

жежного захисту цих об'єктів, безпеки праці гірників, але також підвищенню продуктивності праці та ефективності виробництва в цілому.

Список літератури

1. **Чердиченко О.Є., Євстратенко І.А., Рясний В.М.** Стан аварійності на підприємствах гірничодобувної галузі України / Науково-виробничий журнал «Охорона праці», № 4. - 2022.
2. Виконати всебічний аналіз обставин та причин виникнення аварій і аварійних ситуацій на гірничорудних підприємствах та розробити практичні рекомендації щодо їх попередження / Щорічні звіти НДІБПГ, Кривий Ріг.
3. Щодо підвищення пожежної безпеки конвеєрних трактів на гірничорудних підприємствах/**Рясний В.М., Ющенко Ю.М.** / Зб. наук. праць НДІБПГ «Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Вип. 4. - Кривий Ріг, 2002. - С. 58-64.
4. Отработать в промышленных условиях и разработать типовой проект системы автоматического пожаротушения для наклонных стволов, оборудованных ленточными конвейерами. – Отчет НИИБТГ, № гос. регистрации 0294V001435, 2003 г.
5. Разработать рабочий проект, изготовить и поставить противопожарное оборудование, выполнить шефмонтаж, наладку и провести приемо-сдаточные испытания системы автоматической противопожарной защиты приводных станций ленточных конвейеров ДСФ ШУ ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог». – Отчет НИИБТГ, № регистрации 2607, 2010.
6. **Рясний В.М., Ющенко Ю.М.** Нова автономна порошково-газова установка автоматичного пожежогасіння для приводних станцій стрічкових конвеєрів. – Вісник КНУ, випуск 21, Кривий Ріг, 2008. - С. 171-174.
7. О пожарной опасности маслостанций / **Осадчий А.В., Дикенштейн И.Ф., Рясной В.М.**// Зб. наук. праць НДІБПГ «Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Вип. 9, – Кривий Ріг, 2007. - С. 40-45.
8. Автоматическая противопожарная защита подземных пожароопасных объектов железорудных и угольных шахт/ **Рясной В.М., Ющенко Ю.М., Евстратенко И.А.** / Вісник КНУ, вип. 23, - Кривий Ріг, 2009. - С. 173-178.
9. **Рясний В.М., Ющенко Ю.М.** Методика розрахунку параметрів режиму роботи засобів автоматичного пожежогасіння в похилих стволах, обладнаних стрічковими конвеєрами. - Вісник КГУ, вип. 13. - Кривий Ріг, 2006. - С. 179-182.
10. **Рясний В.М., Ющенко Ю.М.** Автоматичні системи пожежогасіння - як засіб підвищення пожежної безпеки надшахтного комплексу. – Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників», Дніпропетровськ, 2008.

Рукопис подано до редакції 21.03.22

УДК 622: 553.31 (477.63)

В.Д. ЄВТЄХОВ, д-р геол.-мінерал. наук, проф., **О.С. ДЕМЧЕНКО**, канд. геол. наук, **Г.І. ЄРЕМЕНКО**, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет
Є.В. ЄВТЄХОВ, канд. геол. наук, доц., **С.В. САЖЕНЄВ**, начальник техн. відділу
ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат»

ПРИРОДНІ Й ТЕХНОГЕННІ ЧИННИКИ СТІЙКОСТІ ГІРНИЧИХ МАСИВІВ КАР'ЄРІВ ПІВНІЧНОГО ГЗК

Мета. Ганнівське та Первомайське родовища магнетитових кварцитів розробляються Північним гірничозбагачувальним комбінатом, починаючи з 1963 р. Розташування їх у зоні перетину Криворізько-Кременчуцького та Девладівського глибинних розломів обумовило складну геологічну будову, багатоетапну історію формування продуктивних і вмісних товщ родовищ.

Методи дослідження. Наслідком стала строкатість мінерального складу, структури, текстури руд і порід і, як наслідок, варіативність їх фізичних, технічних властивостей, показників стійкості підроблених гірничих масивів у бортах кар'єрів.

За результатами виконаних авторами комплексних геологічних, мінералогічних, хімічних, гідрогеологічних, фізичних, технічних, технологічних досліджень, були виділені головні фактори впливу на міцність рудних і породних масивів родовищ.

Вплив мінералогічного фактору проявлений кількісним співвідношенням у складі руд і порід мінералів різної твердості (за Ф. Моосом, від 1 у тальку до 8 у гранату) і з різною спайністю (від дуже досконалої у тальку, хлориту до недосконалої у кварцу, магнетиту).

Наукова новизна. Геологічний фактор реалізований через особливості стратиграфії (чергування в розрізі верств руд і порід різної міцності) та тектоніки родовища (велика кількість розривних порушень з різним ступенем дроблення руд і порід), а також через різну міру метасоматичних, гіпергенних їх перетворень.

