

Міністерство освіти України  
КРИВОРІЗЬКИЙ ГІРНИЧОРУДНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ШОЛОХ Микола Васильович

УДК 622.142.5:622.271.001.5

ОПТИМІЗАЦІЯ ГОТОВИХ ДЛЯ ВИЙМАННЯ ЗАПАСІВ З  
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Спеціальність 05.15.03 - "Відкрита розробка родовищ корисних  
копалин"

05.15.01 - "Маркшейдерія та геометрія надр"

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук



00777916 (.)

Дисертація є рукописною роботою.  
Робота виконана в Криворізькому гірничорудному інституті.

Наукові керівники

доктор технічних наук, професор Вілкул Ю.Г.  
кандидат технічних наук, доцент Темченко А.Г.

Офіційні опоненти

доктор технічних наук, професор Федоренко П.Й.  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Ковальчук В.А.

Провідна організація – Державний інститут по проектуванню підприємств гірничорудної промисловості "Кривбаспроект".

Захист дисертації "30" березня 1995 р. в 13<sup>00</sup> год.  
на засіданні спеціалізованої Ради Д.16.01.03 при Криворізькому гірничорудному інституті за адресою: 324027, м. Кривий Ріг, вул. ХХІ партз'їзду, ІІ.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту за адресою: 324002, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.

Автореферат розісланий "28" лютого 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої Ради,  
канд.техн.наук,  
професор

Г.Т. Фаустов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Розвиток сировинної бази металургії можливий при подальшій інтенсифікації гірничого виробництва, комплексному освоєнню родовищ корисних копалин, не допускаючи їхніх втрат під час видобутку і переробки. Сучасні гірничозбагачувальні підприємства є досить складними системами, які характеризуються використанням потужного устаткування з врахуванням того, що роботу доводиться вести в досить складних гірничо-геологічних умовах, формуванням якості корисних копалин під час їхнього видобутку, комплексним використанням мінеральної сировини, створенням АСК, здійсненням заходів для охорони надр, навколишнього середовища і природи.

Обов'язковою умовою успішної реалізації цих питань є оперативна і об'єктивна інформація про гірничо-геологічні умови розробки родовищ. Ця умова визначає необхідність створення графо-аналітичних моделей родовищ, які висвітлюють характерні особливості просторового розміщення цілого ряду їх властивостей. Для залізорудних кар'єрів коливання якісного складу видобутої руди залежить в основному від зміни вмісту усереднюючих компонентів в рудному масиві, через що створення запасів видобутої руди потрібної кількості і якості на основі геометризації якості руди є актуальною науковою задачею.

Розв'язанню проблем розвитку гірничих комбінатів в зв'язку з комплексним врахуванням геологічних, гірничотехнічних і економічних факторів з використанням ЕОМ для проектування і розробки родовищ присвячені роботи О.І. Арсент'єва, Ю.П. Астаф'єва, В.Г. Блізнюкова, В.Ф. Бизова, Б.І. Іванова, А.І. Коваленка, Г.Г. Ломоносова, М.В. Мельникова, О.М. Михайлова, М.Г. Новожилова, М.Є. Певзнєра, В.В. Ржевського, Б.А. Сімкіна, Б.Н. Тартаковського, П.І. Полякова, К.Н. Трубецького, Г.А. Холоднякова, В.С. Хохрякова, В.О. Щелканова та ін.

Істотний внесок в розробку теоретичних основ і методів геометризації родовищ внесли П.П. Бастан, В.О. Букринський, Г.І. Вілесов, В.М. Гудков, Д.А. Козаковський, В.І. Кузьмін, П.І. Кудряшов, А.А. Машанов, В.Ф. Мягков, А.І. Осєцький, В.І. Раєвський, П.А. Рижов, А.Л. Трофімов, І.М. Ушаков, І.В. Францький, П.А. Шехтман та ін.

Дисертаційна робота виконана в рамках тематичного плану науково-дослідних робіт Криворізького гірничорудного інституту

з комплексно-цільової програми "Руда", по проблемі "Д", затвердженій Постановою Держкомітету з науки і техніки Ради Міністрів СРСР № 423 від 28.12.1978 р. по темах: Г-22-76 "Застосування найновіших способів та інструментів для виконання інженерно-геодезичних і маркшейдерських робіт". Розділ 6. Автоматизоване визначення об'ємів виймальних гірничих робіт на основі матеріалів аерофотозйомки з використанням ЕОЦМ / № держ. реєстрації 76075647 /; Г-109-81 "Дослідження напружено-деформованого стану і деформації земної кори в Криворізькому залізрудному басейні". Розділ 2. Специфіка добування руди відкритим способом / № держ реєстрації 81069546 /; 9-388-81 "Дослідження, розробка і впровадження методів розв'язання на ЕОМ комплексу задач маркшейдерського забезпечення гірничих робіт на кар'єрах Криворізьких ГЗКів", том 2. "Дослідження, розробка і впровадження задач оптимізації готових для виймання запасів руди на кар'єрах" / № держ. реєстрації 81031015 /; 7-370-81 "Дослідження мінливості коефіцієнтів розпушування зірваної маси на кар'єрах /на прикладі ПівденГЗКу/" / № держ. реєстрації 81049931 /; Г-3-86 "Наукові основи діагностики та прогнозування технологічних процесів відкритих гірничих робіт" / № держ. реєстрації 018600778 /.

