

Під діапазон, %	ai	bi	Гradient, %/гр, G	Чутливість, гр/%, K
Fe1 30-50	0,0145	22,189	0,025	6,5
Fe2 51-60	0,0534	51,056	0,045	20,0
Fe3 61-70	0,04	23	0,05	25,7

Для отримання даних про поточні проби руди будуть використані стандартні елементи візуальних інтерфейсів, такі як поля введення, кнопки, списки, що випадають.

Для візуалізації розрахунків будуть використані таблиці, а також побудовані на даних таблиці інтерактивні графіки.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Результати проведених лабораторних досліджень показали, що середньоквадратичне відхилення генеральної вибірки змінюється в діапазоні від 0,57 до 0,78.

З метою підвищення точності оперативного контролю вмісту заліза в товарній руді передбачається використання нейронно-нечітких мереж та штучного інтелекту.

Вхідними параметрами для нейронних мереж та штучного інтелекту визначено: вага ущільненої проби; ціна одного відсотка в грамах; середнє значення діапазону вмісту заліза.

Список літератури

1. Азарян А. А., Експрес-аналіз гематитових руд гравітаційним методом// А.А. Азарян, В.А. Азарян, А.М. Гриценко, та ін. Науково-технічний вісник «Гірничий вісник». – 2022 - №110 – с. 150-154. (Фахове видання категорії «Б» DOI: 10.31721/2306-5435-2022-1-110-150-154)
2. Azarian, A. A., Azarian, V.A. (2020). Geophysical methods for controlling the useful component content as the basis for the quality management system at mining and processing enterprises. Journal of Geology, Geography and Geoecology, 29(1), 3-15
3. Вілкул Ю.Г., Голярчук Н.И. Підвищення якості залізорудної сировини – основа виживання гірничорудних підприємств в умовах конкуренції. У збірці «Якість мінеральної сировини», Кривий Ріг, 1999
4. Р.С. Азарян, І.П. Васильчук, Е.В. Грібова. Вплив якості залізняку на фінансові показники діяльності залізорудних підприємств. У сб. «Качество мінерального сир'я», Кривий ріг, 1999
5. Г.В. Константинов. «Разработка системы управління якістю залізорудної сировини при переробці. Автореферат дисертації Кривий ріг, 2000
6. А.А. Темченко. «Стабілізація якості залізорудної сировини із застосуванням засобів оперативного контролю в кар'єрах. Автореферат дисертації, Кривий ріг, 1998 г.
7. Мінералогія Криворізького басейну, Київ, Наукова думка, 1977
8. Василенко, В.Є. Дослідження впливу вологості на точність контролю якості залізорудної сировини гамма-гамм методом. (). Збірник "Якість мінеральної сировини", Кривий Ріг, 2002, 230-237
9. Kozhevnikov, D.A., Khatmullin, I.Ph. (1990). A Method of Geometrical Factors in the Theory and Interpretation of Formation Density Logging Data. Nucl. Geophys. (4), 413 - 424
10. Belousov M.P., Gorbunov, M.A., Dudin, S.V., Ignat'ev, O.V., Morozov, S.G., Pulin, A.A. Analitika i kontrol', Portable scintillation gamma spectrometer STARK-01, 15, 429-438.

Рукопис подано до редакції 20.04.2023

УДК 622.271.4

Л.О. ШТАНЬКО, канд. техн. наук, провідний науковий співробітник,

В.І. АНТОНІК, канд. біол. наук, провідний науковий співробітник,

І.В. БАРАНОВ, канд. техн. наук, старший науковий співробітник,

Науково-дослідний гірничорудний інститут Криворізького національного університету

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЛАДУВАННЯ ОКИСЛЕНИХ КВАРЦИТІВ ПРИ ПОДАЛЬШІЙ РОЗРОБЦІ КРУТОСПАДНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ НА ПРИКЛАДІ КАР'ЄРУ № 3 ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»

Мета. Видобуток залізистих кварцитів відкритим способом супроводжується величезними обсягами виймання розкривних порід. До складу порід розкриття входять окислені кварцити, які необхідно складувати окремо з метою їх використання у якості залізорудної сировини в майбутньому. Однією з умов підтримання продуктивності кар'єру за рудою є своєчасне, у необхідному обсязі, виймання розкривних порід. Для її виконання потрібна наявність або ство-

рення вільних відвальних ємностей, а також визначення технології подальшого розміщення порід розкриву у відповідності кращім доступним технологіям і методам управління, які відомі на сьогодні.

