

УДК 622.271.3

Ю.І. ГРИГОР'ЄВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ГОЛОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАР'ЄРУ ПРИ КОМПЛЕКСНОМУ ОСВОЄННІ ТЕХНОГЕННИХ І ГЕОГЕННИХ РОДОВИЩ

Розглянуто стан комплексного освоєння родовищ Криворізького залізорудного басейну. Виділено можливі джерела формування техногенних родовищ залізопереробної гірничо-металургійної галузі та основні напрями комплексного освоєння родовищ. Досліджено застосування основних критеріїв оцінки проектних рішень для умов сумісної розробки техногенних і природних родовищ, зокрема мінімальний промисловий вміст корисного компоненту, коефіцієнт кондиційності, коефіцієнт витратності, коефіцієнт розкриття, коефіцієнт гірничої маси, виявлено їх аналітичний взаємозв'язок.

**Вступ.** Закон України «Про надра» серед основних принципів політики у сфері користування надрами спонукає користувачів надр до «раціонального, комплексного використання надр забезпечувати безпеку навколишнього природного середовища». В Законі України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України до 2030 року» серед шляхів розв'язання існуючих економічних проблем значиться «впровадження раціональних способів розробки комплексних родовищ і вилучення супутніх компонентів» як одного з основних кроків.

Тенденція до слідування даним принципам обумовлена тим, що виробничі потужності і строки роботи гірничих підприємств прямо залежні від кількості запасів корисних копалин і умов їх залягання.

Ця особливість визначає екстенсивний характер структури капітальних вкладень у розвиток гірничодобувної галузі. Вплинути на цю ситуацію можна шляхом переходу на комплексне освоєння родовищ. Подібний підхід у веденні гірничих робіт забезпечить істотне зниження питомих капітальних витрат і підвищить фондівдачу гірничодобувних підприємств [3].

Для умов Криворізького залізорудного басейну, що є сировинною базою для одного з найпотужніших гірничодобувних комплексів і впевнено входить до четвірки найбільших гірничодобувних регіонів світу, питання комплексного освоєння родовищ набуває все більшої значущості. За різними оцінками у Криворізькому басейні накопичено близько 8 млрд т промислових відходів, а щорічний економічний збиток від забруднення навколишнього середовища оцінюється в 300 млн дол. При цьому близько 60 % обсягів відвалів гірничодобувних підприємств, 20 % лежалих хвостів збагачувальних фабрик і в повній кількості відходи металургійної переробки гірничо-металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» представляють собою залізорудну сировину з показниками, що висуваються збагачувальними підприємствами [4].

**Теоретична частина.** Аналіз наукових робіт по даному напрямку і досвід роботи найбільших вітчизняних і зарубіжних кар'єрів свідчать, що на головні параметри відкритої розробки найбільшим чином впливають характер поширення руд за кількістю та якістю в межах кар'єрного поля. Тому на етапі створення проекту освоєння родовища повинна проводитися оптимізація геометричних параметрів кар'єра з метою встановлення оптимальних параметрів відкритих гірничих робіт за обраним критерієм оптимізації з урахуванням реальних умов залягання родовища і якісного складу руд. В основі оптимізації розвитку гірничих робіт повинна лежати умова найбільш повного вилучення корисної копалини в необхідній якості і кількості при мінімальних витратах на розробку.

Принцип оптимізації параметрів відкритих гірничих робіт передусім базується на встановленні кондицій на мінеральну сировину в конкретних географічних, гірничо-геологічних та економіко-екологічних умовах.

Загальновідомо, що кондиції відображають вимоги промисловості до якості мінеральної сировини (бортовий і мінімальний промисловий вміст  $Fe_{\text{заг}}$ , вимоги до виділення типів руд тощо), а також вимоги до гірничотехнічних умов розробки родовища (мінімальна промислова потужність рудних тіл, максимальна потужність прошарків пустих порід, мінімальний коефіцієнт рудоносності). Тому очевидно, що кондиції і технологічні показники відкритих гірничих робіт взаємопов'язані [5].