Значення гідрогеологічного фактору полягає в різній обводненості руд і порід та різному впливі зволоження на їх фізичні й технічні характеристики.

Практична значимість. Роль геодинамічного фактору обумовлена особливостями технологій буро-вибухових, розкривних, добувних, навантажувально-розвантажувальних робіт, які спричиняють порушення напружено-деформованого стану гірничих масивів.

Результати. З використанням отриманих даних була розроблена класифікація гірничих масивів обох родовищ за їх стійкістю, проведене районування родовищ за цим показником, складені карти стійкості гірничих масивів Первомайського та Ганнівського кар'єрів.

Ключові слова: родовища магнетитових кварцитів, геодинамічний фактор, обводненість руд і порід.

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110-72-79

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Ганнівське та Первомайське родовища магнетитових кварцитів, відомі з кінця XIX ст., розробляються одноіменними кар'єрами Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК), починаючи з 1963 р. Особливості геологічної позиції родовищ, розташованих у зоні перетину двох глибинних розломів - субмеридіонального Криворізько-Кременчуцького та субширотного Девладівського обумовило складну багатоетапну історію їх формування. До геологічних процесів, що мали визначальний вплив на будову родовищ та склад, властивості руд і вмисних порід, відносяться седиментогенез, діагенез, динамотермальний, динамічний, шоковий метаморфізм, тектогенез, натрієвий метасоматоз, гіпергенез.

Продуктивна товща Первомайського родовища представлена об'єднаною товщею п'ятого та шостого залізистих горизонтів саксаганської світи; Ганнівського - лежачою пачкою першого залізистого горизонту, яка за схемою стратиграфічного розчленування саксаганської світи також відповідає п'ятому-шостому залізистим горизонтам.

Виконані протягом останніх років авторами цієї публікації детальні мінералогічні дослідження показали, що в складі продуктивних і вмисних товщ обох родовищ присутня велика кількість (понад 100) рядових мінеральних різновидів руд і гірських порід. За близькістю складу, властивостей, генезису вони були скомпоновані в 15 (для кожного родовища) об'єднаних різновидів. Значна варіативність мінерального складу, фізичних, технічних властивостей руд і порід обумовлює мінливість їх щільнісних, міцнісних показників, стійкості породних масивів у забоях кар'єрів.

На міцність прибортових масивів кар'єрів впливають також техногенні фактори, обумовлені техніко-технологічними параметрами гірничодобувної діяльності. Зі зростанням глибини кар'єрів, збільшення загального кута нахилу бортів ускладнюються гірничо-геологічні умови добувних робіт. Процеси врівноваження природних сил стають більш швидкоплинними і супроводжуються проявами (зсуви, осипи, вивали тощо), які порушують безпеку ведення гірничих робіт і стану навколишнього середовища.

Протягом останніх років цілеспрямовані дослідження геодинамічного стану породних масивів прибортових частин Первомайського та Ганнівського кар'єрів, їх стійкості до дії природних і техногенних факторів системно не виконувались. У той же час великий об'єм нагромадженого первинного матеріалу потребує систематизації, узагальнення, аналізу, а на цій основі – розробки актуалізованих схем залежності показників стійкості гірничих масивів від природних і техногенних факторів.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання геодинамічного стану породних масивів добувних підприємств Криворізького басейну розглядали Ю.П. Астаф'єв, К.В. Бабій, Ф.А. Белаєнко, Д.І. Бетін, В.Ф.Бизов, В.Г. Борисенко, В.Т. Глушко, Г.В. Губін, В.Д. Євтехов, Г.І. Єрмоєнко, А.А. Титлянов, Г.В. Тохтуєв, М.С. Четверик, Ю.М. Ніколашин та ін. [1,5,6,16,19].

Стосовно відкритих гірничих робіт, головними напрямками досліджень були: визначення причин та проявів деформацій масивів гірських порід; вивчення їх розвитку в гірничих масивах за даними маркшейдерських спостережень; встановлення впливу геологічних особливостей родовищ і міцності гірських порід на вибір граничних параметрів уступів і бортів кар'єрів; розра-

хунок геомеханічних схем стійкості підроблених бортів кар'єрів з крутою та пологою верстуватістю гірничих масивів; забезпечення безпечного стану бортів глибоких кар'єрів; прогнозування стійкості укосів і управління станом бортів кар'єрів.