Метою роботи є розробка методики оптимізації готових для виймання запасів потрібної кількості та якості в складних гірничо-геологічних умовах на основі всебічного дослідження текстурно-структурних особливостей речового складу, закономірностей розподілу і мінливості компонентів природних типів руд та розробка динамічної моделі керування запасами зірваної гірської маси на основі геометризації якості руди з врахуванням обсягів бурових і екскаваторних робіт.

Ідея роботи полягає в імітації руху запасів з врахуванням просторових взаємозв'язків гірничих робіт та мінливості якісної характеристики руд в робочій зоні кар'єру, що дозволяє визначити оптимальний рівень готових для виймання запасів потрібної кількості та якості і підвищення вірогідності оцінок, які використовуються для планування якості залізних руд.

Об'єктом дослідження є кар'єри Криворізького родовища залізистих кварцитів, які характеризуються мінливою якістю руди та різними технологічними властивостями збагачення та комплексного використання її в народному госпо-

дарстві.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язані такі задачі: виконано аналіз фактичного матеріалу з питання, що вивчається; досліджені статистичні закономірності розподілу якості руди в кар'єрі та обґрунтовані розміри готових для виймання запасів зірваної руди для компенсації можливих відхилень її якості від запланованої в інтервалах між вибухами; розроблена точково-блокова динамічна модель керування готовими для виймання запасами зірваної гірської маси, яка враховує просторові геологічні взаємозв'язки якості руди.

**Методика дослідження.** Основою дослідження служить системний підхід до оптимізації готових для виймання запасів зірваної гірської маси, що характеризується взаємозв'язаним врахуванням гірничо-геологічних, технологічних та економічних факторів. Використані сучасні методи математичної статистики, аналітичні та графічні дослідження.

**Основні наукові положення, які захищаються в роботі:**

1. Запаси готових для виймання руд слід визначати з кількісно-якісних потреб переробки на основі геометризації родовища з врахуванням обсягів бурових та екскаваторних робіт.

2. Кількість масових вибухів в умовах нерівномірного проведення гірничих робіт та мінливості корисного компоненту в руді робочої зони кар'єру визначається, виходячи з необхідності створення резервних запасів, які забезпечують видобування руди потрібної кількості та якості.

**Обґрунтованість та вірогідність** наукових положень і висновків дисертаційної роботи підтверджені коректним використанням сучасних методів економічної оцінки ефективності роботи ГЗКів, аналітичними та графічними методами досліджень, техніко-економічним аналізом з врахуванням прийнятої технології робіт; матеріалами впровадження та промисловою перевіркою результатів досліджень.

**Наукове значення** результатів досліджень полягає в тому, що вперше обґрунтовані оптимальні готові для виймання запаси на основі геометризації якості руди і розроблена точково-блокова динамічна модель керування запасами зірваної гірської маси, враховуючи просторові геологічні взаємозв'язки якості руди; розроблена методика врахування і прогнозування

положення фронту робіт для встановлення величини готових для виймання запасів потрібної якості руди; запропоновано критерій оцінки ефективності керування запасами в задачі оптимізації і геометризації їхньої якості.

Практичне значення роботи полягає в тому, що використання знайдених закономірностей, розроблених критеріїв і методів дозволяє в конкретних виробничих умовах встановити оптимальний рівень готових для виймання запасів потрібної якості, забезпечити покращення технологічних показників збагачення та більш раціонально розробляти відкритим способом залізисті кварцити Кривбасу.

Особистий вклад автора полягає у виявленні статистичних та гірничо-геологічних закономірностей в розподілі якісних показників руди в робочій зоні кар'єру та обґрунтуванні розмірів резервних, готових для виймання запасів зірваної руди, для компенсації можливих відхилень її якості від запланованої в інтервалі між вибухами; розробці точково-блокової динамічної моделі керування готовими для виймання запасами, яка враховує просторові геологічні взаємозв'язки якості руди; розробці методики врахування та прогнозування положення фронту гірничих робіт, керуванні готовими для виймання запасами в оптимальному режимі з врахуванням закономірностей розміщення якості руди на основі розробленого критерію економічної ефективності.

Реалізація роботи. Методика оптимізації готових для виймання запасів на основі геометризації якості руди і статистичних закономірностей в розміщенні якісних показників в руді робочої зони кар'єру впроваджена на Інгuleцькому гірничозбагачувальному комбінаті при поточному і перспективному плануванні розвитку гірничих робіт. Річний економічний ефект від користування розробленою методикою складає 141,7 тис.крб. / в цінах 1991 р. /.

Апробація роботи. Результати досліджень доповідались і одержали схвалення на науково-технічних конференціях Криворізького гірничорудного інституту / м. Кривий Ріг, 1980-94 рр. /; на нарадах маркшейдерів Кривбасу МЧМ УРСР / м. Кривий Ріг, 1980-1994 рр. /; на Дні спеціаліста "Передовий досвід роботи по вдосконаленню методики маркшейдерських робіт на гірничих підприємствах" / м. Кривий Ріг, 1981 р. /;

на Республіканській конференції "Комплексне використання мінеральних ресурсів і охорона геологічного середовища в світлі рішень XXVI з'їзду КПРС" / м. Севастополь, 1982 р. /; на республіканській науково-технічній конференції "Вдосконалення сумісної /відкрито-підземної/ розробки рудних родовищ" / м. Кривий Ріг, 1984, 1990 рр. /; на Всесоюзній науково-технічній нараді "Науково-технічні проблеми підвищення ефективності робіт і вдосконалення маркшейдерської служби на гірничих підприємствах країни" / м. Свердловськ, 1984 р. /; на технічних нарадах ІяГЗКу та ПівнічГЗКу / м. Кривий Ріг, 1980-1985 рр. /.