Комплексне освоєння родовищ дозволяє підвищити питому вилучаєму цінність корисної копалини, а отже, знизити межу мінімального промислового вмісту і розширити контури розробки, збільшити глибину кар'єра і тим самим залучити в експлуатацію додаткові запаси корисних копалин. З іншого боку, при незмінному контурі кар'єру можливе зниження експлуатаційного коефіцієнта розкриття і, відповідно, собівартості видобутку.

Комплексне освоєння родовищ передбачає максимально повну переробку гірської маси, що міститься в проектних контурах кар'єра, зокрема і тієї, що розміщена у техногенних родовищах.

На рис. 1 наведено основні джерела формування техногенної сировини залізопереробної гірничо-металургійної галузі.

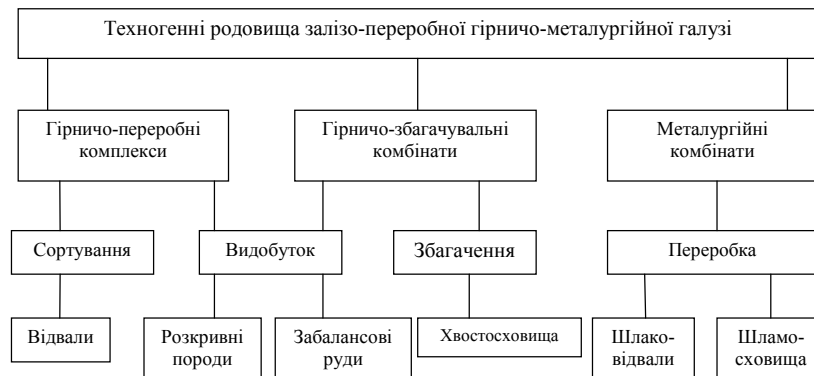


Рис. 1. Основні джерела формування техногенної сировини

До основних напрямів комплексного освоєння родовищ відносять:

переробку побіжних корисних копалин, які вилучаються в процесі ведення видобувних робіт;

переробку порід, що розміщені у відвалах і придатних для промислового освоєння;

переробку відходів збагачення у хвосто- і шламо-

сховищах з метою більш повного вилучення корисних компонентів.

Отже, вихідною сировиною для виробництва товарної продукції можуть служити руда основного видобутку з кар'єру, побіжні корисні копалини з кар'єру, бідні руди відвалів, багаті піски, складовані як відходи процесу збагачення і шлами металургійної переробки.

Технічна можливість вилучення корисних компонентів визначається їх вмістом і технологічними властивостями. Техніко-економічна оцінка доцільності розробки техногенних родовищ і обґрунтування кондицій виконуються з урахуванням попиту і пропозиції на дану сировину на ринку, економіки підприємства, наявності виробничих потужностей і можливості їх реконструкції чи будівництва нових переробних комплексів, збитку навколишньому середовищу тощо.

Унаслідок свого генезису техногенні родовища значно відрізняються від геогенних (природних) за такими чинниками:

усі техногенні родовища, як правило, знаходяться на поверхні;

техногенну сировину представлено зруйнованими до різної крупності гірськими породами, бідними рудами та продуктами їх переробки;

у більшості випадків вони представлені як нерудними, так і рудними відходами гірничо-збагачувальної і металургійної переробки.

Терміни освоєння техногенних родовищ від розвідки до отримання готового продукту значно менші, ніж для геогенних. При цьому собівартість готових продуктів з техногенної сировини нижча первинної собівартості сировини, що добувається з надр.

Як наслідок, розробка техногенних родовищ характеризується низькими витратами на підготовку порід до виймання, їх екскавацію і транспортування, оскільки корисна копалина у відвалах є достатньо подрібненою, а транспортування відбувається переважно зверху вниз. У випадку розробки хвостосховищ витрати на виймання багатих пісків також значно менші, ніж при розробці геогенних родовищ.