За результатами досліджень, були виявлені особливості впливу природних і техногенних факторів на стійкість гірничих масивів, підроблених відкритими виробками. Були розроблені рекомендації з обліку неоднорідності фізичного, технічного стану масивів руд і порід при оперативному, перспективному плануванні буро-вибухових, добувних робіт. Були розроблені моделі розташування бортів кар'єрів у масивах руд і гірських порід з різним складом, структурою, текстурою і, як наслідок, різними фізичними, технічними властивостями, обводненістю, тектонічною порушеністю.

Головний недолік раніше виконаних робіт - недостатня комплексність досліджень, зосередженість авторів, головним чином, на технічних характеристиках гірничих масивів. Для розроблених моделей характерний їх опис як однорідних середовищ без урахування мінливості мінерального, петрографічного складу, структури, текстури, фізичних, технічних властивостей руд і гірничих порід, особливостей геології, гідрогеології гірничих масивів.

Більшість попередніх робіт була виконана в період проектування кар'єрів і перших років їх роботи. За останні 40-50 років гірничо-геологічні умови значно змінились у зв'язку з поглибленням кар'єрів і розширенням фронту гірничодобувних робіт. У складі гірничої маси, яка вилучається з надр, з'явилися руди й гірські породи, які суттєво відрізняються за фізичними, технічними характеристикам від аналогічних за мінеральним складом руд і порід верхніх гіпсометричних горизонтів родовищ. Нагромадження новітніх даних потребує їх узагальнення та аналізу, актуалізації існуючих уявлень про геодинамічні особливості родовищ.

Постановка задачі. Метою роботи було узагальнення та аналіз новітніх гірничих і супровідних геологічних, мінералогічних, гідрогеологічних, геофізичних даних, актуалізація на цій основі існуючих відомостей про щільнісні, міцнісні показники руд і порід та стійкість підроблених породних масивів прибортових частин Первомайського та Ганнівського кар'єрів.

Для досягнення мети вирішувались такі задачі: аналіз результатів раніше виконаних досліджень; проведення геологічного опробування руд і гірничих порід продуктивних і вмісних товщ обох родовищ; мінералогічне, хімічне дослідження руд і порід, ідентифікація їх мінеральних різновидів; визначення фізичних, технічних показників руд і гірничих порід, їх класифікування за цими показниками; виконання геологічних, геофізичних, гідрогеологічних спостережень у забоях кар'єрів, виявлення геомеханічних порушень прибортового масиву; проведення аудіомагнітотелуричного зондування обводнених ділянок інтенсивного зсуву гірничих масивів; складання узагальненої оцінки впливу геологічних, мінералогічних, геофізичних, гідрогеологічних факторів на фізичні, технічні характеристики руд і порід та, як наслідок, на стійкість гірничих масивів; статистична обробка результатів досліджень, представлення даних у аналітичній і графічній формах, розробка класифікацій стійкості гірничих масивів; побудова карт поширення геодинамічних порушень.

Методи досліджень - геологічні, гідрогеологічні, геофізичні (дослідження забоїв кар'єрів, картування), мінералогічні (відбір проб руд і порід, визначення їх складу, структури, текстури), хімічні (визначення фазового складу заліза в рудах і гірничих породах), технічні (щільнісні та міцнісні характеристики руд і порід). Всі геологічні, мінералогічні, хімічні, фізичні, технічні дослідження й випробування проводились у сертифікованих лабораторіях у відповідності з вимогами ДСТУ та ГОСТ.

Викладення та обговорення результатів. Дослідження мали таку черговість і зміст.

1. Вивчення впливу *мінералогічного фактору* на міцнісні показники руд і вмісних гірських порід і, як наслідок, на стійкість підроблених гірничих масивів. Як відомо [3,8,11,14,15,17,18,20], продуктивна та вмісна товщі обох родовищ характеризуються значною мінералогічною та петрографічною строкатістю. До складу руд і гірничих порід входять близько 150 мінеральних видів і різновидів, які відносяться до всіх найбільш поширених класів: прості речовини (графіт); галогеніди (галіт, сильвін, карналіт, бішофіт); сульфіди (пірит, піротин, арсенопірит, халькопірит, галеніт, сфалерит); оксиди й гідроксиди (кварц, магнетит, гематит (залізна слюдка, мартит, дисперсний гематит), гідроксиди заліза (гетит, дисперсний гетит, лепідокрокіт), ільменіт, рутил); карбонати (кальцит, арагоніт, доломіт, анкерит, сидерит, сидероплезит, пістомезит, брейнерит); сульфати (гіпс, барит, целестин, ярозит, копіапінт); силікати (альбіт, кумінгтоніт, рибекіт, актиноліт, егірін,

біотит, тетраферибіотит, мусковіт, флогопіт, селадоніт, тальк, мінесотаїт, хлорит, палигорськіт, серпентин, каолініт, гранат (альмандин), циркон, турмалін, титаніт та ін.).

