

МАРКШЕЙДЕРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ ПРИ СТВОРЕННІ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ РОЗКРИТИХ, ПІДГОТОВЛЕНИХ І ГОТОВИХ ДО ВИДОБУВАННЯ БАЛАНСОВО-ПРОМИСЛОВИХ ЗАПАСІВ МАГНЕТИТОВИХ РОГОВИКІВ

М.В. Шолох, Криворізький національний університет, Україна

Розглянуто і досліджено методи визначення і нормування балансово-промислових запасів за ступенем підготовленості до видобування, які призначені для залізорудних корисних копалин і вугілля. Для багатьох видів твердих корисних копалин такі методи не розроблені. Встановлено, що кожний із видів мінеральної сировини має особливості природно-просторового розміщення у надрах, гірничо-технологічні стадії видобутку і переробки, які враховують при підземному способі видобутку, методи визначення стану і рухомості, обліку і нормування підготовленості балансово-промислових запасів за програмним модулем.

Вступ. Розглянуто умови, які враховано при зіставленні галузевих методик визначення стану і рухомості, обліку і нормування за ступенем підготовленості до видобування балансово-промислових запасів чорних і кольорових металів, методи визначення, обліку і нормування підготовленості до видобутку балансово-промислових запасів відрізняються великою різноманітністю [1–4]. Розробка міжгалузевої методики нормування підготовленості балансово-промислових запасів твердих корисних копалин - актуальна проблема, розв'язок якої має народногосподарське значення. Наукові досягнення, які є в цій області, не використовуються на стадії проектування, що пояснюється відсутністю належних контактів між проектними і науково-дослідними організаціями, необхідністю вдосконалення методики проектування. Норми технологічного проектування підземних гірничовидобувних підприємств доцільно розробляти при особистій участі науково-дослідних інститутів з урахуванням сучасних досягнень гірничої науки і досвіду роботи передових підприємств.

Стан питання. Нормативи балансово-промислових запасів за ступенем підготовленості до видобування відіграють важливу роль при плануванні підземних гірничо-технологічних робіт. Планові обсяги видобутку балансово-промислових запасів і робіт розкриття визначаються на основі нормативів розкритих, підготовлених і готових до видобування балансово-промислових запасів. У науково-технічній літературі розглядаються питання визначення і нормування обсягів порід розкриття за ступенем підготовленості до видобування [5]. Проте дотепер відсутні галузеві інструктивні і методичні посібники з визначення стану і рухомості, обліку і нормування обсягів розкриття за ступенем підготовленості до видобування балансово-промислових запасів магнетитових роговиків підземним способом.

Невирішена частина проблеми. Розробка і впровадження методів визначення стану і рухомості, обліку і нормування обсягів розкриття за ступенем підготовленості до видобування – одне з актуальних завдань підвищення ефективності роботи гірничих підприємств з підземним способом видобутку магнетитових роговиків, так як на підприємствах гірничовидобувних галузей промисловості підготовленість обсягів розкриття не визначається і не контролюється. У методичному відношенні складність представляє розробка методів нормування балансово-промислових запасів підготовленості до видобутку, обсягів розкриття для розпушення масиву гірських порід. Це пояснюється, з одного боку, стрибкоподібним характером мінливості розкритих, підготовлених і готових до видобування балансово-промислових запасів, а з іншого – різноманіттям застосованої техніки і гірничо-технологічних робіт розкриття гірських масивів.

Метою нашого виступу є маркшейдерське забезпечення робіт для управління балансово-промисловими запасами на гірничовидобувних підприємствах, створенні програмного модуля підготовленості запасів, що представляє собою систему взаємозалежних гірничо-технологічних процесів, спрямованих на підвищення ефективності видобутку і використання балансово-промислових запасів, забезпечує ритмічну роботу гірничовидобувного

підприємства, високий рівень видобутку балансово-промислових запасів, стабільний якісно-технологічний склад магнетитових роговиків у товарній залізорудній масі.

Постановка задач. Маркшейдерське забезпечення робіт для управління підготовленості до видобутку розкритих, підготовлених і готових до видобування балансово-промислових запасів за ступенем залежності фактору впливу природно-просторового розміщення мінливості вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків при використанні надр. Оптимальний рівень балансово-промислових запасів досягається в тому випадку, коли оптимальні параметри процесів системи: підготовленість до видобування і видобуток балансово-промислових запасів магнетитових роговиків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інформаційну основу систем маркшейдерського забезпечення робіт для управління балансово-промисловими запасами становить гірничо-графічна маркшейдерсько-геологічна документація і результати оцінки кількості і вміст якісно-технологічних показників магнетитових роговиків у розпушеній залізорудній масі на всіх стадіях видобутку. В основі управління балансово-промисловими запасами лежить об'єктивна характеристика дільниць рудного тіла і покладів родовища магнетитових роговиків в межах шахтного поля, гірничо-геологічні умови розробки і стан гірничо-технологічних робіт, які віддзеркалюються у маркшейдерсько-геологічній документації в тому числі і у вигляді результатів геометризації [6]. Інформація про кількість і вміст якісно-технологічних показників магнетитових роговиків у розпушеній залізорудній масі, розглядається як складова частина системи управління балансово-промисловими запасами, а параметри і характеристики процесу одержання інформації оптимізуються разом з оптимізацією всієї системи управління балансово-промисловими запасами.

У роботі [7; 8] нормативне число видобувних одиниць $N=n+m_0+n_{об}$ при середній нормативній кількості готових до видобування балансово-промислових запасів гірничовидобувного підприємства визначається за формулою

$$\bar{N}_r = \bar{q}(n + m_0) + \bar{q}_{вих} n_{об}, \quad (1)$$

де \bar{q} - середня величина готових до видобування балансово-промислових запасів однієї видобувної одиниці; $\bar{q}_{вих}$ - середня величина балансово-промислових запасів, які видобуваються однією видобувною одиницею.