При розробці техногенних родовищ спільно з геогенними (природними), як і при комплексному освоєнні родовищ з вийманням супутніх корисних копалин, частина відходів збагачення і порід розкриття відноситься до корисних копалин, тим самим підвищуючи прибуток від реалізації товарної продукції на одиницю розробленої гірської маси та зменшуючи питомі витрати на виймання корисних копалин, що приводить до зниження мінімального промислового вмісту. Таким чином, комплексне освоєння родовищ підвищує контурний коефіцієнт розкриття і глибину відпрацювання родовища, знижує мінімальний промисловий вміст корисного компонента, що впливає на можливу виробничу потужність, режим гірничих робіт у кар'єрі та інші параметри відкритої розробки.

Аналіз досвіду роботи найбільших гірничовидобувних підприємств Криворізького залізорудного басейну дозволяє говорити про низький рівень комплексності освоєння родовищ. Вирішення цієї проблеми неможливе без вдосконалення методології визначення та оптимізації головних параметрів кар'єрів, що забезпечують повноту вилучення та максимальну прибутковість комплексного відпрацювання родовищ корисних копалин, що включає відпрацювання техногенних родовищ спільно з геогенними. Удосконалення такої методології неможливе без ґрунтового аналізу теоретичних основ сумісної розробки техногенних і геогенних родовищ.

Оцінка економічної ефективності залучення різних сортів корисних копалин на різних ділянках кар'єру в розробку, а також порядок цього залучення можуть бути виконані за допомогою оцінки кондиційності запасів з урахуванням цінності кінцевої продукції, одержуваної при вилученні всіх корисних компонентів і витрат на виробництво даної продукції. З цією метою досліджувані кар'єри умовно розділяють на зони (блоки), які характеризуватимуться різним вмістом руди, а також корисними компонентами у породах розкриття, що можуть приносити додатковий дохід. Кожен з таких блоків матиме власний коефіцієнт кондиційності, на основі якого можна зробити висновок про економічну доцільність і обсяг розробки певної зони кар'єру.

Слід зауважити, що поняття «основного компонента» є відносним і мінливим в часі. Для кожного моменту часу основним буде вважатися той вид корисної копалини, що приносить найбільший прибуток. Але під впливом зовнішніх факторів (попит на кожний вид корисної копалини, наявність в регіоні родовищ тих же корисних копалин, рівень науково-технічного прогресу в галузі переробки сировини, екологічне становище, кліматичні фактори тощо) основна корисна копалина може стати побіжною і навпаки.

За своїм змістом коефіцієнт кондиційності дорівнює відношенню цінності кінцевої продукції  $C_i$ , що вилучається з 1 т корисної копалини при відпрацюванні певного блоку кар'єру, до витрат на видобуток корисної копалини і її переробку  $Z_i$  [5]. Значення коефіцієнту кондиційності залежить від багатьох факторів, зокрема від мінімального промислового вмісту корисного компоненту. Регулюючи його значення, можна впливати на коефіцієнт кондиційності. Тому коефіцієнт кондиційності по кар'єру слід розраховувати при попередньо встановленому значенні мінімального промислового вмісту. Так, за умов кризи, нестабільного попиту, низьких цін його доцільно збільшити, а за умов стійкого попиту і високих цін на гірничу продукцію дещо знизити.

Коефіцієнт кондиційності можна визначити за формулою

$$K_{\text{конд}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} \quad (1)$$

Враховуючи залежні величини, цінність, що вилучається з даного блоку, розраховується за виразом

$$C_i = 0,01 \alpha_i K_{\text{к}} \varepsilon_{\text{збі}} (C_{\text{ммі}} - Z_{\text{ммі}}), \quad (2)$$

де  $\alpha_i$  - вміст  $i$ -го корисного компоненту, %;  $K_{\text{к}}$  - коефіцієнт зміни якості корисної копалини при видобутку, долі од;  $\varepsilon_{\text{збі}}$  - вилучення при збагаченні  $i$ -го корисного компоненту, долі од;  $C_{\text{ммі}}$  - ціна 1 т  $i$ -ї кінцевої продукції, що вилучається з  $i$ -го корисного компоненту;  $Z_{\text{ммі}}$  - сума витрат на транспортування  $i$ -го продукту збагачення і переробку до стадії кінцевої продукції, грн/т.