За будовою кристалічної ґратки, в складі руд і гірських порід родовищ виділяються мінерали всіх відомих структурних мотивів: координаційні (магнетит, гематит, ільменіт, пірит, галеніт, сфалерит, галіт, сильвін); островні (кальцит, арагоніт, доломіт, анкерит, сидерит, сидероплезит, пістомезит, брейнерит, апатит, гранат, циркон, титаніт); кільцеві (турмалін); ланцюгові та стрічкові (кумінгтоніт, рибекіт, актиноліт, егірін); шаруваті (біотит, тетраферибіотит, мусковіт, флогопіт, селадоніт, палигорськіт, серпентин, хлорит, каолініт); каркасні (кварц, альбіт, мікроклін).

Рудо-, породо-утворювальні, а також другорядні та акцесорні мінерали в певних асоціаціях присутні в складі руд і порід родовищ. Кількісне переважання одного, двох, іноді трьох мінералів визначає фізичні, технічні, технологічні властивості руд і порід, обумовлені фізичними властивостями мінералів. Наприклад, низька міцність, схильність до міжшарового прослизання тальк-вмісних сланців скельоватської світи спричинена низькими міцнісними показниками (твердість за Ф. Моосом 1-2) та досконалою спайністю їх породоутворювальних мінералів - шаруватих силікатів тальку, хлориту, серпентину. Висока геодинамічна стійкість верств магнетитових, залізнослюдко-магнетитових кварцитів обумовлена, в першу чергу, відсутністю в їх складі мінералів з низькою твердістю та кількісним переважанням кварцу, магнетиту, гематиту, які характеризуються високою твердістю (5-7 за Ф. Моосом) та відсутністю спайності.

Важливими при виконанні геодинамічних досліджень є показники густини й об'ємної маси, насипної маси руд і порід. Вони залежать від кількісного співвідношення мінералів високої (магнетит, гематит - понад 5000 кг/м³), середньої (гранат, кумінгтоніт, біотит, сидерит, егірін, рибекіт та ін. - від 3000 до 4500 кг/м³) та низької (кварц, кальцит, доломіт, тальк, мінесотаїт, каолініт та ін. - менше 3000 кг/м³) щільності. З цим пов'язані, з одного боку, низькі густинні показники тальк-вмісних і кварц-мусковітових сланців скельоватської світи, доломітових мармурів гданцівської світи, а з другого, - високі показники густини залізно-слюдко-магнетитових, магнетитових кварцитів, егіринових і рибекітових метасоматитів продуктивних товщ обох родовищ.

Отже, вплив мінерального складу на міцність руд і порід реалізується через фізичні властивості мінералів, головним чином, спайність і твердість за Ф. Моосом. Мінералогічна й петрографічна відмінність рудних і породних товщ родовищ спричинена різним кількісним співвідношенням мінералів у їх складі. Руди й гірничі породи обох родовищ автори віднесли до чотирьох груп, які характеризуються різною стійкістю в підроблених гірничих масивах:

1 - *високою* - руди, а також гранітоїди дніпропетровського комплексу, амфіболіти новокриворізької світи;

2 - *помірною* - кварцити мусковітові скельоватської світи; кварцити мусковіт-рогово-обманко-біотитові новокриворізької світи; мармури доломітові та кварцити мусковіт-біотитові гданцівської світи;

3 - *низькою* - сланці кварц-мусковітові скельоватської світи; сланці мусковіт-рогово-обманко-кварц-біотитові новокриворізької світи; сланці мусковіт-кварц-біотитові гданцівської світи; мергелі осадового чохла;

4 - *дуже низькою* - сланці тальк-вмісні скельоватської світи; глини, суглинки та піски осадового чохла. Різні за хімічним складом і будовою кристалічної ґратки мінерали по-різному реагують на прояви епігенетичних процесів (регресивний метаморфізм, метасоматоз, гіпергенез та ін.), а також на техногенні явища (бурові, вибухові, добувні, розкривні, навантажувально-розвантажувальні, транспортувальні та інші роботи).

З викладеного випливає, що первинним, сингенетичним фактором, від якого визначальним чином залежить стійкість гірничих масивів, є мінералогічний.

2. Вплив *геологічного* фактору на міцність масивів гірських порід реалізується через особливості стратиграфії, тектоніки родовищ, проявів епігенетичних (метасоматичних, гідротермальних, гіпергенних та ін.) змін руд і порід.

Стратиграфія саксаганської світи обох родовищ характеризується чергуванням залізистих і сланцевих горизонтів [3,8,14,15,17,20,21]. Залізисті горизонти продуктивних товщ (п'ятий і шостий Первомайського родовища та лежача пачка першого залізистого горизонту Ганнівського родовища) складені магнетитовими, залізнослюдко-магнетитовими, силікат-магнетитовими квар-

цитами, мінеральними асоціаціями яких обумовлені висока міцність руд і геомеханічна стійкість їх масивів.