Величина \bar{q} розраховується як середнє

$$\bar{q} = \frac{1}{n+m} \sum_1^{n+m} q_i, \quad (2)$$

де q_i - готові до видобування балансово-промислові запаси i -ої видобувної одиниці на момент підрахунку нормативу.

Величина $\bar{q}_{вих}$ визначається з урахуванням втрат балансово-промислових запасів і засмічення вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків

$$\bar{q}_{вих} = \frac{1}{N} \sum_1^N (q_{Bi} - \Pi_i + B_i), \quad (3)$$

де q_{Bi} , Π_i і B_i - відповідно балансово-промислові запаси, втрати балансово-промислових запасів і засмічення вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків при видобутку балансово-промислових запасів i -ої видобувної одиниці.

Величина \bar{q} представляється у такий спосіб

$$\bar{q} = a \bar{q}_{вих}, \quad (4)$$

де a - коефіцієнт, який характеризує середню величину готових до видобування балансово-промислових запасів видобувної одиниці стосовно вихідних балансово-промислових запасів, які видобуваються [9].

Одночасно на гірничовидобувному підприємстві в роботі перебувають виймальні одиниці з різним рівнем готових до видобування балансово-промислових запасів, щодо вихідної величини. При рівномірному введенні очисного виймання і видобутку балансово-

промислових запасів однакове число видобувних одиниць мають рівень готових до видобування балансово-промислових запасів як вище, так і нижче середнього рівня [10]. Тому сумарні готові до видобування балансово-промислові запаси гірничовидобувного підприємства дорівнюють половині вихідних балансово-промислових запасів, які видобуваються, працюючих видобувних одиниць і середня величина готових до видобування балансово-промислових запасів визначається за формулою

$$\bar{H}_r = \bar{q}_{\text{вих}} [0,5(n + m_0) + n_{\text{об}}] . \quad (5)$$

У тому випадку, коли видобуток балансово-промислових запасів ведеться у дві черги, тобто, коли в першу чергу видобуваються камерні балансово-промислові запаси видобувної одиниці, а в другу – балансово-промислові запаси стелини і запобіжні цілики. Середня кількість готових до видобування балансово-промислових запасів, які повинні бути на гірничовидобувному підприємстві, визначається у такий спосіб.

Усі виймальні одиниці розділяються на дві групи, що відповідає двом чергам видобутку. Вихідні балансово-промислові запаси однієї видобувної одиниці представляються, складовими двох частин $q_{\text{вих}1}$ і $q_{\text{вих}2}$, які видобуваються відповідно в першу і другу чергу

$$q_{\text{вих}} = q_{\text{вих}1} + q_{\text{вих}2} . \quad (6)$$

Якщо число видобувних одиниць, що перебувають у першій стадії видобутку, дорівнює N_1 , а у другій – N_2 , то середня кількість готових до видобування балансово-промислових запасів гірничовидобувного підприємства дорівнює

$$H_r = 0,5(N_1 \bar{q}_{\text{вих}1} + N_2 \bar{q}_{\text{вих}2}) + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{вих}} , \quad \text{при } N_1 - N_2 = n + m . \quad (7)$$

Видобуток балансово-промислових запасів видобувної одиниці є багатостадійним і ведеться k чергами, то величина готових до видобування балансово-промислових запасів

$$\bar{H}_r = 0,5 \sum_i^k N_i q_{\text{вих}i} + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{вих}} , \quad (8)$$

де N_i - число видобувних одиниць, які перебувають в i -ій стадії видобутку балансово-промислових запасів; $q_{\text{вих}i}$ - балансово-промислові запаси видобувної одиниці, яка видобувається в i -у чергу.

При двостадійному видобутку і числі видобувних одиниць, які перебувають у першій і у другій стадіях, що працюють однаково, тобто $N_1 = N_2$, формула (7) спрощується, тому що $2N_1 = 2N_2 = n + m_0$ і

$$\bar{H}_r = 0,25(n + m_0) \bar{q}_{\text{вих}} + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{вих}} . \quad (9)$$

Якщо видобуток балансово-промислових запасів видобувної одиниці ведеться чергами і число видобувних одиниць, які перебувають у кожній стадії видобутку балансово-промислових запасів, однакове, то

$$\bar{H}_r = \frac{1}{2k} (n + m_0) \bar{q}_{\text{вих}} + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{вих}} \quad (10)$$

Величина \bar{H}_r представляє собою середню кількість готових до видобування балансово-промислових запасів гірничовидобувного підприємства, що відповідає встановленому нормативному числу видобувних одиниць N_0 . Готові до видобування балансово-промислові запаси гірничовидобувного підприємства змінюються стрибкоподібно [11]. Тому нормативи готових до видобування балансово-промислових запасів розглядаються як мінливі щодо середніх значень \bar{H}_r і при нормуванні враховується величина припустимих відхилень ΔH_r , яка залежить від нерівномірності введення видобувних одиниць в очисне виймання. Нерівномірність введення видобувних одиниць у стадію випуску розпушеної залізорудної маси характеризується коефіцієнтом k_n , який розраховується за формулою

$$k_n = 1 + \frac{t\sigma_T}{T} = 1 + tV_T , \quad (11)$$

де t і σ_T - відповідно середнє значення і середнє квадратичне відхилення інтервалів часу між введенням видобувних одиниць у стадію випуску розпушеної залізорудної маси [12].