При цьому формула розрахунку витрат на видобуток корисної копалини з надр буде розраховуватися за принципом суми економічно-однорідних елементів

$$Z_i = a_{\text{під}}^i + a_{\text{екс}}^i + a_{\text{тр}}^i, \quad (3)$$

де  $a_{\text{під}}$  - витрати на підготовку порід до виймання, грн/т;  $a_{\text{екс}}$  - витрати на екскавацію, грн/т;  $a_{\text{тр}}$  - витрати на транспортування корисної копалини, грн/т.

З урахуванням виразів (2), (3) формула розрахунку коефіцієнту кондиційності прийматиме вигляд

$$K_{\text{конд}} = \frac{\sum_{i=1}^n 0,01 \alpha_i K_{\text{к}} \varepsilon_{\text{збі}} (C_{\text{ммі}} - Z_{\text{ммі}})}{\sum_{i=1}^n a_{\text{під}}^i + a_{\text{екс}}^i + a_{\text{тр}}^i} \quad (4)$$

Коефіцієнт кондиційності  $K_{\text{конд}}$  враховує витрати на видобуток і переробку різних видів сировини, цінність продукції, що отримується і дає можливість оцінити кондиційність будь-якого

обсягу корисної копалини - рудного тіла в цілому або його частини, різних типів і сортів руд, різних корисних копалин. Відносними одиницями, які фізично виражають перевищення допустимих витрат на видобуток даного виду корисної копалини над необхідними витратами, дуже зручно користуватися при графоаналітичному методі.

Мінімальний промисловий вміст - це показник, що відображає такий мінімальний вміст корисних компонентів у руді, нижче якого руда стає непридатною для промислової розробки, а її видобуток і переробка стають економічно недоцільними.

Зазвичай, мінімальний промисловий вміст менше середнього вмісту компоненту у запасах, а тому він має забезпечити таку економічну цінність руди, яка перевищить повні витрати на її видобуток і переробку. Для однокомпонентних руд мінімальний промисловий вміст визначається, виходячи з рівності значень фінансових витрат і вилученої економічної цінності згідно виразу (5)

$$\alpha_{\min} = \frac{B_{en}}{C\varepsilon(1-r)} 100\%, \quad (5)$$

де  $\alpha_{\min}$  - мінімальний промисловий вміст металу у руді, %;  $B_{en}$  - витрати на видобуток і переробку 1 т руди, грн/т;  $C$  - оптова ціна корисного компонента в товарній продукції, грн/т;  $r$  - коефіцієнт засмічення рудної маси, долі. од.;  $\varepsilon$  - коефіцієнт вилучення руди при видобутку, долі. од.

Для умов комплексного освоєння з вийманням попутних корисних компонентів чи розробки техногенних родовищ при визначенні мінімального промислового вмісту у формулі(5) з експлуатаційних витрат віднімається додатковий питомий прибуток, що отримується за рахунок промислового використання попутних компонентів

$$\alpha_{\min} = \frac{B_{en} - P_{пв}}{C\varepsilon(1-r)} 100\%, \quad (6)$$

де  $P_{пв}$  - додатковий прибуток, отриманий з промислового використання супутніх корисних копалин, грн/т.

З цього випливає, що за допомогою мінімального промислового вмісту корисного компоненту в сировині можна врахувати взаємний вплив розробки техногенних і геогенних родовищ.

Проте за даною формулою практично неможливо розрахувати мінімальний промисловий вміст за умов випуску і реалізації товарної продукції з руд на різних стадіях переробки [6].

З іншого боку, якщо геолого-економічна оцінка виконується для комплексної сировини і при наявності індивідуальної собівартості кожного продукту і його ціни, вираз набуде виду (7)

$$\alpha_{\min i} = \alpha_i \frac{Z_i}{C_i} 100\%, \quad (7)$$

де  $\alpha_i$  - масова доля корисного компоненту у вихідній руді, %;  $Z_i$ ,  $C_i$  - відповідно експлуатаційні витрати на виробництво і ціна  $i$ -го продукту з комплексної сировини.