Методи досліджень. Для досягнення зазначеної мети у роботі виконано аналіз наукових досягнень і практичного досвіду з розміщення та складування розкривних порід залізрудних кар'єрів. Також проаналізовано попередні проектні рішення, які пов'язані з можливим збільшенням продуктивності кар'єру за рудою та підтримання її на заданому рівні. Використані методи технологічної та економічної оцінки можливостей з подальшого складування окислених кварцитів при розробці Валявкінського родовища.

Наукова новизна, виконаних у роботі досліджень, полягає в подальшому розвитку теорії планування відвальних робіт при відкритому способі розробки залізрудних родовищ, що дозволяє враховувати конкретні гірничо-технологічні умови роботи кар'єрів і відвалів та підвищити їх ефективність.

Практична значимість. Враховуючи гірничо-технологічні умови, які склалися при відпрацюванні кар'єрів, можна визначити кращу технологічну схему, оптимальний варіант розміщення розкривних порід (окислених кварцитів), що дозволить підвищити ефективність видобутку залізрудної сировини та техніко-економічні показники роботи гірничовидобувного підприємства в цілому.

Результати. Запропонована технологічна схема розширення тимчасового складу окислених кварцитів на борту кар'єру та на території ліквідованої шахти. Тобто буде використовуватися територія земельних площ, яка вже порушена гірничими роботами. При впровадженні технологічної схеми складування окислених кварцитів можливо значно знизити відстань транспортування окисленої руди, знизити негативний вплив на оточуюче середовище без відчуження додаткових сільськогосподарських земельних площ. При цьому є можливість підтримання продуктивності кар'єру за рудою на найближчу перспективу.

Ключові слова: кар'єр, окислена руда, відвал, земельні площі, технологія, параметри, гірничі обладнання, технологічні показники.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Гірничо-металургійний комплекс є однією з складових основ економічного потенціалу України. Основним постачальником залізрудної сировини цього комплексу є гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК), які здійснюють видобуток бідних залізних руд відкритим способом. Необхідність вилучення великих обсягів розкривних порід є характерною особливістю цього способу та потребує значних витрат на їх розміщення у відвалах.

З початку розробки крутоспадних залізрудних родовищ виробнича потужність кар'єрів за рудою, як правило, встановлювалася максимальною за гірничими можливостями. Тому освоєння цих родовищ виконувалося відразу по всій площі з великою інтенсивністю розвитку гірничих робіт у глибину. Це зумовило розміщення розкривних порід у зовнішніх відвалах та порушення великих земельних площ як при відпрацюванні кар'єрів, так і при формуванні зовнішніх відвалів. У загальному обсязі розкривних порід значну частину займають кондиційні окислені кварцити, які будуть слугувати залізрудною сировиною в майбутньому.

На даний час глибина кар'єрів, що розробляють крутоспадні залізрудні родовища, перевищує 300 м. Стан гірничих робіт у кар'єрах характеризується постійним збільшення їх глибини, а відпрацювання кар'єрів – складними гірничотехнічними умовами. Необхідно зауважити, що у переважній більшості відвали за своєю основою вже займають проектну площу та вичерпують можливості подальшого розміщення порожніх порід. Тобто основною проблемою на сьогодні є те, що практично всі гірничовидобувні підприємства зазнають дефіциту відвальних ємностей для розміщення порожніх порід. Важливість проблеми посилюється ще й тим, що кондиційні окислені кварцити, які віднесені до розкривних порід, повинні розміщуватися окремо.

Аналіз досліджень та публікацій. Близько 90% потреб металургійних підприємств України забезпечують гірничо-збагачувальні комбінати Кривбасу. При проектуванні відкритих гірничих робіт одним із головних питань є раціональне розміщення розкривних порід, визначення параметрів відвалоутворення, а також наслідків екологічного впливу на навколишнє середовище. Розвиток відкритого способу розробки родовищ корисних копалин спричиняє значні порушення сільськогосподарських угідь. У проведених дослідженнях [1] було встановлено вплив основних параметрів і схем зовнішнього відвалоутворення на ефективність використання відведених земельних площ. При розміщенні розкривних порід у відвалах важливу роль відіграє визначення стійкого стану відвального масиву та його контроль. Особливість порушення стійкості відвалів обумовлена наявністю критичних деформацій гірських порід у зоні роботи гірничого обладнання. На основі досліджень стану стійкості бортів, гранулометричного складу, міц-

ності розкривних порід та вивчення режимів відвалоутворення були запропоновані способи керування стійкістю, методи контролю та можливості збільшення ємності відвалів [2-9].