Величина припустимих відхилень ΔH_{Γ} встановлюється у кожному конкретному випадку при визначенні нормативів готових до видобування балансово-промислових запасів з виразу

$$\Delta H_{\Gamma} = 0,5 \bar{q}_{\text{вих}} n' k_{\text{H}}, \quad (12)$$

де n' - число видобувних одиниць, що одночасно вводяться у стадію випуску магнетитових роговиків розпушеної залізородної маси.

Мінімального значення величина ΔH_{Γ} досягає при рівномірному послідовному введенні видобувних одиниць у стадію випуску магнетитових роговиків розпушеної залізородної маси. У цьому випадку $\sigma_{\text{T}}=0$, $k_{\text{H}}=1$, $n'=1$ і $\Delta H_{\Gamma}=0,5 \bar{q}_{\text{вих}}$. У загальному випадку з урахуванням припустимих відхилень і похибки визначення нормативної величини готових до видобування балансово-промислових запасів визначається у такий спосіб

$$H_{\Gamma} = 0,5 \sum_1^k N_i q_{\text{вих}_i} + n_{\text{об}} q_{\text{вих}} \pm 0,5 n' k_{\text{H}} q_{\text{вих}} + \Delta H_{\Gamma_2}, \quad (13)$$

де $\Delta H_{\Gamma_2} = t \delta_{\Gamma}$ - резерв готових до видобування балансово-промислових запасів, що компенсує похибку їх визначення; t - коефіцієнт ймовірності; δ_{Γ} - середня квадратична похибка визначення нормативу готових до видобування балансово-промислових запасів.

В окремому випадку при одностадійному видобутку балансово-промислових запасів видобувних одиниць будемо мати

$$H_{\Gamma} = 0,5 n_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{исх}} + n_{\text{об}} \bar{q}_{\text{исх}} \pm 0,5 n' k_{\text{H}} \bar{q}_{\text{исх}} + \Delta H_{\Gamma_2}. \quad (14)$$

Величина δ_{Γ} визначається з виразу (14) без обліку припустимих коливань. Отримається

$$\delta_{\Gamma}^2 = 0,5^2 (\delta_{n_{\text{в}_0}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{n}_{\text{во}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{q}_{\text{исх}} \delta_{n_{\text{в}_0}}^2) + \delta_{n_{\text{об}}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{n}_{\text{об}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{q}_{\text{исх}} \delta_{n_{\text{в}_0}}^2 + K_{n_{\text{в}_0} q n_{\text{в}_0} q}. \quad (15)$$

По визначенню

$$K_{n_{\text{в}_0} q n_{\text{в}_0} q} = \overline{n_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} n_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}}} - \bar{n}_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} \bar{n}_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}}, \quad (16)$$

де рискою зверху позначено математичне очікування добутку випадкових величин. У зв'язку з тим що величини $n_{\text{в}_0}$ і $\bar{q}_{\text{вих}}$, а також $n_{\text{об}}$ і $\bar{q}_{\text{вих}}$ є некорельованими, з виразу (16) випливає

$$K_{n_{\text{в}_0} q n_{\text{в}_0} q} = \overline{n_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} n_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}}} - \bar{n}_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} \bar{n}_{\text{в}_0} \bar{q}_{\text{исх}} = \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 (\bar{n}_{\text{в}_0} \bar{n}_{\text{об}} = K_{n_{\text{в}_0} q n_{\text{в}_0} q}) + \bar{q}_{\text{исх}}^2 K_{n_{\text{в}_0} q n_{\text{в}_0} q}. \quad (17)$$

Показники $\bar{n}_{\text{в}_0}$ і $\bar{n}_{\text{об}}$ визначаються за фактичними даними роботи гірничовидобувного підприємства за значний період часу, тому похибкою їх визначення можна знехтувати, тобто залишається

$$\delta_{\Gamma}^2 = 0,5^2 \bar{n}_{\text{во}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{q}_{\text{исх}} \delta_{n_{\text{в}_0}}^2 + \bar{n}_{\text{об}}^2 \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2 + \bar{n}_{\text{в}_0} \bar{n}_{\text{об}} \delta_{\bar{q}_{\text{исх}}}^2. \quad (18)$$

Таким чином, похибка визначення нормативу готових до видобування балансово-промислових запасів залежить в основному від похибки визначення балансово-промислових запасів, які видобуваються, видобувною одиницею. Ця похибка встановлюється за даними первинного обліку, стану і рухомості балансово-промислових запасів на гірничовидобувному підприємстві і ведеться відповідно до [2–4]. Об'єктом первинного обліку балансово-промислових запасів є видобувна одиниця. При підземному способі видобутку дані первинного визначення і обліку групуються і фіксуються у паспорті блоку. Як зазначено в § 2.6 [2], при завершенні видобутку балансово-промислових запасів магнетитових роговиків видобувною одиницею визначається величина розбіжності кількості і вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків балансово-промислових запасів за даними розвідки і видобутку. Якщо є відхилення Δj по n_e видобувним одиницям, то

$$\delta_{q_{\text{вих}}}^2 = \frac{1}{n_e} \delta_{q_{\text{вих}}}^2 = \frac{1}{n_e^2} \sum_1^{n_e} \Delta j^2. \quad (19)$$

Для нормування підготовлених до видобутку балансово-промислових запасів підземним способом визначається нормативне число блоків у кожній із зазначених стадій гірничо-технологічних робіт. Якщо введення блоків у стадію проведення нарізних робіт проводиться послідовно групами по N'_n блоків [12], то норматив підготовлених до видобутку балансово-промислових запасів визначається за формулою

$$H_q = (0,5 N_{\text{вп}} + N_{\text{обп}} + N_n \pm 0,5 N'_n k_{\text{нп}}) \bar{q}_n + \Delta H_{n_2}, \quad (20)$$

