при побудові охоронних ціликів є:

- початкові та кінцеві точки прямолінійної ділянки;
- початкові та кінцеві точки на ділянці заокруглення (якщо точка має місце);
- точки, розташовані на середині заокруглення.

Після побудови охоронного цілика визначають запаси вугілля по пласту у цілику, які у подальшому відносять до загальношахтних втрат.

19.3. Побудова цілика для охорони цивільної будівлі

Для будинків і споруд границю охоронної площі визначають на плані наступним чином: навколо об'єкту, що охороняється, через його кутові точки будують прямокутник, сторони якого орієнтують за простяганням і ук্রেсть простягання пласта (рис. 42). Паралельно сторонам прямокутника на відстані, що дорівнює бермі, проводять лінії до їхнього взаємного перетину. Територія, що обмежується відбудованими лініями, є охоронною площею.

Межі охоронного цілика для будинків і споруд визначають за допомогою кутів зрушення.

Якщо нижня межа цілика, що побудована по куту зрушення γ , розташована нижче горизонту безпечної глибини, то за нижню межу цілика приймають горизонт безпечної глибини. Послідовність побудови охоронного цілика можна розглянути на конкретному прикладі.

Завдання. Побудувати охоронний цілик під житловим 5-поверховим будинком в умовах однієї із шахт Центрального Донбасу.

Порядок виконання роботи.

1. Визначають кути зрушення β , γ , δ і φ для умов розробки пласта l_7 за Правилами підробки [7].
2. Визначають ширину берми відповідно до Правил підробки [7] і будують на плані будівлі контур охоронної площі.

3. Будують вертикальні розрізи за напрямками простягання і вкрест простягання пласта.
4. Будують на розрізах за кутами зрушення лінії, які обмежують контури охоронного цілика в масиві.
5. Визначають контури охоронного цілика в площині пласта на розрізах з урахуванням безпечної глибини H_δ і особливостей побудови цілика нижче горизонту H_r [7]), де H_r – горизонт, до якого побудову цілика на розрізі за простяганням виконують за кутами зрушення δ , а далі – по вертикалі, до перетину із проекцією нижньої границі цілика.
6. Переносять границі охоронного цілика з вертикальних розрізів на план .