На даний час все більше у наукових працях висвітлюються питання, які пов'язані з визначенням технологій складування некондиційної сировини та формуванням техногенних родовищ [10-13]. Зокрема це стосується визначення перспектив видобутку, складування та подальшої переробки окислених руд.

Постановка задачі. Криворізькі залізрудні родовища містять близько 50 млрд тонн окислених залізистих кварцитів. Їх переробка повинна була здійснюватися на Криворізькому гірничо-збагачувальному комбінаті окислених руд, будівництво якого було не закінчено, а на теперішній час його завершення ускладнюється фінансовою кризою. Тому на кожному ГЗК постійно виникає необхідність окремого складування окислених руд. Основною метою роботи є визначення можливостей подальшого складування окислених кварцитів, порядку їх відсіпання, технічних, технологічних рішень і техніко-економічних показників.

Викладення матеріалу та результати. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ПАТ «АМКР») – промислове підприємство з видобутку та переробки залізної руди. До його складу входять гірничо-збагачувальне, металургійне, прокатне, коксохімічне виробництва, а також шахтоуправління з підземного видобутку залізистих кварцитів. У свою чергу гірничо-збагачувальне виробництво містить у собі кар'єри, відвали, збагачувальні фабрики, хвостове господарство, об'єкти транспортного, енергетичного, ремонтно-допоміжного та інших господарств. Основними видами товарної продукції є залізрудний концентрат та агломерат.

Сировинною базою ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є запаси залізистих кварцитів Новокриворізького та Валявкінського родовищ, що розробляються кар'єрами № 2-біс та № 3.

Кар'єр № 3 рудоуправління Гірничого департаменту (РУ ГД) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» розробляє запаси Валявкінського родовища корисною копалиною якого є неокислені залізисті кварцити IV залізистого горизонту. При видобутку корисної копалини, крім пустих порід, вилучаються значні обсяги окислених кварцитів, які передбачалося складувати у відокремлені відвали з метою їх використання в якості залізрудної сировини в майбутньому.

Від денної поверхні до глибини горизонту +30 м, у кар'єрі, розробка велася уступами висотою 12 м. Нижче цієї відмітки до дна кар'єру висота уступів складає 15 м. На поверхні границі кар'єру знаходяться на кінцевому (проектному контурі). Гірничі роботи на теперішній час зосереджені на нижніх горизонтах і сході, а також на півдні та півночі кар'єру. Крім того, відбувається активне просування гірничих робіт по східному борту з формуванням кінцевих контурів кар'єру по окислених кварцитах.

На даний час основні видобувні роботи ведуться в центральній частині родовища зі сторони лежачого боку, в основному, в північному і, частково, східному напрямках. Східний борт кар'єру, в якому зосереджено близько половини запасів окислених руд, знаходиться в напівпогашеному стані через відставання розкривних робіт, а також через відсутність попиту на окислені кварцити.

Південний борт кар'єру знаходиться на тимчасовому постійному контурі, який визначився параметрами берм безпеки, необхідними для нормальних умов експлуатації вивізних залізничних колій перегону «Станція «Рудна-П» – Станція «Рудна»» та інших інженерних комунікацій. В кінцевому положенні сформований західний борт кар'єру, по якому відбувається тільки поглиблення гірничих робіт. Північний борт верхніми горизонтами, до відмітки -150 м, досягнув кінцевого контуру.

Станом на 01.01.2023 року позначка дна кар'єру складає -300 м. Фактичні (проектні) розміри кар'єру № 3 станом на 01.01.2023 р складають:

по верху: ширина – 1450 м (1450 м), довжина – 2200 м (2200 м);
по низу: ширина – 85 м (140 м), довжина – 360 м (410 м);
глибина – 390 м (500 м).

Склад окислених руд (автовідвал № 4) розташований на північно-східному борту кар'єру, в існуючих межах земельного відведення підприємства ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

З півдня склад обмежений територією Східно-борткової електропідстанції 5/6 кВ та екіпірувальним господарством залізничного транспорту. Зі сходу територія складу обмежена 100-метровою прибережною смугою річки Інгулець та трасою повітряної лінії електропередач напругою 35кВ. Ситуаційний план розміщення авто відвалу № 4 наведено на рис. 1.