де $N_{\text{вп}}$ і $N_{\text{обп}}$ - число блоків відповідно у стадіях випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси і буріння вибухових свердловин до початку випуску; N_n - число блоків у стадії проведення нарізних робіт до початку очисного виймання балансово-промислових запасів; q_n - середня величина вихідних підготовлених до видобутку балансово-промислових запасів блоку; $k_{\text{нп}}$ - коефіцієнт нерівномірності введення блоків в очисне виймання балансово-промислових запасів, визначається за формулою

$$k_{\text{нп}} = 1 + \frac{t\sigma_{\tau_n}}{T_n} = 1 + tV_{\tau_n}, \quad (21)$$

де T_n і σ_{τ_n} - відповідно середнє значення і середнє квадратичне відхилення інтервалу часу між введенням груп блоків у стадії нарізних робіт; ΔH_{n_2} - похибка визначення нормативу підготовлених до видобутку балансово-промислових запасів.

У блоці в стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси перебуває одна або більше видобувних одиниць. Число блоків у стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси складає

$$N_{\text{ВП}} = \bar{N}_{\text{ВП}} + t\sigma_{N_{\text{ВП}}} = \frac{n_{B_0}}{\mu} (n_{B_0} + t\sigma_{n_{B_0}}), \quad (22)$$

де μ - середнє число видобувних одиниць у стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси в одному блоці.

Число блоків у стадії буріння вибухових свердловин є достатнім для забезпечення числа блоків у стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси. Величина $N_{\text{обп}}$ визначається з урахуванням нерівномірності проведення очисних робіт, тобто з резервом

$$N_{\text{обп}} = \bar{N}_{\text{обп}} + t\sigma_{N_{\text{обп}}}, \quad (23)$$

де $\bar{N}_{\text{обп}}$ і $\sigma_{N_{\text{обп}}}$ - відповідно середнє значення і середнє квадратичне відхилення числа блоків у стадії буріння вибухових свердловин до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси.

Показники $\bar{N}_{\text{обп}}$ і $\sigma_{N_{\text{обп}}}$ визначаються із умови погодженості процесів буріння вибухових свердловин і випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси в блоках

$$\frac{N_{\text{обп}}}{t_{\text{обп}}} = \frac{N_{\text{ВП}}}{t_{\text{ВП}}}, \quad (24)$$

де $t_{\text{обп}}$ - час буріння вибухових свердловин у блоці до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси; $t_{\text{ВП}}$ - тривалість стадії випуску розпушеної залізорудної маси у блоці.

Умова (24) є співвідношення між випадковими величинами і визначається за формулами

$$\bar{N}_{\text{обп}} = \frac{\bar{N}_{\text{ВП}} \bar{t}_{\text{обп}}}{\bar{t}_{\text{ВП}} (1 + V_{t_{\text{ВП}}}^2)} (1 + V_{t_{\text{ВП}}}^2 + V_{t_{\text{ВП}}} \sqrt{V_{N_{\text{ВП}}}^2 + V_{t_{\text{обп}}}^2}), \quad (25)$$

$$\sigma_{N_{\text{обп}}} = \frac{1}{\sigma_{t_{\text{обп}}}} (\bar{N}_{\text{обп}} \bar{t}_{\text{ВП}} - \bar{N}_{\text{ВП}} \bar{t}_{\text{обп}}), \quad (26)$$

де $\bar{N}_{\text{ВП}}$, $\bar{t}_{\text{обп}}$, $\bar{t}_{\text{ВП}}$ - середні значення; $\sigma_{N_{\text{ВП}}}$, $\sigma_{t_{\text{обп}}}$, $\sigma_{t_{\text{ВП}}}$ - середні квадратичні відхилення; $V_{N_{\text{ВП}}}$, $V_{t_{\text{обп}}}$, $V_{t_{\text{ВП}}}$ - коефіцієнти варіації величин $N_{\text{ВП}}$, $t_{\text{обп}}$, $t_{\text{ВП}}$

Показники $\sigma_{t_{\text{ВП}}}$ і $t_{\text{ВП}}$ встановлюються за фактичним даними роботи гірничовидобувного підприємства. У цьому випадку є ймовірність завищення значень показників у зв'язку з тим, що продуктивність окремих блоків буде занижена (при надлишковій кількості). При

розрахунках показників $\sigma_{\text{вп}}$ і $t_{\text{вп}}$ аналізується робота блоків і виключаються прості, які не пов'язані з виробничою необхідністю. Показники $\sigma_{\text{вп}}$ і $t_{\text{вп}}$ визначаються розрахунковим шляхом, використовуючи рівність

$$t_{\text{вп}i} = \frac{q_{\text{п}i}}{d_i}, \quad (27)$$

де $t_{\text{вп}i}$, $q_{\text{п}i}$ і d_i - відповідно час випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси, готові до видобування балансово-промислові запаси і продуктивність i -го блоку.

Величина $q_{\text{п}i}$ визначається з урахуванням втрат балансово-промислових запасів і засмічення вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків у розпушеній залізорудній масі

$$q_{\text{п}i} = q_{\text{бц}i} + \Pi_{\text{п}i} - B_{\text{п}i}, \quad (28)$$

де $q_{\text{бц}i}$ - вихідні балансово-промислові запаси i -го блоку; $\Pi_{\text{п}i}$ і $B_{\text{п}i}$ - відповідно втрати балансово-промислових запасів і засмічення вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків при видобутку балансово-промислових запасів i -го блоку.