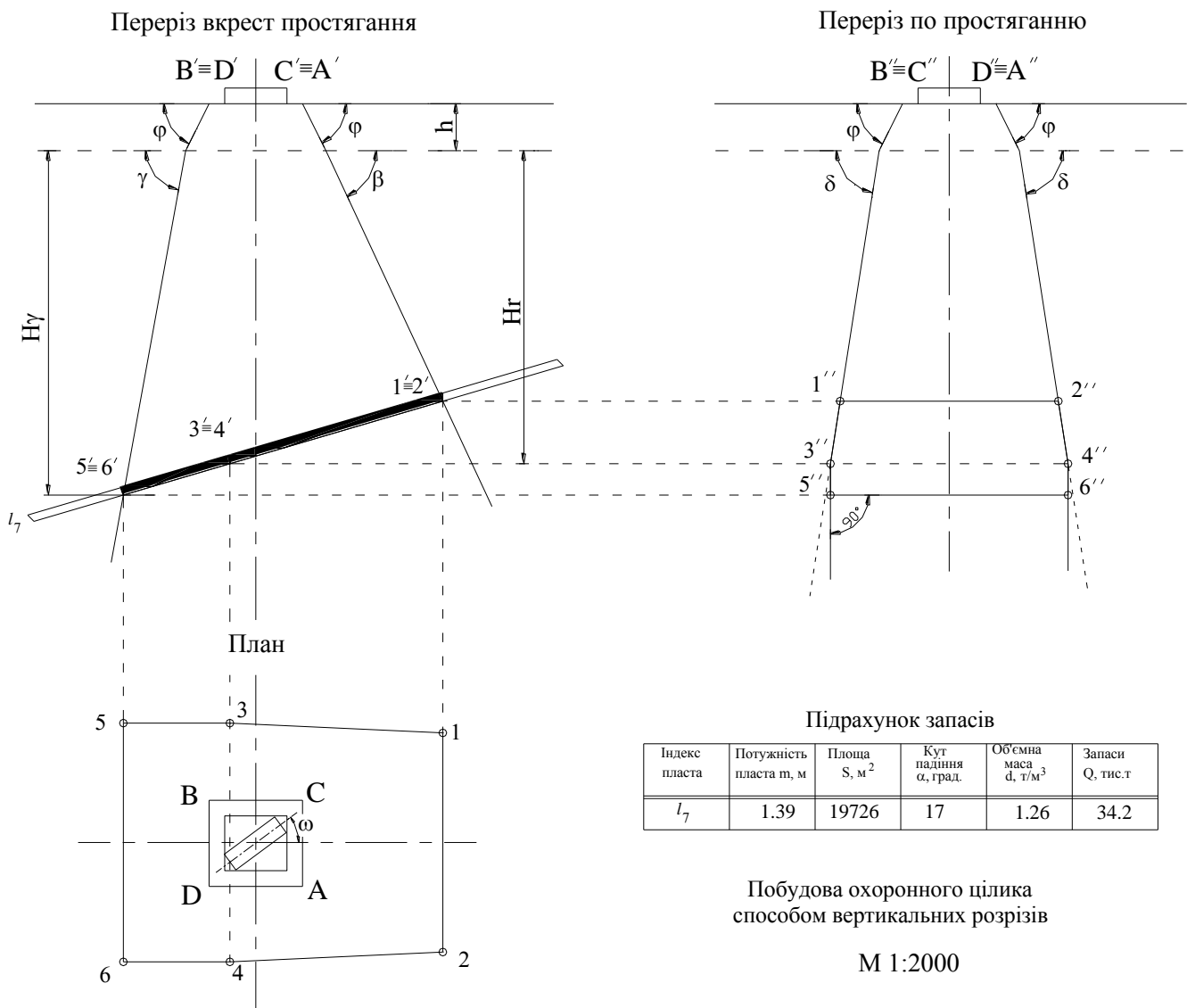


Рис. 42. Приклад побудови охоронного цілика для охорони окремої будівлі

§20. Зрушення гірських порід при відкритому способі розробки родовищ

При відкритому способі розробки родовищ процес зрушення гірських порід проявляється інакше, ніж при підземному. Найявніші відкритої поверхні

відкосу борту або уступу кар'єру створює сприятливі умови для безперешкодливого зрушення порід у бік виробленого простору, яке нерідко проявляється в вигляді різноманітних видів порушення стійкості уступів, бортів та відвалів.

Глибина багатьох кар'єрів у теперішній час вже досягла декілька сотень метрів. Висота відвалів розкривних порід іноді досягає 200 м і більше.

У зв'язку з цим питання стійкості відкосів бортів і відвалів відносяться до числа найбільш актуальних для відкритих розробок, так як з ними пов'язано проведення заходів по забезпеченню безпеки проведення гірничих робіт і підвищення техніко-економічних показників гірничого підприємства. Зокрема збільшення загального кута нахилу борта всього лише на 1° при глибині кар'єру 300 м призведе до скорочення об'єму розкриття на 3 млн.м³ на кожний кілометр простягання борта.

Розрахунок кута відкосу борту, який забезпечує його стійкість при проектуванні кар'єрів, базується на приблизних фактичних вихідних даних.

В процесі експлуатації родовища уточнюються багаточисленні фактори, які впливають на стійкість відкосів.

Для попередження можливих порушень стійкості відкосів маркшейдери проводять систематичні інструментальні спостереження. Це дає змогу встановити причини і характер порушення стійкості відкосів.

На карерах розрізняють такі основні види порушення стійкості уступів, бортів і відвалів.