Рис. 1. Розміщення автовідвалу № 4

На даний час частково сформовано яруси +120 м, +150 м і розпочато роботи з відсіпання ярусу +180 м. Подальший розвиток складу у північно-східному напрямку стримується відставанням робіт з перенесення ЛЕП. Нарощування висоти відвалу було зупинено у зв'язку з активізацією інструментальних спостережень процесів зрушення на східному борту відвалу. На території, що розглядається під розширення складу, частково розташовано відвал РУ ім.Ілліча. Цей відвал сформований з некондиційних окислених кварцитів IV залізного горизонту відпрацьованого кар'єру «Радянський», які аналогічні окисленим кварцитами кар'єру № 3 РУ ГД.

Аналіз сучасного стану відвалів окислених кварцитів показав неможливість подальшого розвитку відвальних робіт і нарощування висоти відвалу. Тому для підтримки продуктивності кар'єру №3 на досягнутому рівні необхідно додаткове виділення ділянки площею 23,3 га на північний захід від існуючого складу окислених руд, який на даний час вже займає 80 га.

Ділянка, що відводиться, порушена гірничими роботами та не придатна для ведення сільського господарства і не вимагає відчуження додаткових сільськогосподарських земель. Вона межує на заході з існуючим гірничим відведенням ПАТ «АМКР», що сприяє компактному розміщенню окислених кварцитів та їх успішній розробці в майбутньому. Рациональність цього рішення полягає у тому, що розширення тимчасового складу окислених кварцитів на східному борту кар'єру № 3 дозволить значно зменшити дальність транспортування окисленої руди у порівнянні з дальністю її транспортування у відвали «2-3». Враховуючи складний, порушений гірничими роботами рельєф, прийнято, що відсіпання складу буде виконуватися в декілька етапів у взаємозв'язку з відсіпанням існуючим складом, зі збереженням його технологічних і транспортних зв'язків.

Відвальна ємність на ділянці розміщення відвалу утворюється шляхом розширення західного укосу існуючого автовідвалу № 4 з утворенням майданчиків розвантаження на відвальних ярусах з відмітками +105 м, +120...+125 м, +150...+160 м, +170...+180 м. Формування складу передбачається за допомогою бульдозерного відвалоутворення.

Треба відмітити, що для визначення найбільш ефективної схеми доставки окислених кварцитів за умови економного витрачання енергоресурсів розглядалися два варіанти. Річний обсяг складування в обох варіантах складав 3700 тис. м³. Перший варіант містив у собі транспортування та складування всього річного обсягу окисленої руди тільки у відвалах «2-3». Другий передбачав складування окислених кварцитів у відвали «2-3» в обсязі 1620 тис. м³ та в автовідвал, що розширюється – 2080 тис. м³.

У першому варіанті доставка окислених кварцитів здійснюється комбінованим автомобільно-залізничним транспортом з їх навантаженням на перевантажувальних пунктах, розташованих на східному та західному бортах кар'єру.

У другому варіанті більше ніж у два рази зменшується обсяг транспортування цих кварцитів на відвали «2-3», а доставка в автовідвал № 4 здійснюється автотранспортом безпосередньо із вибою до відвальних ярусів. Технологічні показники варіантів, що розглядалися представлені в табл. 1.

З наведеної табл. 1 видно, що за другим варіантом потрібна менша кількість як екскаваторів, так і бульдозерів. Крім того у другому варіанті витрата енергоресурсів за показником «тонн умовного палива» менша на 38%.

Результати досліджень показали, що формування ярусів відвалу можна виконувати висотою від 10 м до 30 м під кутом істотного укосу 35-37°, що не призведе до втрати стійкості та появи зсувних явищ. В цілому кут укосу борту відвалу складатиме 17-27°, ширина бERM безпеки – 28-60 м, висота відвалу в залежності від форми основи – 55-100 м.