Розглядаючи показники, які входять у вираз (28), як випадкові величини і застосовуючи операції математичного очікування і дисперсії, отримується два співвідношення [13–15]

$$\bar{q}_{\text{п}} = \bar{d} \bar{t}_{\text{вп}} + r_{d t_{\text{вп}}} \sigma_d \sigma_{t_{\text{вп}}}, \quad (29)$$

$$\sigma_{q_{\text{п}}}^2 = \sigma_d^2 \sigma_{t_{\text{вп}}}^2 + \bar{d}^2 \sigma_{t_{\text{вп}}}^2 + \bar{t}_{\text{вп}}^2 \sigma_d^2 + r_{d_{\text{ме}}}^2 \sigma_d^2 \sigma_{t_{\text{вп}}}^2 + 2 \bar{d} \bar{t}_{\text{вп}} r_{d_{\text{ме}}} \sigma_d \sigma_{t_{\text{вп}}}. \quad (30)$$

Виконується вирішення двох рівнянь із двома невідомими $\bar{t}_{\text{вп}}$, $\sigma_{t_{\text{вп}}}$ і отримується

$$\sigma_{t_{\text{вп}}} = \frac{1}{r_{d_{\text{тв}}} \sigma_d} (\bar{q}_{\text{п}} - \bar{d} \bar{t}_{\text{вп}}), \quad (31)$$

$$\bar{t}_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{\bar{q}_{\text{п}} (1 + V_d^2)^2}{\bar{d}^2 [r_{d_{\text{тв}}}^2 V_d^2 (1 - V_d^2) - 1 - V_d^2]} - \frac{r_{d_{\text{тв}}}^2 V_d^2 \bar{q}_{\text{п}} (V_{q_{\text{п}}}^2 - 1) - \bar{q}_{\text{п}}^2 (1 + V_d^2)}{\bar{d}^2 [r_{d_{\text{тв}}}^2 V_d^2 (1 - V_d^2) - 1 - V_d^2]}}, \quad (32)$$

де V_d і $V_{q_{\text{п}}}$ - коефіцієнти варіації величин d_i і $q_{\text{п}i}$ - коефіцієнт кореляції $r_{d t_{\text{тв}}}$ у розглянутому діапазоні мінливості мінливих на діючих гірничовидобувних підприємствах близький до - 1.

Для практичних розрахунків вирази (31) і (32) спрощуються і набувають виду

$$\sigma_{t_{\text{вп}}} = \frac{1}{\sigma_d} (\bar{d} \bar{t}_{\text{вп}} - \bar{q}_{\text{п}}), \quad (33)$$

$$\bar{t}_{\text{вп}} = \frac{\bar{q}_{\text{п}}}{\bar{d} (1 + V_d^2)} [1 + V_d^2 + V_d \sqrt{V_{q_{\text{п}}}^2 (1 + V_d^2) - 2 V_d^4}]. \quad (34)$$

Розглянуто умови, які треба врахувати, що час на обурення масиву готових до видобування балансово-промислових запасів блока до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси дорівнює часу обурення масиву готових до видобування балансово-промислових запасів першої видобувної одиниці у блоці. Тому $\bar{t}_{\text{обп}} = \bar{t}_{\text{об}}$ і $\sigma_{t_{\text{обп}}} = \sigma_{t_{\text{об}}}$

$$N_{\text{н}} = \bar{N}_{\text{н}} + t \sigma_{N_{\text{н}}}, \quad (35)$$

де $\bar{N}_{\text{н}}$ і $\sigma_{N_{\text{н}}}$ - відповідно середнє значення і середнє квадратичне відхилення числа блоків у стадії нарізних робіт до початку очисного виймання балансово-промислових запасів.

$$\frac{N_{\text{вп}}}{t_{\text{вп}}} = \frac{N_{\text{н}}}{t_{\text{н}}} \quad \text{або} \quad \frac{N_{\text{вп}}}{t_{\text{н}}} = \frac{N_{\text{н}}}{t_{\text{вп}}}. \quad (36)$$

$$\bar{N}_{\text{н}} = \frac{\bar{N}_{\text{вп}} \bar{t}_{\text{н}}}{\bar{t}_{\text{вп}} (1 + V_{t_{\text{вп}}}^2)} (1 + V_{t_{\text{н}}}^2 + V_{t_{\text{н}}} \sqrt{V_{N_{\text{вп}}}^2 + V_{t_{\text{н}}}^2}). \quad (37)$$

$$\sigma_{N_{\text{н}}} = \frac{1}{\sigma_{t_{\text{вп}}}} (\bar{N}_{\text{н}} \bar{t}_{\text{вп}} - \bar{N}_{\text{вп}} \bar{t}_{\text{н}}). \quad (38)$$

Показники \bar{t}_n , σ_{t_n} і V_{t_n} визначаються за фактичним даними роботи підприємства

$$\bar{t}_n = \frac{1}{N_6} \sum_1^{N_6} t_{ni} \quad (39)$$

$$\sigma_{t_n}^2 = \frac{1}{N_6} \sum_1^{N_6} (t_{ni} - \bar{t}_n)^2 \quad (40)$$

Визначається, що час проведення нарізних робіт t_{ni} у i -му блоці до початку очисного виймання балансово-промислових запасів характеризується обсягом нарізних виробок ω_i , числом прохідницьких бригад $n_{нбi}$, зайнятих на цих роботах у блоці і продуктивністю $d_{нбi}$

$$t_{ni} = \frac{\omega_i}{n_{нбi} d_{нбi}} \quad (41)$$

де $\bar{d}_{нбi}$ - середня продуктивність однієї бригади прохідників у i -му блоці при виконанні нарізних робіт [16–17].

