

УДК 622.271.33

А.О. РОМАНЕНКО, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

РАЙОНУВАННЯ КАРЄРНОГО ПОЛЯ ЗА ФАКТОРОМ СТІЙКОСТІ БОРТІВ

В наведеній статті представлені результати проведених досліджень стійкості бортів кар'єру на Інгулецькому ГЗК, з виділенням слабкого шару талько-хлоритових сланців у окрему структуру. Приведений аналіз результатів по 18 профільним лініям, складені структурні графіки за розподілом коефіцієнта запасу стійкості по бортах кар'єру, проведено районування кар'єрного поля за даним фактором.

Ключові слова: стійкість, районування, борт кар'єру.

Проблема і її зв'язок з науковими й практичними завданнями

Оцінка стану гірничого масиву та стійкості бортів кар'єру є проблемою, як в галузі природокористування, так і техногенної безпеки.

Науковим завданням, актуальність якого не зменшується, є забезпечення стійкості

бортів кар'єру з урахуванням перспективи розвитку гірничотехнічного об'єкту. Для того, щоб створити якомога цілісну картину загальної зональної стійкості кар'єру необхідно визначити найбільш «слабкі місця» та приділити їм більшу увагу та значення.

Аналіз досліджень і публікацій

Багаторічний досвід відпрацювання залізрудних родовищ, особливо глибоких та надглибоких кар'єрів показує, що проблема забезпечення стійкості залишається на весь період експлуатації родовища, і навіть довше. Тому на кожному етапі відпрацювання родовища потрібно звертати увагу на нові визначені параметри, що впливають на стан гірничого масиву. Прикладом такого параметру може стати уточнення геолого-тектонічної структури шарів, що формують масив.

Питанням розв'язку цієї задачі займалися вчені, і варіанти вирішення даного питання знайшли відображення в роботах: Г.Л. Фісенко, А.І. Арсентьева, В.В. Ржевського, А.Г. Шапара, Ю.І. Турінцева, П.С. Шпакова, Р.П. Окатова, А.І. Ільїна, Н.К. Звонарева, Е.Л. Галустьяна та багатьох інших.

Для розрахунків стійкості була використана методика, викладена в роботах [1, 2, 3, 4].

В якості основного методу оцінки стану бортів кар'єру обрано районування.

Спочатку метод районування використовувався у фізичній географії, де під цим терміном розумівся розподіл території або акваторії на частини (райони), що різняться

між собою й у чомусь однорідні усередині себе.

Пізніше районування, як науковий метод, став застосовуватися для розв'язання економічних і екологічних завдань.

Стосовно схеми ведення розробки кар'єру використовується районування кар'єрного поля по підриваємості, по блоковості гірських порід, по фізико-технічним параметрам, тріщинуватості, тобто у більшості випадків по одному фактору.

Складність гірничо-геологічних умов родовищ корисних копалин, що підлягають розробці відкритим способом, вимоги до безпеки й економічної ефективності, поставлені перед гірським виробництвом, висунули на перший план проблему оцінки та прогнозу геомеханічних умов на кар'єрах.

Геометризація геомеханічних умов розробки на кар'єрах полягає в районуванні кар'єрного поля по факторах, що визначають стійкість уступів бортів.

Під районуванням кар'єрного поля розуміється сукупність операцій, які виконуються для оцінки впливу гірничо-геологічних факторів на стійкість кар'єрних укосів і прогнозу геомеханічних умов розробки родовища відкритим способом шляхом поділу масиву гірських порід на ділянки, що характеризуються однаковими геомеханічними

умовами, що визначають єдиний підхід до проектування й організації гірничих робіт. Районування за факторами стійкості є необхідним етапом для побудови математично-економічної моделі родовища.

При комплексному районуванні кар'єрного поля на перший план виходять питання агрегування, нормування й зіставлення факторів, що впливають на стан прибортового масиву.

Викладення матеріалів

Безпечне відпрацювання бортів кар'єру ПАТ «ІнГЗКа», у першу чергу визначається його стійкістю й стійкістю окремих уступів або окремих локальних ділянок бортів, які залежать від геологічних умов формування масиву гірських порід і гірничотехнічних методів постановки борту на граничний контур.