Більш низькими показниками характеризуються складені магнетит-силікатними кварцитами непродуктивні залізисті та декілька сланцевих горизонтів (перший, другий, сьомий залізисті й сьомий сланцевий горизонти Первомайського родовища та нульовий, перший (висяча пачка), другий, третій залізисті горизонти й другий, третій, четвертий сланцеві горизонти Ганнівського родовища). Ще більш низькі геомеханічні показники властиві для масивів, складених породами сланцевих горизонтів лежачого боку та осадового чохла обох родовищ.

У відповідності з даними про петрографічний склад стратиграфічних горизонтів, пачок, підпачок, світ, підсвіт, якими складені масиви обох родовищ, вони були поділені на чотири категорії за показниками стійкості в гірничих масивах:

1 - стійкі (продуктивні товщі обох родовищ, а також перекриваючі та підстеляючі їх залізисті горизонти, перекриваючі сланцеві горизонти, нижня підсвіта новокриворізької світи, дніпропетровський комплекс гранітоїдів);

2 - помірно стійкі (тіла гіпергенно змінених руд і порід продуктивних і вмісних товщ, підстеляючі сланцеві горизонти, гданцівська світа, нижня підсвіта скелюватської світи, верхня підсвіта новокриворізької світи);

3 - нестійкі (верстви продуктів вивітрювання силікат-вмісних руд і порід саксаганської світи, середньої підсвіти скелюватської світи, верхньої підсвіти новокриворізької світи, середня підсвіта скелюватської світи, верстви мергелів кайнозойського осадового чохла);

4- дуже нестійкі (верстви глин, суглинків, пісків кайнозойського осадового чохла, верстви інтенсивно вивітрених порід підстеляючих сланцевих горизонтів, сланців середньої підсвіти скелюватської світи, верхня підсвіта скелюватської світи).

Петрографічні й стратиграфічні дані були покладені в основу побудови карт поширення геологічних тіл різної геодинамічної стійкості Первомайського та Ганнівського родовищ.

Тектонічні порушення поділяються на плікативні (складчасті) та диз'юнктивні (розривні) [2,8,12,17,20]. Для обох родовищ характерний слабкий прояв плікативної тектоніки. Значні зміни фізичних, технічних властивостей руд і гірських порід у зв'язку зі складкоутворенням не встановлені.

Розривні порушення обох родовищ обумовлені, головним чином, діяльністю двох глибинних розломів: субмеридіонального Криворізького-Кременчуцького та субширотного Девладівського. Головні поверхні обох розломів супроводжують серії опіряючих розривних порушень більш високих порядків. Уздовж розривних порушень відбувалась дезінтеграція масивів руд і гірських порід. У порядку зростання її інтенсивності виділені чотири стадії тектоногенної дезінтеграції руд і порід: тріщиноутворення, брекчіювання, катаклазування, мілонітизація. Тектонічна тріщинуватість руд і порід суттєво не впливає на стійкість складених ними розкритих гірничих масивів. Брекчіювання спричинило зменшення категорії стійкості гірничих масивів на 1 бал у відповідності з класифікацією, розробленою за стратиграфічними даними, катаклазування й мілонітизація - на 2 бали. Були побудовані карти поширення геологічних тіл з різним проявом тектонічного розуміщення.

Ділянки з помітними *метасоматичними змінами* руд фіксуються в продуктивних товщах обох родовищ [8-11,13,14,17,20]. Для Первомайського родовища натрієві метасоматити більш характерні, представлені егіринізованими й рибекітизованими рудами. В лежачій пачці першого залізистого горизонту Ганнівського родовища присутні тіла рибекітових метасоматитів, егіринові зустрічаються зрідка. Метасоматичні тіла обрамлені малопотужними зонами окварцювання. Порооди вмісних скелюватської, саксаганської, гданцівської та глеюватської світи практично не зазнали метасоматичних змін.

Метасоматоз спричинив зміни мінерального, хімічного складу руд, їх структури, текстури. З егіринізацією та окварцюванням пов'язане значне зростання міцності руд; рибекітизація відносно слабо вплинула на їх фізичні й технічні характеристики. Оскільки егіринові метасоматити й окварцовані руди незначною мірою представлені в продуктивних товщах родовищ, вплив метасоматозу на геодинамічні показники рудних масивів обмежений.