Якщо індивідуальну собівартість окремих продуктів виявити не можливо, то застосовуються сумарні (річні чи за весь період оцінки) експлуатаційні витрати на виробництво товарної продукції з руди, що оцінюється,  $Z_{\text{сум}}$  і сумарна вартість товарних продуктів  $\sum C_i A_i$  згідно виразу (8)

$$\alpha_{\min i} = \alpha_i \frac{Z_{\text{сум}}}{\sum C_i A_i} 100\%, \quad (8)$$

де  $A_i$  - виробництво товарних продуктів за рік чи весь період експлуатації родовища.

Для випадку, коли мінімальний промисловий вміст визначається для розрахунку показників декількох переробок з отриманням декількох видів товарної продукції, формула набуде вигляду (9)

$$\alpha_{\min i} = \alpha_i \frac{Z_{\text{вид}} + Z_{\text{збаг}} + Z_{\text{дов}} + Z_{\text{агл/обк}} + Z_{\text{мет}} + Z_{\text{ін}}}{C_k A_k + C_{\text{агл/обк}} A_{\text{агл/обк}} + \dots + C_{\text{мет}} A_{\text{мет}} + C_{\text{ін}} A_{\text{ін}}} 100\%, \quad (9)$$

де  $Z_{\text{вид}}, Z_{\text{збаг}}, Z_{\text{дов}}, Z_{\text{агл/обк}}, Z_{\text{мет}}, Z_{\text{ін}}$  - сумарні експлуатаційні витрати на виробництво товарної продукції з оцінюваної руди, включаючи витрати на видобуток, збагачення, доводочні операції, агломерацію концентратів, виплавку металів та інші операції за розрахунковий рік чи весь період експлуатації родовища;  $C_k, C_{\text{агл/обк}}, C_{\text{мет}}, C_{\text{ін}}$  - ціни відповідно товарного концентрату, окускованих продуктів, металу та інших продуктів;  $A_k, A_{\text{агл/обк}}, A_{\text{мет}}, A_{\text{ін}}$  - випуск відповідних товарних продуктів з оцінюваної руди за розрахунковий рік чи весь період експлуатації родовищ.

Аналогічно мінімальний промисловий вміст корисного компоненту розраховується і для техногенних родовищ. У такому випадку мінімальним промисловим вмістом буде вважатися такий вміст корисних компонентів в техногенному родовищі, при якому їх технологічно можливо і еколого-економічно доцільно вилучати в теперішній час за існуючої чи реконструйованої технологічної схеми.

Аналітично мінімальний промисловий вміст корисного компоненту у відходах може бути обчислений за формулою (10)

$$\alpha_{\min} = \alpha_{x\beta-\epsilon} \frac{C}{0,01\epsilon_n\epsilon_m(C(1+K)-C_M)} \left(1 - \frac{\alpha_{x\beta-\epsilon}}{\beta}\right), \quad (10)$$

де  $\alpha_{x\beta-\epsilon}$  - вміст умовного корисного компоненту у вторинних відходах (хвостах) після його вилучення в концентрат, %;  $\beta$  - вміст корисного компоненту в концентраті, %;  $C$  - витрати на видобуток, транспортування, попереднє збагачення і збагачення 1 т техногенної сировини, грн.;  $C_M$  - повна собівартість металургійної переробки 1 т металу, грн.;  $\epsilon_n, \epsilon_m$  - вилучення металу при попередньому збагаченні і металургійній переробці, %;  $C$  - оптова ціна 1 т готової продукції, грн.;  $K$  - коефіцієнт, що враховує цінність основного компоненту.

Обидва ці критерії - мінімальний промисловий вміст і коефіцієнт кондиційності - впливають на кількість запасів, що припадають на розробку.