П у б л і к а ц і ї. По темі дисертації опубліковано 19 статей.

О б с я г і с т р у к т у р а р о б о т и. Дисертація-на робота складається з вступу, п'яти глав, висновку, списку літератури з 135 найменувань, додатку. Робота вміщує 142 сторінок тексту, 20 малюнків, 24 таблиць, 7 додатків.

Д е к л а р а ц і я к о н к р е т н о г о о с о б и с - т о г о в н е с к у д и с е р т а н т а у р о з р о б к у н а у к о в и х р е з у л ь т а т і в, щ о в и н о с я т ь - с я н а з а х и с т. Особисто автором розроблена методика визначення запасів зірваної гірничої маси, яка забезпечує рудопотоки на збагачувальну фабрику потрібної якості. Доведена доцільність оптимізації запасів готових до виймання за допомогою імітаційного моделювання чинників, які впливають на продуктивність гірничотранспортного обладнання, на основі геометризації якості руд, що добуваються, із урахуванням розробленого критерію економічної ефективності.

#### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Дослідження проводилися на кар'єрах Криворізьких ГЗКів, на яких залізисті кварцити з вмістом заліза від 20 до 39,5% розробляють відкритим способом і збагачують на збагачувальних фабриках. Кар'єри розробляють окремі ділянки Криворізького басейну, розміщеного в центральній частині Українського щита Руської платформи. В геологічній будові басейну приймають участь докембрійські метаморфічні і магнетитові породи і кайнозойські осадові породи.

Форма рудних покладів - пластоподібна, з кутом падіння

від 18 - 20° на півдні до 55 - 85° на півночі басейну, горизонтальна потужність кондиційних залізистих роговиків коливається від 150 до 1000 м з коефіцієнтом міцності I2-I7 за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. Потужність окисленої зони нестійка і змінюється в межах від 2 до 130 м. Потужність осадових порід в середньому складає 30 м. Залізисті горизонти складені тонкошаровими залізистими кварцитами. Мінералогічний склад шарів: кварц, магнетит, мартит, гематит, карбонати, силікати. Залізисті горизонти в різних місцях басейну відрізняються кількісним співвідношенням перерахованих мінералів.

Аналіз літературних джерел показує, що відомі зараз методи не дозволяють ефективно розв'язати задачу оптимізації поточного розвитку гірничих робіт і готових для виймання запасів в динамічній постановці з врахуванням всіх основних вимог гірничого виробництва. Низька геолого-технологічна вірогідність поточних планів гірничих робіт пояснюється прийняттям на залізрудних кар'єрах системою планування якості руди за вмістом магнетитового заліза. На сьогодні відомо, що найбільш повно технологічні властивості видобутої руди можна охарактеризувати тільки з врахуванням показників збагачення і коливань її якісного складу.

Досвід раніше виконаних робіт дозволив зробити спробу ввести в практику ефективні шляхи впровадження розроблюваних методів оптимізації готових для виймання запасів на основі геометризації якості. Це всебічна автоматизація процесів планування, необхідність одержування оптимальних результатів при адекватності моделювання основних параметрів і просторово-технологічних взаємозв'язків відкритих гірничих робіт. Неоднорідність якісного складу потоку руди, що йде на переробку, залежить від вихідної мінливості вмісту корисного компоненту, особливостей формування загального потоку руди з окремих вибоїв, результатів дії усереднюючих устаткувань, а також технологічних процесів рудопідготовки / сортування, подрібнення і т.д. /.

Виконані розрахунки параметрів розміщення заліза загально-го / перевірка на узгодженість з нормальним розподілом / і заліза магнетитового / перевірка узгодженості з логарифмічним нормальним розподілом / в середньогрубослоїстих силікатно-магнетитових роговиках  $PR_1 S_x^{4-6f}$  і визначення параметрів розміщення вмісту компонентів речового складу порід родовищ дозволило встановити закон розподілу вмісту компоненту, оцінити мінли-

вість речового складу; розрахувати похибку визначення середніх значень вмісту компонентів речового складу з заданою ймовірністю, виявити схожість і характерні риси різних типів порід родовищ корисних копалин.

На основі проведеного комплексу досліджень встановлено:

1. Розміщення вмісту основних компонентів речового складу / залізо загальне, залізо магнетитове та ін. / порід середньогрубослоїстих силікатно-магнетитових роговиків продуктивної товщини родовищ тісно узгоджується з нормальним законом розподілу. Статистичні криві розміщення цих компонентів мають незначну асиметрію.

2. Розміщення вмісту другорядних компонентів речового складу для цих же порід родовища узгоджується як з нормальним, так і з логарифмічним нормальним розподілом. Статистичні криві розміщення цих компонентів мають значну асиметрію.

3. Параметри і криві розміщення вмісту компоненту речового складу різняться між собою, що зумовлено значною мінливістю компонентів.