Гіпергенні перетворення руд і порід неодноразово відбувались протягом формування родовищ, продовжуються і в поточний час [7,8,11,17,20]. Глибина поширення кори вивітрювання залізистих і вмісних докембрійських порід від 15 до 150 м. Головні прояви мінералогічних змін

руд і порід - гідроліз, гідратація гіпогенних мінералів та поступове заміщення їх гіпергенними: магнетиту - гематитом (мартитом), а потім гетитом; силікатів, карбонатів, сульфідів - приховано-кристалічним агрегатом з різним кількісним співвідношенням оксидів і гідроксидів заліза (дисперсний гематит, дисперсний гетит), кварцу (халцедону, опалу) та глинистих мінералів (каоолініту, монтморилоніту, бейделіту та ін.). Тобто мінерали високої міцності, з відсутністю або слабким проявом спайності заміщуються спайними мінералами низької міцності. Як наслідок - з вивітрянням пов'язане суттєве зменшення геодинамічної стійкості гірничих масивів.

3. *Гідрогеологічні* умови обох родовищ подібні [4,8,17,20]. Проявлені три водоносні горизонти: четвертинний (верховодка), неогеновий (горизонт полтавських пісків) і горизонт кристалічних порід.

Стратиграфічна позиція першого - верства лесоподібних суглинків антропогенового віку потужністю 6-12 м. Підстеляюча товща горизонту - верства червоно-бурих глин і суглинків кімерійського віку потужністю 6-20 м; перекиваюча - ґрунтово-рослинний шар. Горизонт характеризується максимальним водонаповненням протягом осені-зими-весни. У весняно-літньо-осінній період поблизу кар'єру горизонт практично повністю здренований. Мінералізація вод у різні пори року коливається в межах 1,5-8 г/дм³.

Водоносний горизонт верстви полтавських пісків, супісків, піщанистих глин неогену перекиваний товщею кімерійських червоно-бурих глин, залягає на палеогенових осадових утвореннях бучацького віку (глини, суглинки з лінзами бурого вугілля), а за їх відсутності - на корі вивітряння докембрійських порід. Має локальне поширення. На відстані 0,5-1 км навкруг обох кар'єрів горизонт здренований. На віддаленні від нього, наприклад, у межах ділянок, прилеглих до хвостосховища, води горизонту напірні, величина напору коливається в межах 2,8-28,6 м. Глибина залягання рівня ґрунтових вод від 4 до 33 м. Мінералізація вод 4-6 г/дм³.

Водоносний горизонт тріщинуватих і вивітраних кристалічних порід докембрію має повсемісне поширення на глибину до 500 м. На більших глибинах руди й породи практично безводні за винятком зон тектонічних порушень. Вода практично прісна, мінералізація її становить 1-2,5 г/дм³. Цей водоносний горизонт є головним джерелом водопритоків до кар'єрів.

Вода всіх водоносних горизонтів змішується в донній частині кар'єрів, звідки відпомповується.

За даними гідрогеологічних досліджень, найбільш чутливі до зволоження атмосферними та підземними водами породи осадового чохла: вони стають вкрай нестійкими під впливом статичних і динамічних навантажень. Це ж стосується насичених водою вивітраних кристалічних порід. Дія води спричиняє зростання пористості руд і порід, заміщення первинних метаморфогенних мінералів внаслідок їх гідратації та часткового розчинення - новоутвореними мінералами та мінеральними агрегатами з більш рихлою структурою. Обидва процеси викликають зменшення механічної стійкості руд і гірських порід.

Максимальне обводнення прибортових частин гірничого масиву Первомайського кар'єру характерне для північно-західного, західного та південно-західного бортів. Поширення ділянок підвищеної зволоженості руд і порід Ганнівського родовища характеризується їх більш чіткою приуроченістю до зон розривних порушень, більшою рівномірністю розташування в кар'єрі порівняно з Первомайським кар'єром.

На основі даних гідрогеологічних спостережень були побудовані карти поширення ділянок обводнення прибортових частин гірничих масивів кар'єрів.

4. *Геодинамічні* дослідження при проведенні відкритих гірничих робіт включають розгляд питань стійкості уступів і бортів кар'єрів, проявів їх деформації, факторів, які обумовлюють міцність масивів руд і гірських порід, прогнозу напружено-деформованого стану гірничих масивів, контролю безпеки виконання гірничих робіт, попередження зсувів, обвалів тощо.

Результати робіт авторів цього повідомлення та попередників [1,5,6,16,19] показали, що стійкість підроблених гірничих масивів визначають охарактеризовані вище природні (мінералогічні, геологічні, гідрогеологічні) фактори. Активізацію їх дії в забоях кар'єрів ініціює технічний фактор, проявлений розкриттям тіл руд і порід, утворенням підроблених масивів.