Осипи – це скочування окремих кусків і брил до підніжжя відкосу. Вони характерні для всіх видів гірничих порід, порушують приповерхневу частину крутих відкосів і формуються на протязі декількох років під впливом ослаблення і вивітрювання порід на поверхні відкосу.

Обрушення – (обвалення) зачіпляють значну частину масиву гірничих порід і виникають при кутах відкосів бортів і відвалів, що перевищують $25...35^\circ$ і при нахилу ослаблення шарів і диз'юнктивних порушень у бік виїмки під кутом більше $25...35^\circ$. Активна стадія обрушень протікає фактично миттєво, тому вони дуже небезпечні для людей і механізмів, які працюють на нижчележачих уступах.

Зсуви – це повільне зміщення породних мас по похилій поверхні. Вони є найбільш розповсюдженим видом порушення стійкості бортів і відвалів. Зсуви виникають з багатьох причин, наприклад, при підтіканні ґрунтових вод до відкосу, при наявності шарів пластичних глин і напірних вод, при обводненому підґрунті і слабких породах у відвалах, при невідповідності кута відкосу і його висоти тощо. Активна стадія зсувів протікає протягом значного часу (від декількох годин до декількох місяців), залучаючи до руху від сотень до мільйонів кубічних метрів породної маси.

Осідання (просадки) – це вертикальне опускання верхніх ділянок розпушених породних мас без утворення суцільної поверхні ковзання. Вони виникають в результаті ущільнення відвальних порід, їх зволоження атмосферними опадами і консолідації.

Просадки – це найбільш безпечний вид порушення стійкості відкосів.

Опливини – характеризують переміщення у вигляді потоку насичених водою до текучого стану піщано-глиняних порід порушеної структури (пилюватих пісків і глин). Вони охоплюють значні об'єми порід, розвиваються інтенсивно, часто набуваючи катастрофічного характеру.

Таким чином, основними факторами, що сприяють розвитку деформацій відкосів на кар'єрах, є наступні:

- 1) наявність поверхонь послаблення – тектонічних порушень, слабких контактів між шарами тощо;
- 2) обводнення порід і слабке їх дронування;
- 3) інтенсивна тріщинуватість масиву;
- 4) наявність прошарків зволжених глиняних порід.

Основними причинами розвитку деформації відкосів є:

- 1) невідповідність кутів, окреслення і висот відкосів даним геологічним умовам, тобто невірний розрахунок кута відкосу;
- 2) відсутність або неефективність дренажу;
- 3) неправильне проведення гірничих робіт (масові вибухи поблизу борту кар'єру і черговість відробки ділянок).

Методи розрахунку параметрів уступів засновані на використанні характеристики міцності порід, їх опірності зсуву (кут внутрішнього тертя і сила щеплення). Ці характеристики визначають лабораторним шляхом на зразках порід, які складають досліджувану товщу.

Інструментальні маркшейдерські спостереження за зрушенням відкосів дозволяють визначити ранню стадію виникнення зсувів і прийняти відповідні заходи: Визначають кількісні показники розвитку деформацій на окремих ділянках, встановити характер зсувового процесу і показники опору на зсув для усього масиву гірських порід.

Питання для самоперевірки

1. Що називають гірничим відводом ?
2. Що називають головними осями вертикального ствола шахти ?
3. Що називають головними осями похилого ствола шахти ?
4. Що називають мульдою зрушення ?
5. Які зрушення і деформації земної поверхні при відробках ?
7. Що називають повною відробкою земної поверхні ?
8. Що називають неповною відробкою земної поверхні ?
9. Яке практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні ?

В результаті вивчення матеріалу розділу і виконання відповідних лабораторних і розрахунково-графічних робіт студент має вміти визначати заходи з охорони відроблюваних споруд на стадії проектування гірничого підприємства і опанувати певними навичками з побудови охоронних ціликів для охорони будівель на земній поверхні.