При аналізі і оцінці проектних рішень іноді з'являється необхідність визначити ступінь використання вкладених ресурсів. Для цього сумарні витрати, пов'язані з розробкою деякого об'єму гірничої маси, позначають як  $B$ , а сумарні доходи через  $D$ .

Співвідношення  $B/D$  прийнято називати коефіцієнтом витратності  $k_v$ . Досягнення мінімуму коефіцієнту витратності при комплексному освоєнні родовища може слугувати критерієм вибору оптимального варіанту проектних рішень.

В умовах розробки комплексних руд, на відміну від однорідних, важливо врахувати якісний склад руд і цінність компонентів, що в неї входять, а також при розрахунку витрат і доходів встановити взаємозв'язок між коефіцієнтом витратності й коефіцієнтом кондиційності.

Зрозуміло, що коефіцієнт кондиційності  $K_{\text{конд}}$  і коефіцієнт витратності  $k_v$  знаходяться у зворотній пропорційному зв'язку. Аналітично цю залежність можна відобразити так (11)

$$k_v = \frac{B}{D} = \frac{\sum_{s=1}^k P_s (C_\delta + C_{\text{об}}) + V_\epsilon C_\epsilon}{\sum_{s=1}^k P_s \sum_{i=1}^n 0,01 C_i K_i \epsilon_{\text{збі}} (C_{\text{ммі}} - Z_{\text{ммі}})}. \quad (11)$$

Взаємозв'язок коефіцієнтів розкриття, кондиційності й витратності характеризується залежностями (12), (13)

$$k_v = \sum_{s=1}^k P_s + \frac{V_\epsilon C_\epsilon}{C_\delta + C_{\text{об}}} \bigg/ \sum_{s=1}^k P_s K_{\text{конд}}. \quad (12)$$

$$k_v = \frac{1}{k_\epsilon} + \frac{C_\epsilon}{C_\delta + C_{\text{об}}} \bigg/ \frac{1}{k_\epsilon} K_{\text{конд}}. \quad (13)$$

Допустиме значення коефіцієнту розкриття, при якому видобуток цих руд здійснюється на безприбутково-беззбитковому рівні і при відомій кондиційності комплексних руд, що видобуваються, може бути визначене з виразу (14)

$$k_{\epsilon-\delta} = \frac{(K_{\text{конд}} - 1)(C_\delta + C_{\text{об}})}{C_\epsilon}. \quad (14)$$

Аналогічно необхідний рівень кондиційності видобутих порід при відомому значенні коефіцієнта розкриття може бути розрахований за виразом (15)

$$K_{\text{конд}} = \frac{V_\epsilon C_\epsilon}{\sum_{s=1}^k P_s (C_\delta + C_{\text{об}})} + 1. \quad (15)$$

З метою більш поглибленого аналізу варіантів проектних рішень можуть застосовуватися й інші критерії, зокрема, мінімум значень середнього з початку розробки коефіцієнту розкриття, мінімум витрат на проведення всіх основних і допоміжних виробничих процесів тощо.

Так, авторами [7,8] запропоновано технологічний критерій оптимальності розвитку гірничих робіт - коефіцієнт гірничої маси.

У роботі [9] було запропоновано наступний підхід. Оскільки ціни на руду й концентрат пропорційні вмісту в них металу, прибуток підприємства залежить від собівартості металу в товарній продукції. При видобутку в кар'єрі товарної руди собівартість металу в ній становитиме

$$C_{.m1} = \frac{a + bn}{\alpha} = a \frac{1 + \delta_1 n}{\alpha}, \quad (16)$$

де  $a$  - собівартість руди, грн/т;  $b$  - собівартість розкривних робіт, грн/т;  $n$  - плановий коефіцієнт розкриття, т/т;  $\alpha$  - вміст металу в руді, %;  $\delta_1$  - відношення собівартостей розкривних і добувних робіт.

Оскільки відношення  $\delta_1$  в першу чергу залежить від фізико-механічних властивостей порід, то відношення  $(1 + \delta_1 n)/\alpha$  в формулі (16) характеризує вплив гірничо-геологічних умов розробки на економіку видобутку і може бути названий коефіцієнтом гірничої маси  $m_1$ .