Міцність руд і порід родовищ, внаслідок прояву низки природних факторів, дуже варіативна. Всі руди й гірські породи Первомайського та Ганнівського родовищ ми поділили на такі, що

характеризуються високою (коефіцієнт міцності за М.М.Протод'яконовим f від 15 до понад 20), помірною (10-15), низькою (5-10) та дуже низькою (менше 5) міцністю.

Стійкість гірничих масивів залежить також від особливостей технології гірничих робіт. Розщільнення геологічних тіл внаслідок буро-вибухових робіт спричиняє зменшення їх супротиву механічному навантаженню. При прокладанні доріг, трубопроводів, інших складових інфраструктури відбувається підрізання верств руд і порід, зменшення їх супротиву механічним навантаженням.

Аналіз побудованих карт міцності руд і порід Первомайського та Ганнівського родовищ свідчить, що найбільш міцними є масиви продуктивних товщ і верств магнетит-силікатних кварцитів їх висячого боку. Масиви низької та дуже низької міцності поширені, переважно, в східних частинах кар'єрів.

Для визначення ділянок Первомайського та Ганнівського родовищ з різною стійкістю гірничих масивів було виконане накладення отриманих природних даних на геологічні карти (рис. 1).

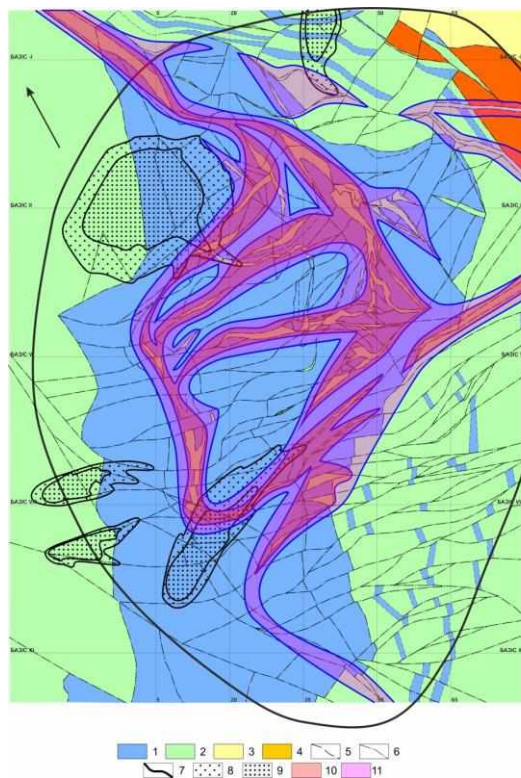


Рис. 1. Карта геомеханічної стійкості гірничих масивів Первомайського родовища: 1-4 - масиви руд і гірських порід високої (1), середньої (2), низької (3) і дуже низької (4) стійкості; 5 - контакти стратиграфічних горизонтів; 6 - розривні порушення; 7 - контур кар'єру; 8 - ділянки помірного зволоження руд і порід; 9 - ділянки сильного зволоження руд і порід; 10 - ділянки помірного дроблення та подрібнення руд і порід (тріщинуватість, брекчіювання); 11 - ділянки сильного дроблення та подрібнення руд і порід (катаклазування, мілонітизація)

Ділянки з найменшою стійкістю гірничих масивів характеризуються спільним проявом у їх межах дії трьох факторів (низька міцність руд і порід за коефіцієнтом М.М. Протод'яконова, значна тектонічна порушеність та інтенсивне обводнення гірничих масивів). Ділянки прояву одного або двох факторів характеризуються проміжним станом стійкості масивів. Найбільш міцні масиви характеризуються відсутністю прояву дії цих факторів. Більшою мірою вони характерні для Ганнівського родовища.

Висновок і напрям подальших досліджень. Отримані результати засвідчили необхідність детального дослідження впливу мінералогічних, стратиграфічних, тектонічних, гідрогеологічних, технічних факторів на стійкість підроблених гірничих масивів Первомайського та Ганнівського родовищ. За отриманими уточненими даними з використанням актуалізованих геологічних 3D моделей родовищ можуть бути побудовані мінералогічні, гідрогеологічні, технічні 3D моделі родовищ з визначенням ділянок різної стійкості гірничих масивів.

Подяки. В організації та проведенні геологічних, гідрогеологічних, геофізичних маршрутів у Первомайському та Ганнівському кар'єрах, опробуванні магнетитових кварцитів і вмісних гірських порід, виконанні досліджень допомогу авторам надали головний геолог комбінату Г.Л. Палій, старший геолог Первомайського кар'єру О.В. Климчук, старші геологи Ганнівського кар'єру Л.Б. Якушевська та О.С. Ковригін.

При підготовці проб до досліджень і випробувань, їх виконанні, обробці отриманих результатів брали участь студенти-геологи та співробітники кафедр Криворізького національного університету. Всім їм автори звіту висловлюють подяку.