Технологічні показники варіантів складування окислених кварцитів

Технологічні процеси та задіяне устаткування	Річний обсяг робіт (в цілику, тис. м ³)	Кількість обладнання, од.	Річна витрата енергії, тонн умовного палива (т.у.п.)
Варіант 1			
Перевантаження з авто на залізничний транспорт: екскаватор ЕКГ-8І бульдозер CAT D9R	3700	3 3	
Складування у відвалі: екскаватор ЕКГ-8І	3700	3	
Усього: екскаватори		6	3512,0
бульдозери		3	522,0
т.у.п.			4034,0
Варіант 2			
Перевантаження з авто на залізничний транспорт: екскаватор ЕКГ-12,5 бульдозер CAT D9R	1620		
		1	
		1	
Складування у відвали «2-3» екскаватор ЕКГ-8І	1620	1	
Складування у відвали «2-3» бульдозер CAT D10T	2080		
		1	
Усього: екскаватори		2	2069,0
бульдозери		2	412,0
т.у.п.			2481,0

Як було зазначено вище, складування окислених кварцитів виконується чотирма ярусами з використанням працюючого на даний час автомобільного транспорту та відвальної техніки. Транспортування породи до місця розвантаження здійснюється із застосуванням великовантажних автосамоскидів САТ-785С або БілаЗ-75145. В якості відвального обладнання використовується два бульдозери типу САТ, які забезпечать розміщення запланованого обсягу розкривних порід.

Була визначена схема маневрів для встановлення параметрів розвантажувальної площадки та розроблено паспорт автомобільної відсипки складу окислених руд, які наведені на рис. 2 та 3. Довжина фронту розвантаження складає: для самоскидів САТ-785С – від 46 до 55 м; для самоскидів БілаЗ-75145 – від 45 до 53 м.

Також було визначено, що відвальні бульдозери забезпечать укладання шару суглинків на ділянці відновлення водоохоронної зони з використанням навантажувача САТ-9920 з навантаженням в автосамоскиди та доставкою на площу, що відновлюється.

При розгляданні варіантів розміщення окислених кварцитів дотримувались максимального збереження існуючої технології та механізації виробничих процесів з формування складу.

Транспортування від вибоїв до розвантажувальних майданчиків на відвальних ярусах здійснюється по існуючих постійних і тимчасових автомобільних дорогах, що будуються. Зокрема через південно-східну виїзну траншею кар'єру та по технологічній автодорозі, яка розташована в південній частині існуючого складу окислених кварцитів.

Відвалоутворення окислених руд здійснюється з периферійним формуванням складу, при якому автосамоскиди розвантажуються вздовж відвального фронту в безпосередній близькості від верхньої брівки відвалу або під укіс. Далі порода зштовхується бульдозером під укіс ярусу відвалу. Для пилоподавлення на технологічних автомобільних дорогах передбачається поли-

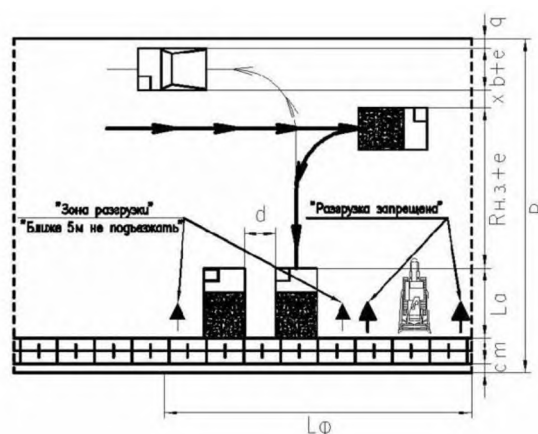


Рис. 2. Схема маневрів при розвантаженні автомобільного транспорту

вання водою проїжджої частини спеціалізованими поливозрошувальними автомобілями на базі БілАЗ-7548А.