Переведення балансово-промислових запасів при підземному способі видобутку з дільниць рудного тіла і покладу родовища магнетитових роговиків у категорію розкритих проводиться дільницями, для яких виконані гірничо-капітальні роботи. У методичному відношенні нормування розкритих балансово-промислових запасів аналогічно нормуванню підготовлених до видобутку балансово-промислових запасів, тільки замість блоків слід розглядати дільниці, які складаються із груп блоків. У результаті нормування розкритих балансово-промислових запасів встановлюється число дільниць, які перебувають в очисному вийманні, у стадії проведення нарізних робіт до початку очисного виймання балансово-промислових запасів і у стадії проведення гірничопідготовчих робіт до початку нарізних. Якщо на дільниці у стадії випуску відбитих балансово-промислових запасів перебуває в середньому ν блоків, то всього у стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси перебуває $N_{B_0} = \frac{1}{\nu} N_{B_{\text{вп}}}$

дільниць. З цієї рівності випливає, що $\bar{N}_{B_0} = \frac{1}{\nu} \bar{N}_{B_{\text{вп}}}$ і $\sigma_{N_{B_0}} = \frac{1}{\nu} \sigma_{N_{B_{\text{вп}}}}$. Число дільниць $N_{B_{\text{вп}}}$ у стадії буріння вибухових свердловин до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси визначається з умови погодженості процесів очисного виймання балансово-промислових запасів [18–19]

$$N_{B_{\text{об}}} = \frac{1}{t_{B_0}} N_{B_0} t_{B_{\text{об}}} \quad (42)$$

де t_{B_0} і $t_{B_{\text{об}}}$ - відповідно тривалість виймання готових до видобування балансово-промислових запасів, що видобуваються з дільниці і тривалість буріння вибухових свердловин до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси.

З рівності (42), яка віддзеркалює співвідношення випадкових величин, отримуються формули для рівності показників $\bar{N}_{B_{\text{об}}}$ і $\sigma_{N_{B_{\text{об}}}}$ за аналогією з виразами (37) і (38). Спрощені варіанти цих формул для умов залізорудних шахт Кривбасу [20; 21], мають наступний вигляд

$$\bar{N}_{B_{\text{об}}} = \frac{\bar{N}_{B_0} \bar{t}_{B_{\text{об}}}}{\bar{t}_{B_0} (1 + V_{t_{B_0}}^2)} (1 + V_{t_{B_0}}^2 + V_{t_{B_0}} \sqrt{V_{N_{B_0}}^2 + V_{t_{B_{\text{об}}}}^2}), \quad (43)$$

$$\sigma_{N_{B_{\text{об}}}} = \frac{1}{\sigma_{t_{B_0}}} (\bar{N}_{B_{\text{об}}} \bar{t}_{B_0} - \bar{N}_{B_0} \bar{t}_{B_{\text{об}}}), \quad (44)$$

де \bar{N}_{B_0} , \bar{t}_{B_0} , $\bar{t}_{B_{\text{об}}}$ - середні значення; $\sigma_{N_{B_0}}$, $\sigma_{t_{B_0}}$, $\sigma_{t_{B_{\text{об}}}}$ - середні квадратичні відхилення; $V_{N_{B_0}}$, $V_{t_{B_0}}$, $V_{t_{B_{\text{об}}}}$ - коефіцієнти варіації величин N_{B_0} , t_{B_0} , $t_{B_{\text{об}}}$.

Забезпечення роботою $N_{B_0} = \bar{N}_{B_0} + t \sigma_{N_{B_0}}$ дільниць на стадії випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси, вимагає на стадії буріння вибухових свердловин до початку випуску магнетитових роговиків розпушеної залізорудної маси мати $N_{B_0} = \bar{N}_{B_{\text{об}}} + t \sigma_{N_{B_{\text{об}}}}$ дільниць, де t - коефіцієнт ймовірності. Встановлюється число дільниць у стадіях проведення нарізних

робіт до початку буріння вибухових свердловин і гірничопідготовчих робіт до початку нарізних. Умови погодженості у проведенні гірничих робіт наступні

$$\frac{N_{B_0}}{t_{B_0}} = \frac{N_{BH}}{t_{BH}} = \frac{N_{BP}}{t_{BP}} \quad (45)$$

де N_{BH} , N_{BP} - число дільниць відповідно у стадіях проведення нарізних робіт до початку очисного виймання балансово-промислових запасів і гірничопідготовчих робіт до початку нарізних; t_{BH} , t_{BP} - відповідно тривалість нарізних робіт на дільниці до початку очисного виймання балансово-промислових запасів і гірничопідготовчих робіт на дільниці до початку нарізних.

Формули для розрахунків показників N_{BP} і $\sigma_{N_{BP}}$ такого ж виду, як вирази (37) і (38)

$$\bar{N}_{BH} = \frac{\bar{N}_{B_0} \bar{t}_{BH}}{t_{B_0} (1 + V_{t_{B_0}}^4)} (1 + V_{t_{B_0}}^2 + V_{t_{B_0}} \sqrt{V_{N_{B_0}}^2 + V_{t_{BH}}^2}), \quad (46)$$

$$\sigma_{N_{BH}} = \frac{1}{\sigma_{t_{B_0}}} - (\bar{N}_{BH} \bar{t}_{B_0} - \bar{N}_{B_0} \bar{t}_{BH}), \quad (47)$$