Список літератури

1. Балута А.М., Борисенко В.Г. Прогнозная оценка физико-механических свойств горных пород Кривбасса // Киев: Наукова думка, 1972. - 88 с.

2. Белевцев Я.Н., Каляев Г.И., Глевасский Е.Б. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Тектоника // Киев: Наукова думка, 1988. – 320 с.
3. Белевцев Я.Н., Кулик Д.А., Коржнев М.Н. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Железонакопление в докембрии // Киев: Наукова думка, 1992. – 228 с.
4. Бубнова Е.А. Взаимосвязь параметров нарушения геологической среды с изменением уровня подземных вод в результате ведения горных работ // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2017.– №4.– С. 58-63.
5. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ // Москва: Изд. Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.
6. Глушко В.Т., Борисенко В.Г. Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений // Москва: Недра, 1978. – 254 с.
7. Додатко А.Д. Послеархейские эпохи корообразования на территории Украинского щита // Доклады АН УССР. Серия Б. – 1979. – №2. – С. 83-87.
8. Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна // Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1999. – 70 с.
9. Евтехов В.Д., Зарайский Г.П., Балашов В.Н., Валеев О.К. Зональность натриевых метасоматитов в железистых кварцитах Северного Криворожья / Очерки физико-химической петрологии // Москва: Наука, 1988.– №15.– С. 17-37.
10. Елисеев Н.А., Никольский А.П., Кушев В.Г. Метасоматиты Криворожского рудного пояса / Труды Лаборатории геологии докембрия АН СССР // Москва-Ленинград: Изд. АН СССР, 1961. – Вып. 13. – 204 с.
11. Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Криворожского бассейна // Киев: Наукова думка, 1977. – 544 с.
12. Паранько И.С. Некоторые особенности развития Криворожской структуры // Геологический журнал.– 1993.– № 4. – С. 112-133.
13. Пирогов Б.И., Евтехов В.Д., Архипов А.С., Хартанович П.Н. Некоторые минералого-геохимические закономерности метасоматоза железистых кварцитов Северного Криворожья // Минералогический сборник.– 1975.– №29, вып. 1.– С. 35-41.
14. Пирогов Б.И., Стебновская Ю.М., Евтехов В.Д. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Минералогия // Киев: Наукова думка, 1989. – 168 с.
15. Плаксенко Н.М. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии // Воронеж: Изд. Воронежского госуниверситета, 1966. – 264 с.
16. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород // Москва: Недра, 1984. – 360 с.
17. Семенов Н.П., Бордунов И.Н., Половко Н.И. и др. Железисто-кремнистые формации Украинского щита // Киев: Наукова думка, 1978. – Т. 2. – 368 с.
18. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза // Москва: Изд. АН СССР, 1962. – Т. 2. – 575 с.
19. Тохтуев Г.В., Борисенко В.Г., Титлянов А.А. Физико-механические свойства горных пород Кривбасса // Киев: Гостехиздат, 1962. – 102 с.
20. Хартанович П.Н. Особенности геологического строения Первомайского и Анновского месторождений железистых кварцитов // Горный журнал.– 1983.– №11. – С. 9-12.
21. Щербак Н.П., Белевцев Я.Н., Фоменко В.Ю. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Стратиграфия // Киев: Наукова думка, 1988. – 200 с.

Рукопис подано до редакції 22.03.22

УДК 622.23.05

З.Р. МАЛАНЧУК, В.Я. КОРНІСНКО, доктори техн. наук, професори,
С.М. ЧУХАРСВ, канд. техн. наук, доц., С.М. РУДИКА, студентка,
В.В. ЗАЄЦЬ, канд. техн. наук, доц., М.О. КУЧЕРУК, асистентка
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНО-ПНЕВМАТИЧНИХ ЗАКЛАДНИХ МАШИН В УМОВАХ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

Мета. Метою роботи є обґрунтування конструктивних параметрів вібраційно-пневматичних закладних машин (ВПМ) з кільцевим ежектором з урахуванням фізико-механічних властивостей закладного матеріалу, що забезпечують підвищення ефективності технологій видобутку корисних копалин підземним способом із закладкою виробленого простору на шахтах Львівсько-Волинського вугільного басейну. Для досягнення поставленої мети необхідний подальший розвиток досліджень процесів вібропневмотранспортування закладних матеріалів, який дозволить встановити основні параметри вібротолка та кільцевого ежектора вібраційно-пневматичних закладних машин (ВПМ)

Методи дослідження. В роботі використано комплексний метод досліджень, що включає в себе аналіз і узагальнення відомих розробок в досліджуваній області, теоретичні, інформаційно-аналітичні, науково-пізнавальні дослідження та обробку літературних даних.