Готові для виймання запаси впливають безпосередньо і найбільш істотно на продуктивність і однорідність якісного складу видобутої руди, завдяки чому при нормуванні запасів на кар'єрах не можна обмежуватися визначенням видобувних одиниць. Необхідно, крім того, визначити кількість готових для виймання запасів на одну видобувну одиницю. Крім відбитих і пробурених вибуховими свердловинами запасів, кожна видобувна одиниця мусить мати деяку кількість непробурених, готових для виймання запасів, тому що на час вибуху повинна бути підготовлена площа для буріння вибухових свердловин. Розміри цієї площі мусять забезпечувати фронт бурових робіт, а запаси в її межах повинні бути не меншими кількості відбитої руди.

Таким чином, дослідження динаміки зірваних запасів і продуктивності кар'єру свідчать про те, що з точки зору надійності забезпечення кар'єру величина цих запасів повинна бути в межах 1,0-1,2 млн.т. Проте, при виробленні оптимальної стратегії керування зірваними запасами необхідно визначати витрати, які зв'язані з простоем гірничотранспортного устаткування через відсутність запасів зірваної руди у вибої екскаватора, і витрат, пов'язаних з консервацією засобів для підтримання цих запасів. Запас зірваної гірської маси поповнюється

порціями, рівними об'єму масового вибуху.

В зв'язку з цим перехід з одної категорії запасів по підготовленості до іншої здійснюється поступово, чим часто утрудняється суворий розподіл суміжних категорій. На кар'єрі запаси руди територіально прив'язані до визначених просторових зон. Через це, у випадку помилок у визначенні місця роботи екскаватора, поповнення запасів потрібного асортименту може і не здійснитися, хоч загальні обсяги робіт по випередженню верхніх уступів будуть повністю виконані і навіть перевиконані.

В зв'язку зі складністю розвідки і випробування корисної копалини в надрах завчасно не можна передбачити, яку якість корисної копалини можна чекати з наміченого для розробки блоку. Планування і усереднення якості руди на основі індивідуальних проб, що беруться за визначеною сіткою на родозиці, не може виявити істинну картину характеру зруденіння і тому, як правило, веде до заниження або завищення показників якості корисної копалини компоненту в запасах, готових для виймання. Тому планування видобувних робіт потрібно вести на вірогідній основі про якість корисної копалини, для якої необхідна геометризація якості руди.

Технологічне випробування на кар'єрах Кривбасу проводиться блоками, де одна проба, що відноситься до його центра, характеризує значний об'єм корисної копалини в запасах. В межах блоку приймається та якість, яку визначили за технологічною пробю. Але матеріал цієї проби зібрано зі всього рудного блоку, і значення показника тільки в середньому характеризує якісну сторону вийнятого об'єму, як в той же час значення ознаки всього блоку може змінюватися в широких межах. До цього слід мати на увазі, що не вся руда блоку йде одночасно на переробку, а надходить частинами протягом деякого відрізка часу.

На ПівденГЗК, ЦГЗК, НКГЗК технологічні показники збагачення розраховують за результатами випробування розвідкових свердловин без врахування сорту руди, а на ІвГЗК, ПівнічГЗК технологічні показники збагачення в сумарному для кар'єру обсязі видобування розраховуються через об'єми мінералогічних різновидностей і середні для кожної з них значення показників якості руди.

Оскільки маркшейдерсько-геологічні погоризонтні якісні плани повинні служити основою планування гірничих робіт, то

необхідно, щоб геологічна служба ГЗКів вела постійне уточнення і коректування їх. Для наведення інформації в зручному для використання вигляді доцільно мати на планах не перерізи сортів за проєкними позначками горизонтів, а межі "усереднені" за висотою відроблюваного робочого уступу.

З цієї метою була виконана геометризація уступу - 15-30 м, щоб з'ясувати характер розміщення корисного компоненту для дальшого широкого використання геометризації при плануванні якості. При цьому проводиться геометризація не тільки по вихідних ознаках / вміст заліза загального і заліза магнетитового /, але і здійснюється геометризація за вмістом "заліза в хвостах", що є результатом переробки руди при її збагаченні.

Одночасно з графічним зображенням характеру розміщення ознак встановлювали кореляційні зв'язки між окремими якісними показниками. Таким чином були встановлені парні зв'язки між  $d_0 - d_{mg}$ ;  $d_0 - \beta$ ;  $d_0 - \nu$ ;  $d_{mg} - \beta$ ;  $d_{mg} - \nu$ ;  $\beta - \nu$ . необхідні для більш оперативного визначення того чи іншого якісного показника руди за одним або двома відомими, де  $d_0$ ,  $d_{mg}$ ,  $\beta$ ,  $\nu$  - вміст заліза відповідно загального, магнетитового, в концентраті і в "хвостах".

Виконаний аналіз маркшейдерсько-геологічної документації з геометрією-якісних ознак руди дозволяє зробити такі висновки.

1. Розміщення якісних геологічних ознак в цілому для уступу носить нерівномірний характер і показує, що не на всіх етапах роботи кар'єру можливе добування руди з плановими величинами. Так, за окремі періоди можливе невиконання плану по залізу магнетитовому, коли в той же час план по залізу загальному буде виконано.

2. Співставлення графіків розміщення показує, що найбільш тісний зворотний прямолінійний зв'язок спостерігається між вмістами заліза магнетитового і заліза "в хвостах".

3. Зони високих і низьких значень показників можна екстраполювати до 20-30 м в бік масиву. Дальша екстраполяція вимагає додаткових даних з випробування.