де \bar{t}_{BH} , $V_{t_{BH}}$ - відповідно середнє значення і коефіцієнт варіації величини t_{BH} . Нормативне число дільниць у стадії нарізних робіт до початку очисного виймання балансово-промислових запасів з урахуванням резерву, який компенсує нерівномірність гірничих робіт, складе величину $N_{BH_0} = \bar{N}_{BH} + t \sigma_{N_{BH}}$. Значення величин \bar{t}_{BH} і $\sigma_{t_{BH}}$, які входять у вирази (46) і (47), встановлюються за фактичними даними роботи гірничовидобувного підприємства

$$\bar{t}_{BH} = \frac{1}{n_y} \sum_1^{n_y} t_{BH_i}, \quad (48)$$

$$\sigma_{t_{BH}}^2 = \frac{1}{n_y} \sum_1^{n_y} (t_{BH_i} - \bar{t}_{BH})^2, \quad (49)$$

де t_{BH_i} - час проведення нарізних робіт в i -ій дільниці до початку очисного виймання балансово-промислових запасів; n_y - число розглянутих дільниць.

Нормативне число дільниць на стадії проведення гірничопідготовчих робіт до початку нарізних з урахуванням резерву, який компенсує нерівномірність гірничо-технологічних робіт, складе величину $\bar{N}_{BP_0} = \bar{N}_{BP} + t \sigma_{N_{BP}}$. Формули для розрахунків показників \bar{N}_{BP} і $\sigma_{N_{BP}}$ отримуються з умови (45), а спрощений варіант цих формул має такий вигляд

$$\bar{N}_{BH} = \frac{\bar{N}_{B_0} \bar{t}_{BP}}{t_{B_0} (1 + V_{t_{B_0}}^4)} (1 + V_{t_{B_0}}^2 + V_{t_{B_0}} \sqrt{V_{N_{B_0}}^2 + V_{t_{BP}}^2 - V_{t_{BH}}^4}), \quad (50)$$

$$\sigma_{N_{BP}} = \frac{1}{\sigma_{t_{B_0}}} - (\bar{N}_{BP} \bar{t}_{B_0} - \bar{N}_{B_0} \bar{t}_{BP}), \quad (51)$$

де \bar{t}_{BP} , $V_{t_{BP}}$ - відповідно середнє значення і коефіцієнт варіації величини t_{BP} . Значення цих показників встановлюється за фактичними даними роботи гірничовидобувного підприємства.

Розмах коливань розкритих балансово-промислових запасів залежить від розміру дільниць рудного тіла і покладу родовища магнетитових роговиків і від характеру введення дільниць у стадію гірничопідготовчих робіт, який є послідовним, одночасним і нерівномірним. У тому випадку, коли введення дільниць у стадію проведення гірничопідготовчих робіт здійснюється нерівномірно групами по N'_B дільниць, з урахуванням припустимих відхилень отримується вираз для розрахунків нормативної величини розкритих балансово-промислових запасів

$$H_B = q_B (0,5 N_{B_0} + N_{об0} + N_{BH_0} + N_{BP_0} \pm 0,5 N'_B k_{HB}) + \Delta H_{B_2}, \quad (52)$$

де \bar{q}_B - середня величина готових до видобування балансово-промислових запасів з дільниці магнетитових роговиків; k_{HB} - коефіцієнт нерівномірності введення груп дільниць у стадію проведення гірничопідготовчих робіт.

Значення коефіцієнтів $k_{нв}$ розраховується за формулою

$$k_{нв} = 1 + \frac{t\sigma_{T_B}}{T_B} = 1 + V_{m_e}, \quad (53)$$

де T_B і σ_{T_B} - відповідно середнє значення і середнє квадратичне відхилення інтервалів часу між введеннями груп дільниць у стадію проведення гірничопідготовчих робіт; t - коефіцієнт ймовірності; V_{m_e} - коефіцієнт варіації.

Нормативна величина розкритих балансово-промислових запасів, встановлена за запропонованою методикою, ухвалюється в якості нормативу розкритих балансово-промислових запасів. Статистичні розподіли числа видобувних одиниць у різних стадіях проведення гірничих робіт мають характер близький до зрізаних нормальних розподілів з розмахом коливань, які не перевищують величину середніх квадратичних відхилень. Для уникнення як дефіциту, так і надлишку видобувних одиниць при розрахунках нормативів розкритих, підготовлених і готових до видобування балансово-промислових запасів, коефіцієнт ймовірності t у формулах встановлюється за обліком фактичних даних роботи гірничовидобувного підприємства з підземним способом видобутку магнетитових роговиків

$$t = \frac{(N_{max} - \bar{N})}{\sigma_N}, \quad (54)$$

де N_{max} , \bar{N} , σ_N - відповідно максимальне, середнє значення і середнє квадратичне відхилення числа видобувних одиниць у певній стадії гірничих робіт (при незмінній продуктивності гірничовидобувного підприємства). При наближених розрахунках приймається $t=1,7$.

Для нормування балансово-промислових запасів за ступенем підготовленості до видобування при підземному способі видобутку організовується і проводиться систематичний облік даних видобутку балансово-промислових запасів кожної видобувної одиниці. При відсутності оперативного і зведеного обліку видобутку балансово-промислових запасів кожної видобувної одиниці, здійснити нормування за ступенем підготовленості до видобутку балансово-промислових запасів не представляється можливим.

Таким чином, на підставі проведених досліджень відповідно до викладеної методики розглянуті питання нормування підготовленості балансово-промислових запасів за технічними критеріями при підземному способі видобутку запасів магнетитових роговиків. Методика нормування розроблена з урахуванням сполучення очисних, нарізних і підготовчих робіт, нерівномірності процесів гірничо-технологічних робіт, стрибкоподібного характеру мінливості розкритих, підготовлених і готових до видобування балансово-промислових запасів. Встановлені залежності між параметрами і характеристиками процесів видобутку балансово-промислових запасів, усереднення вмісту якісно-технологічних показників магнетитових роговиків у товарній залізорудній масі і підготовленості до видобування розглядаються як основа для розробки методів спільної оптимізації всієї системи маркшейдерського забезпечення робіт для управління балансово-промисловими запасами на гірничовидобувних підприємствах за економічними критеріями.