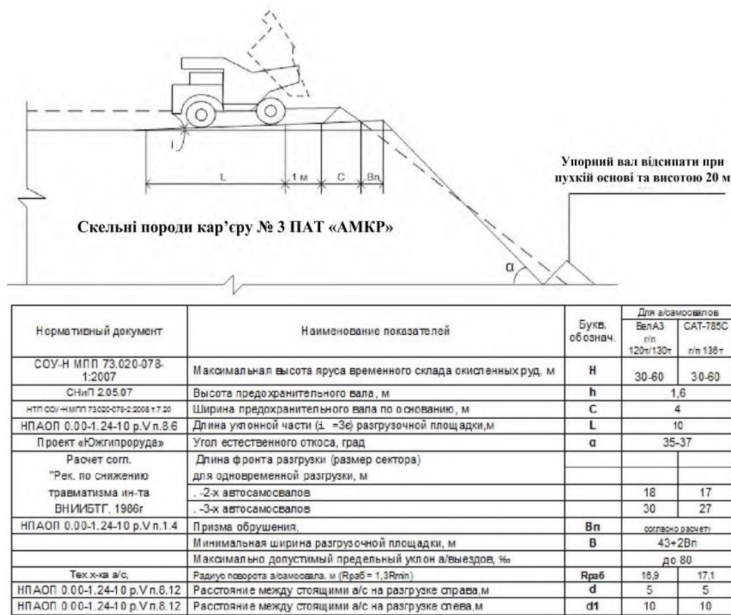


Рис. 3. Паспорт розвантаження автосамоскиду

лу здійснюються автосамоскидами вантажопідйомністю 16 т з розвантаженням на безпечній відстані від стволу.

Загальна площа ділянок на даний час під існуючим складом окислених руд складає 80,0 га. Загальна площа ділянки, що відводиться – 23,3 га. Таким чином, загальна площа ділянок під розміщення складу окислених руд буде складати 103,3 га. Враховуючи складний, порушений гірничими роботами рельєф, прийнято технологію поетапного відсіпання складу:

I етап (3 роки) – на земельній ділянці площею 12,44 га з розміщенням окислених кварцитів і скельних порід в обсязі 6681 тис. м³ і 1357 тис. м³ відповідно;

II етап (1,5 роки) – на земельній ділянці площею 1,50 га, окислені кварцити та скельні породи – 3703 тис. м³ і 355 тис. м³ відповідно;

III етап (3 роки) – на земельній ділянці площею 3,81 га, окислені кварцити – 3703 тис. м³;

IV етап (3,5 роки) – на земельній ділянці площею 3,80 га, окислені кварцити – 3703 тис. м³;

V етап (0,5 року) – на земельній ділянці площею 1,75 га, окислені кварцити – 1226 тис. м³.

Таким чином у відвал буде заскладовано 27526 тис. м³ окислених кварцитів і 1712 тис. м³ скельних порід. Загальний період відсіпання складу окислених руд складає 11,5 років з щорічним обсягом окислених руд 2404 тис. м³, що відповідає проекту «Реконструкція та розвиток кар'єрів № 2-біс та № 3 гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» для підтримки продуктивності з видобутку сирової руди 30 млн тонн на рік на період до 2020 року»).

Загальний вигляд складу окислених кварцитів на момент початку формування відвального ярусу +180 м наведено на рис. 4.

Висновки та напрямок подальших досліджень. За результатами досліджень було

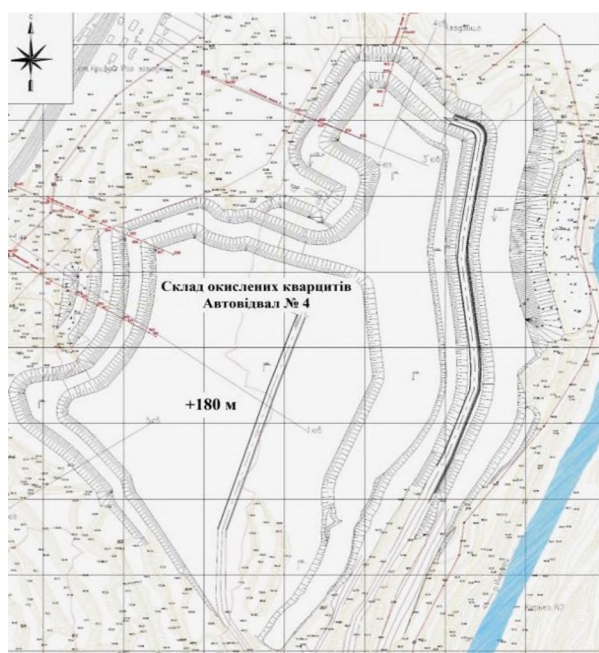


Рис. 4. Розвиток відвальних робіт до положення у відсіпаному вигляді

визначено кращий варіант розміщення окислених кварцитів кар'єру № 3 РУ ГД ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Варіант з розширенням автовідвалу № 4, у зрівнянні з існуючим варіантом розміщення окислених руд, дає можливість зменшити витрату енергоресурсів на 38%. Крім цього запропонована технологічна схема складування окислених кварцитів дозволяє значно знизити відстань транспортування окисленої руди без відчуження додаткових сільськогосподарських земельних площ. Тобто будуть використовуватися земельні площі, які вже порушені гірничими роботами. При цьому є можливість підтримання продуктивності кар'єру за рудою на найближчу перспективу. У заключному етапі досліджень необхідно виконати оцінку впливу на оточуюче середовище запропонованого варіанту розміщення окислених кварцитів, вилучення яких необхідне для підтримки продуктивності кар'єру № 3 на досягнутому рівні.