4. За умови випереджувачого випробування можливе проведення планування якісних показників, а також визначення усереднення вмісту шляхом комбінаційного введення в експлуатацію різних ділянок уступу.

Одержані результати дозволяють вимогливо проводити плану-

вання якості рудної маси, що йде на переробку, що, в свою чергу, підвищує якісні показники збагачення.

Практично на всіх крупних залізгорудних кар'єрах планування видобувних робіт квартално-місячного рівня проводиться за якісними показниками, пов'язуючи їх з конкретними контурами виймальних блоків.

Використання резервних запасів для компенсації відхилень якості зірваної руди від планової на інтервалах між вибухами є найбільш допустимим способом керування якістю корисного компоненту для календарного планування масових вибухів на основі геометризації вмісту. В першу чергу це пов'язано з простотою механізму регулювання; при відхиленні якості корисної копалини від планової на таку величину, коли зміна навантажень на екскаватори використана, для розробки включається частина резервних запасів для компенсації відхилень, що з'явилися. Крім того, створення і використання резервних запасів не представляє труднощів в організаційному відношенні, проте існуючі методи визначення кількісних характеристик вимагають дальшого розвитку.

На сьогодні створені умови для розв'язання задач планування гірничих робіт найскладнішого змісту. Найбільш актуальною є така динамічна умова задачі планування: розподілити об'єм гірничих робіт серед  $M$  блоків на  $T$  періодів часу з забезпеченням протягом кожного періоду ряду визначених умов відносно кількості та якості видобуваної руди, по параметрах формованої робочої зони кар'єру.

Користуючись балансовим рівнянням руху запасів з врахуванням вмісту корисного компоненту в видобутій руді, об'єм резервних запасів можна визначити за такою методикою:

задати вихідні планові та наявні якості руди, інтервал між вибухами та середньодобову продуктивність кар'єру з руди; вибрати в кар'єрі місця, де можливо проводити вибухи резервних блоків, можливий транспортний доступ до них і визначити їх якість;

за відоминки  $d_{mr}$ ,  $d_k$ ,  $d_p$ ,  $\sigma_{mr}$  обчислити якість руди не використаної частини запасів  $d_n$ ;

за формулов /I/ визначити об'єм резервних запасів

$$V = \frac{d_k - d_n}{d_p - d_n} \cdot \Delta t \cdot Q_p, \text{ М}^3 \quad / I /$$

Визначення об'ємів та якості резервних запасів згідно запропонованої методики зв'язане зі значними обсягами обчислювальної роботи. Для реалізації її на ЕОМ розроблено алгоритм розрахунку.

Подальші дослідження динамічної моделі дозволили встановити, що область вибору оптимальної кількості і якості готових для вимання запасів обмежується нерівномірним характером вичерпування та заповнення об'ємів зірваної гірської маси. При цьому компенсація її нерівномірності здійснюється створенням резервних запасів зірваної гірської маси в екскаваторних вибухах. Встановлення відносної величини коефіцієнта резервних запасів проводиться за допомогою економіко-математичної моделі. Критерієм її служить мінімум витрат, пов'язаних з оплатою оборотних фондів в резервних запасах і збиток від дефіциту зірваної гірської маси

$$C_d \cdot K_n \cdot K_{mt}^{ps} \cdot \frac{Q_{gm}}{365} \cdot t \cdot C_m \rightarrow \min. \quad / 2 /$$

де:  $C_d$  - собівартість подрібнення одного кубометра скальної гірської маси, крб/м<sup>3</sup>;  $K_n$  - коефіцієнт оплати за оборотні фонди;  $K_{mt}^{ps}$  - коефіцієнт резервних запасів;  $Q_{gm}$  - річна продуктивність екскаватора  $m$ -го типу, м<sup>3</sup>;  $t$  - інтервал між вибухами, днів;  $C_m$  - умовно-постійні витрати на компенсацію 1 м<sup>3</sup> дефіциту запасів резервним устаткуванням, крб/м<sup>3</sup>.

Нерівномірність поповнення об'ємів зірваної гірської маси зумовлена неоднаковими розмірами готових для вимання запасів в місцях вибухів блоку. При цьому різна інтенсивність зміни ширини робочих площадок протягом коротких проміжків часу вимагає для прогнозування величини і форми готових для вимання запасів застосування імітаційного моделювання розвитку фронту гірничих робіт.

Врахування перелічених вище факторів дозволило розробити цільову функцію динамічної моделі керування запасами зірваної гірської маси, якій властиві такі обмеження: об'єм блоків, що підриваються, не повинен перевищувати невідірвану частину готових для вимання запасів; дефіцит запасів готової підірваної маси не допустимий; визначені обсяги масових вибухів мусять відповідати можливостям парку бурових верстатів; об'єми і кон-

тури готових для виймання запасів повинні набиратися безпосередньо в зв'язку з визначеними для виймання об'ємами і контурами екскаваторних блоків.

Запропонована модель має такі відмінні особливості:

1. В модель введено коефіцієнт сезонності, яким враховуються простої розкривного устаткування в осінньо-зимовий період, а також коефіцієнт коливання корисного компоненту в руді, виду транспорту, який використовується, стану екскаваторного вибою перед вибухом і забезпеченості підірваних запасів пробуреними.

2. Збитки кар'єру від простою устаткування через вибухи визначаються вартістю однієї години запланованого простою, при чому тривалість простоїв визначається диференційовано за групами устаткування, які знаходяться у відносно однакових умовах роботи.