Список літератури

1. Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых. (1987). / Госгортехнадзор СССР – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 591 с.
2. Инструкция по определению и учету вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых на горных предприятиях Минчермета СССР. (1974). – Белгород, Книжное изд-во ВИОГЕМ, 1974. – 56 с.
3. Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Минчермета СССР (1975). – Белгород, ВИОГЕМ, 1975. – 106 с.
4. Методические рекомендации по определению нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче на стадии проектирования горных предприятий Минчермета СССР. (1981). – Белгород: ВИОГЕМ, 1981. – 84 с.

5. Адигамов Я.М. (1973). Нормирование запасов руд по степени подготовленности к добыче. / Я.М. Адигамов, В.Н. Зарайский. – М.: Недра, 1973. – 261 с.
6. Ушаков И.Н. (1979). Горная геометрия. / И. Н. Ушаков. – М.: Недра. – 1979. – 440 с.
7. Вилкул Ю.Г. (1997). Оптимизация промышленных запасов на основе геометризации качественных признаков руды. / Ю.Г. Вилкул, Н.В. Шолох // в сб. «Современные пути развития маркшейдерско-геодезических работ на базе передового отечественного и зарубежного опыта». Всеукраинская науч.-техн. конференция 21–23 мая 1997. – Днепропетровск: НГА, 1997. – Вып. 1. – 288 с.
8. Инструкция по производству маркшейдерских работ. (1987). – ВНИМИ. – М.: Недра, 1987. – 240 с.
9. Шолох Н.В. (2002). Программный модуль оптимизации промышленных запасов на глубоких железорудных карьерах. / Н.В. Шолох // Качество минерального сырья. – Кривой Рог, 2002. – С. 290–293.
10. Шолох Н.В. (2007). Оптимизация вскрытых запасов руды и направления горных работ в карьере. / Н.В. Шолох // Вісник КТУ, – Випуск № 16. – Кривий Ріг. – КТУ, 2007. – С. 42–44.
11. Шолох М.В. (2017). Нормування готових до видобування балансово-промислових запасів залізистих кварцитів при відкритому способі. / М.В. Шолох // Сб. научных трудов «Качество минерального сырья». – ФАП Черняховский Д.А. – Кривой Рог, 2017. – С. 471–478.
12. Шолох М.В. (2018). Нормування балансово-промислових запасів залізистих кварцитів за ступенем підготовленості до видобутку. – pp. 742–761. / М.В. Шолох // The Second International scientific congress of scientists of Europe. – Proceedings of the II International Scientific Forum of Scientists «East–West» (May 10–11, 2018). Premier Publishing s. r. o. Vienna. 2018. 822 p.
13. Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. (2019). – Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 05. 03. 2019. – 400 p. / M.V. Sholokh, M.P. Sergieieva // Mine surveying support of controlling losses of balance industrial reserves. – pp. 343–362. ISBN 978-973-741-622-3.
14. Федоренко П.И. (2007). Определение погрешности и точности оптимизации промышленных запасов по техническим и экономическим факторам / П.И. Федоренко, Н. В. Шолох // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2007. – Вып. 91. – С. 87–90.
15. Шолох Н.В. (2002). Оптимальные алгоритмы и программы для автоматизации построения горно-геометрических графиков. / Н.В. Шолох // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2002. – Вып. 78. – С. 179–182.
16. Innovative development of resource-saving technologies for mining. Multi-authored monograph. (2018). – Sofia: Publishing House «St. Ivan Rilski», 27. 02. 2018. – 439 p. / M.V. Sholokh, S.M. Sholokh, M.P. Sergieieva // An analysis of surveyor control of losses of balance-industrial supplies is at mastering of bowels of the earth. pp. 415–438. ISBN 978-973-741-622-3.
17. Development of scientific foundations of resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph. (2018). – Sofia: Publishing House «St. Ivan Rilski», 27. 03. 2018. – 264 p. / M.V. Sholokh // Determination and research of norms of the ferrous quartzites prepared to booty. pp. 25–52. ISBN 978-954-353-355-8.
18. Topical issues of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. (2018). – Petroșani. Romania: UNIVERSITAS Rublishing, 29. 05. 2018. – 270 p. / M.V. Sholokh // Optimization of preparedness for extraction of balance-industrial mineral reserves. pp. 133–165. ISBN 978-973-741-585-1.
19. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. (2018). – Petroșani. Romania: UNIVERSITAS Rublishing, 30. 08. 2018. – 363 p. / M.V. Sholokh // Estimation of content of quality indexes of minerals in array of rogitinums of magnetite and in stream of iron-ore mass. pp. 180–208. ISBN 978-973-741-592-9.
20. Шолох Н.В. (2007). Определение погрешности и точности оптимизации промышленных запасов по технологическим и экономическим факторам. / П.И. Федоренко, Н.В. Шолох, О.К. Панченко, Т.А. Подойницына // – Разраб. рудн. месторожд.: науч. - техн. сб. – Кривой Рог, 2007. – Вып. 91. – С. 87–90.
21. Шолох М.В. (2017). Нормування балансово-промислових запасів залізистих кварцитів по ступеню підготовленості до видобування відкритим способом / М.В. Шолох // Науково-технічний збірник ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг, 2017. – Вип. 45. – С. 172–178.