Список літератури

1. Михайлов А.М. Влияние основных параметров и схем отвалообразования на эффективность использования земельного отвода / А.М.Михайлов, А.Г.Темченко, В.Г.Щека, П.С.Трушин // Респ. межведом. научн.-техн. сб. «Разработка рудных месторождений». – 1983. – Вып.35. – С.69-74.
2. Методические указания по расчету устойчивости несущей способности отвалов / Под ред. Г.Л.Фисенко. Л.: 1981. – 126 с.
3. Николашин Ю.М. Методика контроля состояния устойчивости отвалов в сложных горнотехнических условиях / Ю.М.Николашин, Ю.Н.Куцый, Н.В.Гайдукова // Разработка рудных месторождений: Научн.-техн. сборник. – 2004. – Вып.85. – С.134-137.
4. Несмашний Є.О. Збільшення ємності зовнішніх відвалів Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату / Є.О.Несмашний, В.С.Кравець, Г.І.Ткаченко // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2005. – Вип.9. – С.7-9.
5. Ткаченко Г.И. Прогнозирование и оценка состояния устойчивости внешних отвалов с помощью имитационного моделирования // Разработка рудных месторождений: Научн.-техн. сборник. – 2007. – Вып.91. – С.99-102.
6. Николашин Ю.М. Маркшейдерское и геомеханическое обеспечение безопасного наращивания отвалов смешанных пород на слабом основании / Ю.М.Николашин, Д.А.Шевченко, Н.В.Гайдукова // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2005. – Вип.9. – С.47-51.
7. Максимов О.В. Моделирование поверхонь сквозанния для оцінки стану стійкості багатоярусних зовнішніх відвалів / О.В.Максимов, Г.І.Ткаченко // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2005. – Вип.8. – С.7-11.
8. Несмашний Є.О. Розроблення фізико-математичної моделі скошування бутів гірської породи з породних відкосів / Є.О.Несмашний, Г.І.Ткаченко, К.В.Герасимова // Гірничий вісник: Зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2020. – Вип.107. – С.101-106.
9. Євтехов В.Д. Природні й техногенні чинники стійкості гірничих масивів кар'єрів Північного ГЗК / В.Д.Євтехов, О.С.Демченко, Г.І.Єременко, Є.В.Євтехов, С.В.Саженєв // Гірничий вісник: Зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2022. – Вип.110. – С.72-79.
10. Ткаченко Г.І. Фізико-математична модель утворення поверхні зсуву в зовнішніх відвалах залізничних кар'єрів / Г.І.Ткаченко // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2011. – Вип.28 – С.65-70.
11. Перегудов В.В. Перспективи переробки окислених руд Криворізького басейну на прикладі кар'єру ПАТ «ІнгЗК» / В.В.ПЕРЕГУДОВ, І.Є.Григор'єв, А.Ю.Гук, Ю.І.Григор'єв // Гірничий вісник: Зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2022. – Вип.110. – С.9-13.
12. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва / А.Г.Темченко // Кривий Ріг: «Мінерал», 2000. – 216 с.
13. Григор'єв І.Є. Визначення основних методичних принципів ціле направленої формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр / Григор'єв І.Є., Григор'єв Ю.І., Усачов В.Е., Євтушенко М.С. // Зб. наук. праць НГУ, 2019. – Вип.56. – С.18-28.

Рукопис подано до редакції 21.04.2023

УДК 621.9.022.1

Л.А. БУГАЙ, ст. викладач, Криворізький національний університет

ЗНИЖЕННЯ ТРУДОЄМКОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПРОДУКЦІЇ З ВИСОКОМАРГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Мета. Метою даної роботи є аналіз методів та засобів зниження трудомісткості операцій механічної обробки деталей з високомарганцевих сталей гірничо-збагачувального обладнання, а саме – визначення оптимальних режимів різання, періоду стійкості ріжучої крайки ріжучого інструменту при різних умовах обробки.