3. Точніше визначається середній рівень запасів підірваної гірської маси.

4. Модель враховує просторові положення екскаваторних блоків і формованих обсягів підривних блоків на основі геометризації якості руди.

В динамічній моделі керування підірваною гірською масою важко врахувати мінливість якісних характеристик руди по виймальних блоках. В зв'язку з цим виникає необхідність врахування розроблених заходів, що забезпечують видачу з кар'єрів руди потрібної кількості і якості на інтервалах між вибухами.

Оптимальна величина готових для виймання запасів руди за технологічними параметрами визначається виразом

$$Q_r = K_c \cdot K_{tr} \cdot K_e \cdot K_{tz} \cdot (K_o + 1) \cdot N_p \cdot A_k \cdot N^{-1} \cdot n_{\text{кл}}^{-1}, \quad / 3 /$$

де:  $K_c$ ,  $K_{tr}$ ,  $K_e$ ,  $K_{tz}$ ,  $K_o$  - коефіцієнти, відповідно, коливань корисного компоненту в руді, виду транспорту, який використовується, стану екскаваторного вибою перед вибухом, поточних запасів і забезпеченості підірваних запасів пробуреними;  $N_p$ ,  $N$ ,  $n_{\text{кл}}$  - кількість рудних блоків, вибухів за рік і одночасно підірваних блоків;  $A_k$  - продуктивність кар'єру по руді, т/рік.

Критерієм виразу /3/ є мінімум витрат, зв'язаних в створення готових для виймання запасів. За результатами кореля-

ційно-економічного аналізу цієї категорії запасів і витрат на їхнє створення визначено раціональний рівень готових для виймання запасів для кар'єрів Кривбасу.

Для поточного планування гірничих робіт розроблена точково-блокова модель кар'єру, що відображає динаміку гірничих робіт, яка дозволяє формувати обсяги і контури гірничих робіт і моделювати переміщення уступів. При розробці методу реалізації динамічної моделі керування запасами підірваної руди враховується призначення моделі, зв'язане не з нормуванням запасів, а з питанням їх керування в конкретних умовах. Структура методу полягає у визначенні конкретних значень керованих змінних при заданих обмеженнях, що дають екстремальні значення цільової функції, виборі правил та стратегії керування запасами і використання її параметрів для визначення конкретних значень строків, місць, обсягів і контурів блоків, що підриваються. Керування запасами складає структуру правил визначення моментів і об'ємів замовлень на поповнення запасів потрібної якості.

Для умов нерівномірності гірничих робіт запропоновані можливі варіанти призначення керованих змінних, що якісно і кількісно відрізняються один від одного. В основу якісної відмінності закладено характер значення керованих змінних - вони або постійні або змінюються з часом. Кількісні значення керованих змінних визначаються способом розподілу директивних показників буровибухових робіт.

Умовою реалізації динамічної моделі керування запасами підірваної руди служить забезпечення збагачувальної фабрики протягом місяця необхідними об'ємами руди потрібної якості. Розподіл об'ємів руди між екскаваторами і по горизонтах ведеться таким чином, щоб максимально використати запаси відбитої руди, яка є на цей час.

Нами розроблено моделюючий алгоритм динамічної моделі керування запасами підірваної гірської маси з врахуванням якості корисної копалини, наведені можливі правила визначення керованих змінних  $V_k$ ,  $L_k$ ,  $V_i^j$ ,  $L_i^j$ . В результаті стає відомою оптимальна величина визначеного об'єму блоку, що підривається, для заданих характеристик нерівномірності поповнення і вичерпання запасів підірваної руди з врахуванням якості корисної копалини.

Джерелом економічної ефективності практичного користування

розробленою методикою є покращення технологічних показників збагачення, які досягаються за рахунок оптимізації готових для вимання запасів на основі геометризації якості корисного компоненту. Збільшення виходу концентрату забезпечує одержання надпланового концентрату, збільшення вмісту заліза в концентраті – доплати за підвищення якості товарної продукції. Використання методики оптимізації готових для вимання запасів на основі геометризації якості руди в кар'єрі ІНГЗКу дозволило забезпечити видобування з найкращим співвідношенням технологічних сортів неокислених залізистих кварцитів, покращити якісне усереднення видобутої руди, технологічні показники збагачення і одержати фактичний економічний ефект 141,7 тис.крб за рік в цінах 1991 року.

#### ВИСНОВОК

В дисертаційній роботі дано нове рішення актуальної наукової задачі по вдосконаленню методики оптимізації готових для вимання запасів на основі геометризації якості руди залізородних родовищ відкритої розробки. Знайдені закономірності розроблених критеріїв та методів дозволяють встановити оптимальний рівень готових для вимання запасів потрібної якості, забезпечити покращення технологічних показників збагачення та раціональніше розробляти залізисті кварцити відкритим способом.

Основні наукові висновки та практичні результати полягають у наступному:

1. Оптимізацію готових для вимання запасів слід здійснювати за допомогою імітаційного моделювання факторів, які впливають на якісно-кількісні потреби переробки на основі геометризації родовища з врахуванням обсягів бурових та екскаваторних робіт і оцінкою за економічним критерієм.