У випадку, коли кар'єр є частиною ГЗК, коефіцієнт розкриття і якість сирової руди впливають на економічні показники виробництва товарної продукції - концентрату. Аналіз дослідження в роботі [9] демонструє, що ефективність виробництва концентрату зростає зі збільшенням вмісту заліза в руді і падає при зростанні коефіцієнта розкриття.

Однак часто оцінити ефективність розробки по кожному критерію окремо дуже складно внаслідок малого ступеня їх впливу. Забезпечити роботу ГЗК з мінімальним коефіцієнтом розкриття і максимальним виходом концентрату не завжди видається можливим через геологічну будову родовища. У роботі доведено, що сумісний вплив цих двох показників можна з достатньою точністю врахувати коефіцієнтом гірничої маси,  $m$

$$m_2 = 1 + \delta_2 n / \gamma, \quad (17)$$

де  $\delta_2$  - відношення собівартості розкривних робіт до собівартості видобутку і переробки руди;  $\gamma$  - вихід концентрату, долі од.

Проте для умов комплексного освоєння родовищ часто буває необхідним приводити витрати по різним категоріям порід до одного виду. Тому авторами в роботі [10] в якості критерію пропонується застосовувати середньозважений коефіцієнт гірничої маси (18), що має вигляд,  $M/m$

$$M = \frac{m_1 \Delta_1 + m_2 \Delta_2 + \dots + m_n \Delta_n}{\Delta'_1 + \Delta'_2 + \dots + \Delta'_n}, \quad (18)$$

де  $m_1, m_2, m_n$  - коефіцієнти гірничої маси для категорій корисних копалин, т/т;  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$  - долі видів товарної продукції, приведені по затратам на видобуток і переробку руди до одного виду корисної копалини, долі од;  $\Delta'_1, \Delta'_2, \Delta'_n$  - долі видів товарної продукції, приведені за ціною до товарної продукції одного виду.

Однак, коефіцієнт гірничої маси має обмежену галузь використання, що виходить з його конструкції: він не може бути коректно застосованим при оцінці варіантів розробки з великими об'ємами розкривних порід на одиницю видобуваної корисної копалини.

**Висновки та напрями подальших досліджень.** Отже, в роботі виконано ґрунтовний аналіз основних критеріїв оцінки проектних рішень для умов сумісної розробки техногенних і природних родовищ.

Досліджено застосування таких показників, як мінімальний промисловий вміст корисного компоненту, коефіцієнт кондиційності, коефіцієнт витратності, коефіцієнт розкриття і коефіцієнт гірничої маси, а також виявлено їх взаємну аналітичну залежність.

За допомогою мінімального промислового вмісту виявлено зв'язок між головними параметрами розробки техногенних і геогенних родовищ.

У подальших дослідженнях планується і далі досліджувати взаємний вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на комплексне освоєння родовищ, вдосконалити методику визначення головних параметрів відкритої розробки родовищ із врахуванням даного підходу.

**Отже,** питання вдосконалення методики визначення головних параметрів відкритої розробки родовищ при комплексному освоєнні родовищ потребує подальшого розвитку.

#### Список літератури

1. Про надра: Закон України // Відомості Верховної Ради України від 27.07.1994. – № 36. - 341 с.
2. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року : Закон України // Відомості Верховної Ради України від 17.05.2012. – № 44. - 457 с.

3. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов УССР. - К.: «Наукова думка», 1984. – 496 с.
4. Колесников Д.В., Короленко М.К., Ступник Н.И., Удод Е.Г., Протасов В.П., Олейник Т.А. Повышение извлечения железа за счет переработки сырья техногенных месторождений Кривбасса. - Кривой Рог: Дионис, 2012. – 236 с.
5. Шитарёв В.Г., Салманов О.Н. Параметры карьеров при комплексном использовании недр. - М.:Недра, 1990. – 112 с.
6. В.В. Перегудов, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун, Е.М. Николенко, Л.И. Ланцегова, В.Г. Губина. Уточненные методы определения параметров кондиций минерального сырья / Вісник Криворізького національного університету – Вып. 31, 2012. - С 289-293.
7. Полищук А.К., Полищук Г.К., Михайлов А.М. Разработка месторождений группой карьеров в составе комбината. – М: Недра, 1975.
8. Близиюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды. – М: Недра, 1978.
9. Д.П. Товстановский, Н.Д. Бевз, В.Г. Близиюков, А.П. Корсун Критерий эффективности открытой разработки руд// Разраб. рудн. месторожд. – Вып. 17. - 1974. - С 20-22.
10. Близиюков В.Г. и др. Критерий оценки границ открытой разработки при комплексном использовании полезных ископаемых. – Разраб. рудн. месторожд. - Вып. 17. - К.: Техника, 1974. - С. 28-31.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.13

УДК 622.614.8: 621.31

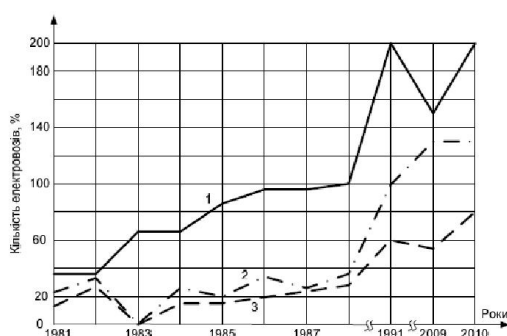
А.В. ЛЯХОМСКИЙ, д-р техн. наук, проф., Московский государственный горный университет,  
О.Н. СИНЧУК, д-р техн. наук, проф., А.А. ХАРИТОНОВ, старший преподаватель  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНОРАБОЧИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ КАК ЭЛЕМЕНТА ЭРГОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Изложены результаты исследований по определению и оценке воздействия критериальных (пороговых) значений пульсирующего напряжения и тока на организм человека. Приведена динамика изменений электротравматизма на электровозном транспорте, статистические характеристики сопротивления испытуемых при прохождении через организм переменного тока частотой 50 Гц, квантильные оценки сопротивления организма при пути тока «рука-рука», характеристики распределений средних значений пороговых осязательных токов и значения пороговых напряжений, соответствующих этим токам, коэффициенты корреляционных зависимостей осязательных токов и напряжений от угла открытия полупроводникового прибора, вероятностные области осязательных пульсирующих токов и напряжений и законы распределения амплитудных значений осязательного напряжения.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Как известно [1] железорудные шахты и комбинаты классифицируются как предприятия с повышенным уровнем травматизма, в том числе с повышенным риском поражения горнорабочих электрическим током [2].

**Анализ исследований и публикаций.** Основным источником поражения горнорабочих железорудных шахт электрическим током является тяговая контактная сеть, а точнее контактный провод (КП), внутришахтного транспорта (ВШТ) [2]. Только с 1991 по 2010 год количество электротравм со смертельным исходом от несанкционированного прикосновения к КП возросло в 3,5 раза в местах погрузки и почти в 2 раза в местах разгрузки полезных ископаемых (рис. 1).



**Рис. 1.** Динамика изменения электротравматизма на электровозном транспорте предприятий Украины с подземной добычей железной руды: 1 - общее количество электротравм; 2,3 - электротравмы соответственно со смертельным исходом, в том числе при касании к контактному проводу в местах погрузки и разгрузки ископаемого

Причиной этого является ухудшение технологии прокладки и обслуживания КП, отсутствие работоспособных устройств защитного отключения (УЗО) или, что тоже самое, реле защиты от поражения электрическим током горнорабочих [2].

Факт, только субъективных причин - ненадлежащего обслуживания тяговых сетей, несет и оттенок объективности - увеличение протяженности КС, а следовательно изменение их электрических параметров, которые должны обеспечивать работоспособность УЗО [2]. В работе [3] приведена оценка КС современных железоруд-