2. Враховуючи те, що породи родовища неоднорідні за текстурно-структурними особливостями і речовинним складом, внаслідок чого виділяється значна кількість мінералогічних різновидностей навіть в межах одного стратиграфічного горизонту, переважна кількість заліза в породах родовища припадає на магнетит. Між окремими компонентами речовинного складу встановлено наявність тісного парного кореляційного зв'язку.

3. Обсяги впливу технологічних проб необхідно встановлювати з врахуванням меж технологічних сортів. При відсутності або не-

достатній кількості проб у відомих об'ємах сортів необхідно користування в розрахунках середніми значеннями показників якості для цих сортів. Визначені вимоги до результатів геометризації якісних властивостей руди. Сортову будову розроблюваних ділянок родовищ необхідно постійно уточнювати за допомогою методів, що не залежать від технологічного випробування.

4. Важливою умовою ефективного практичного використання розробленої методики оптимізації технологічних параметрів кар'єрів є максимальна автоматизація процесу планування, якої можливо досягти використанням точково-блокової моделі родовища, математичного моделювання просторово-технологічних взаємозв'язків гірничих робіт.

5. Встановлено, що створення резервних запасів підірваної руди на основі геометризації якості корисного компонента достатньо для забезпечення потрібної кількості та якості руди, що забезпечує рудопотік на збагачувальну фабрику на інтервалах між вибухами. Об'єм та якість резервних запасів встановлюється, виходячи з ймовірнісних характеристик розміщення якості руди в робочій зоні кар'єру.

6. Впровадження розробленого комплексу задач в промислову експлуатацію дозволило за рахунок оптимізації готових для виймання запасів на основі геометризації якості і порядку відробки річних обсягів гірничих робіт покращити технологічні показники збагачення видобутої і переробленої руди та одержати на ІНГЗК фактичний економічний ефект розміром 141,7 тис. крб.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Повний Б.Е., Шолох Н.В. Анализ динамики обеспеченности карьеров Кривбасса промышленными запасами с учетом качества полезного компонента. - Кн. кн.: Материали науч.-техн.конф. (секц. маркшейд.-геод.). - Кривой Рог: КГРИ, 1980. - С. 63-74. - Рукопись деп. в УкрНИИТИ 21.01.1981, № 2575.

2. Шолох Н.В. Анализ распределения качества железных руд в готовых к вземке запасах на карьерах Криворожских ГОКов. - В кн.: Материали науч.-техн.конф. (секц. маркшейд. дела). - Кривой Рог: КГРИ, 1982. - С. 112-126. - Рукопись деп. в УкрНИИТИ 3.06.1982, № 3631 - 182.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

3. Повный Б.Е., Шолох Н.В. Оптимизация готовых к выемке запасов по технологическим параметрам на железорудных карьерах. - В кн.: *Вопр.рац.маркшейд.службы на горн.предприятиях.* - Свердловск: СГИ, 1983. - С. 89-90.

4. Шолох Н.В., Повный Б.Е. Управление качеством железной руды в готовых к выемке запасах на карьерах Криворожских ГСКов. - В кн.: *Науч.-техн.пробл.повышения эффективности работ и совершенствование маркшейд.службы на горн.предприятиях страны: Тез. докл.Всесоюз.совещания.* - Свердловск, 1984. - С. 144.

5. Шолох Н.В. Применение нелинейной корреляции для управления промышленными запасами на ГОКах Кривбасса. - В кн.: *Науч.-техн.пробл.повышения эффективности работ и совершенствование маркшейд.службы на горн.предприятиях страны: Тез.докл.Всесоюз. совещания.* - Свердловск, 1984. - С. 145-146.

6. Шолох Н.В. Геометризация качественных признаков руды в готовых к выемке запасах на карьерах Кривбасса. - В кн.: *Совершенствование совместной (открыто-подземной) разработки руды.месторожд.:* Тез.докл.республ.конф. - Кривой Рог, 1984. - С. 78-79.

7. Шолох Н.В. Исследование статистических связей между качественными признаками руды в готовых к выемке запасах. - В кн.: *Совершенствование совместной (открыто-подземной) разраб.руды. месторождений:* Тез.докл.республ.конф. - Кривой Рог, 1984. - С. 79-80.

8. Повный Б.Е., Шолох Н.В. Исследование использования средств на производство вскрышных работ на карьерах Кривбасса. - В кн.: *Материалы науч.-технич.конф. (секц.маркшейд.дела).* - Кривой Рог: КТРИ, 1982. - С. 105-111. - Рукопись деп. в УкрНИИГИ 3.06.1982, № 3631-Д82.

9. Шолох Н.В. Достижение стабильности качества полезного компонента в промышленных запасах на ГОКах Кривбасса - важная экономическая задача. - В кн.: *Материалы науч.-технич.конф. (секция маркшейд.дела).* - Кривой Рог: КТРИ, 1982. - С.127-138. - Рукопись деп. в УкрНИИГИ 3.06.1982, № 3631-Д82.

10. Шолох Н.В., Повный Б.Е. Требования, методы и средства оперативного опробования, контроля и регулирования качества рудного сырья на ГОКах Кривбасса. - В кн.: *Материалы науч.-технич.конф. (секция маркшейд.дела).* - Кривой Рог: КТРИ, 1982. - С. 139-140. - Рукопись деп. в УкрНИИГИ 3.06.1982, № 3631-Д82.

11. Шолох Н.В. Пути снижения потерь и усреднение качества руд на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса. - В кн.: Маркшейдерское дело и геодезия. Новые результаты в области автоматизации, методики и обработки маркшейдерско-геодезических измерений. Сборник науч.тр. - Л.: ЛПИ, 1988. - 144 с.

12. Шолох Н.В. Оптимизация подготовленности запасов при открытом способе разработки железистых кварцитов Кривбасса. - В кн.: Совершенствование комплексной (открыто-подземной) разработки рудных месторождений: Тезисы докл.науч.-техн.семинара ( 21-23 ноября 1990 г. ) Отв.ред. В.Ф. Бывов. - Кривой Рог: КГРИ, 1990. - 132 с.

13. Шолох Н.В. Определение целевых функций оптимизации подготовленности запасов на карьерах Кривбасса. - В кн.: Совершенствование комплексной (открыто-подземной) разработки рудных месторождений: Тезисы докл.науч.-техн.семинара ( 21-23 ноября 1990 г. ) Отв. ред. В.Ф. Бывов. - Кривой Рог: КГРИ, 1990. - 132 с.

14. Вилкул Ю.Г., Шолох Н.В. Определение ущерба карьеров от его простоев при взрывании горной массы. - Кривой Рог: КГРИ, 1994. - 5 с. - Деп. в ГНГБ Украины 14.12.94, № 2419-Ук94.

15. Вилкул Ю.Г., Шолох Н.В. Аспекты управления процессом стабилизации качества добытого рудного сырья. - Кривой Рог: КГРИ, 1994. - 5 с. - Деп. в ГНГБ Украины 14.12.94, № 2420-Ук94.

16. Вилкул Ю.Г., Шолох Н.В. Статистические методы определения параметров промышленных запасов на ГОКах Кривбасса. - Кривой Рог: КГРИ, 1994. - 7 с. - Деп. в ГНГБ Украины 14.12.94, № 2421-Ук94.

17. Шолох Н.В. Определение площадей по прямоугольной сетке при точечно-блочной модели карьера. - Кривой Рог: КГРИ, 1994. - 4 с. - Деп. в ГНГБ Украины 14.12.94, № 2422-Ук94.

18. Вилкул Ю.Г., Шолох Н.В. Оптимизация готовых к выемке запасов железорудного сырья на основе геометризации качественных признаков руд. - В кн.: Совершенствование горнорудного производства. - Кривой Рог: НИГРИ, 1994. - С. 68-79.

19. Шолох Н.В. Установление вероятностных характеристик распределения качества руды в рабочей зоне карьера. - В кн.: Совершенствование горнорудного производства. - Кривой Рог: НГРИ, 1994. - С. 79-86.

## ANNOTATION

Shelch N.V. "Optimization of storages which are ready to be mined with the air of efficiency increase of open-pit mining technology".

The dissertation on the degree of bachelor of technical science on speciality 05.15.03 - "Open pit mining" and 05.15.01 - "Surveying and geometry of deposits", Krivey Rog Mining Institute, Krivey Rog, 1995.

There is worked out the method of optimization of ready to excavate the required quantity and quality of ore stocks in complicated mining and geological conditions on the base of thorough and detailed investigations of peculiarities of composition, distribute regularities and component changeability of natural types of ores. There is given dynamical model of government the exploded mining rocks on the base of geometri- zation of the deposit taking into consideration the spacious geological interconnection of the ore quality, the volume of drilling and excavator works. There is grounded the sizes of the reserve stocks of the exploded ores for the compensation of their (ores) possible deflexion from the planned one at the intervals between the explosions. There is inculcated the worked out complex problems to the industrial exploitation which permitted to improve the technological exponents of dressing the ores.

## АННОТАЦИЯ

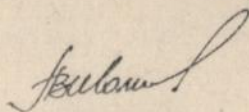
Шолех Н.В. "Оптимизация готовых к выемке запасов с целью повышения эффективности технологии открытых горных работ"  
Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 - "Открытая разработка месторождений полезных ископаемых" и 05.15.01 - "Маркшейдерия и геометрия недр", Криворожский горнорудный институт, Кривой Рог, 1995.

Разработана методика оптимизации готовых к выемке запасов требуемого количества и качества в сложных горно-геологических условиях на основе всестороннего исследования особенностей вещественного состава, закономерностей распределения и изменчивости компонентов природных типов руд; предложена точно-

блочная динамическая модель управления взорванной горной массой на основе геометризации месторождения, учитывающая пространственные геологические взаимосвязи качества руды, объемы буровых и экскаваторных работ; обоснованы размеры резервных запасов взорванной руды для компенсации возможных отклонений ее качества от планового на интервалах между взрывами; внедрен разработанный комплекс задач в промышленную эксплуатацию, что позволило улучшить технологические показатели обогащения добываемой и перерабатываемой руды.

#### КЛЮЧОВІ СЛОВА

Родовище, гірські породи, якість, кар'єр, запаси, оптимізація, геометризація.



Наказом від ДІУ за № 100/03 р.

Наказ ДІУ за № 100/03 р.

Наказ ДІУ за № 100/03 р.

ДІУ, 100/03, Державний Центр Патентів, 100/03 р.

4427/19



Підписано по друку 16.01.95 р.

Умовн. друк. аркуш. 1,0

Тир. 100 прим. Зам. 5. 23.01.95 р.

.....  
НДІГРІ, 324086, Кривий Ріг, пр. Гагаріна, 57.

407719

AB 32.116

**AB 32.116**