Загальна стійкість борту кар'єру і кут його нахилу визначаються: інженерно-геологічними умовами залягання порід даної ділянки; літологічним складом порід, їх міцністю, характером і ступенем тріщинуватості; напрямком падіння шарів або площин розсланцювання; тектонічними порушеннями, простягання яких близько до простягання борту; матеріалом, що заповнюють тектонічні розломи й порушення; гідростатичним тиском, розподіленим по поверхні ковшання.

Стійкість окремих уступів або окремих локальних ділянок бортів визначається: тектонічною порушеністю даної ділянки борту або уступу; загальною інтенсивністю тріщинуватості порід; схильністю порід до вивітрювання; орієнтуванням щодо простягання укосу великих тектонічних тріщин, шаруватості й сланцюватості.

Сланцюватість метаморфічних гірських порід призводить до обвалення укосів уступів у тих випадках, коли площини сланцюватості нахилені убік вільної поверхні укосів під кутами, більшими за 25°. При діагональному напрямку падіння площин сланцюватості щодо простягання укосів уступів обвалення укосів уступів може відбуватися в тих випадках, коли площини сланцюватості па-

дають убік вільної поверхні укосів під кутами більшими 30°. Для забезпечення стійкості укосів уступів під кутами, більшими кутів падіння площин сланцюватості, їх необхідно укріпляти.

Шаруватість усіх осадових гірських порід проявляє такий самий негативний вплив на стійкість укосів уступів, як і сланцюватість метаморфічних порід. У всіх випадках, коли падіння шарів убік вільної поверхні укосу перевищує кут внутрішнього тертя по контактах між шарами порід, можливе обвалення уступів. Величина зчеплення по найбільш слабких контактах між шарами не перевищує 2-5 тс/м² і під впливом підричних робіт, набрякання порід і вивітрювання із часом може бути ще більше знижена, так що зчеплення по контактах шарів слід враховувати при розрахунках стійкості укосів уступів тільки при великій надійності збереження його із часом.

Аналіз кутів падіння шарів порід південно-східного борту кар'єру ІнГЗКа показав, що вони падають у бік виробленого простору під кутами 75-110°. Причому переважним є падіння під кутами більшими 90° [5, 6].

Методика опирається на основні положення механіки ґрунтів і гірських порід та загальноприйнятий метод алгебраїчного додавання сил, що передбачає розбивку призми обвалення на вертикальні відсіки.

Її коротка суть полягає в наступному.

Форма і місце розташування поверхні зрушення $y = y(x)$ визначається з розв'язання звичайного нелінійного диференціального рівняння:

$$\frac{dy(x)}{dx} = \frac{\gamma \cdot (H(x) - y(x)) - \sqrt{\gamma^2 \cdot (H(x) - y(x))^2 - 4 \cdot C \cdot \gamma \cdot f \cdot (H(x) - y(x)) - 4 \cdot C^2}}{2 \cdot C}, \quad (1)$$

де γ – об'ємна вага породи, C – зчеплення в масиві, $f = \operatorname{tg}(\rho)$, ρ – кут внутрішнього тертя породи.

У загальному вигляді диференціальне рівняння (1) аналітичного розв'язку не має. Тому воно інтегрується чисельно на ПЕОМ.

Запропонована у [3, 4] методика дозволяє вирішувати завдання оцінки стійкості масивів ґрунту і гірських порід без накладення на по-

родний масив геометричних обмежень (заданих форм поверхонь ковзання у вигляді: частини окружності, частини спіралі і т.п.).

Результати розрахунків

Для виконання розрахунків по районуванню родовища за фактором стійкості бортів Інгулецького кар'єру були прийняті наступні розрахункові профілі (рисунок 1).

При формуванні структури прийнятих профілів окремо виділені тально-хлоридові

сланці (породи з найбільш слабкими фізико-механічними властивостями), а інший породний масив розрахункового профілю прийнятий однорідним (з усередненими фізико-механічними властивостями порід). Фізико-механічні властивості порід наведені в таблиці 1.

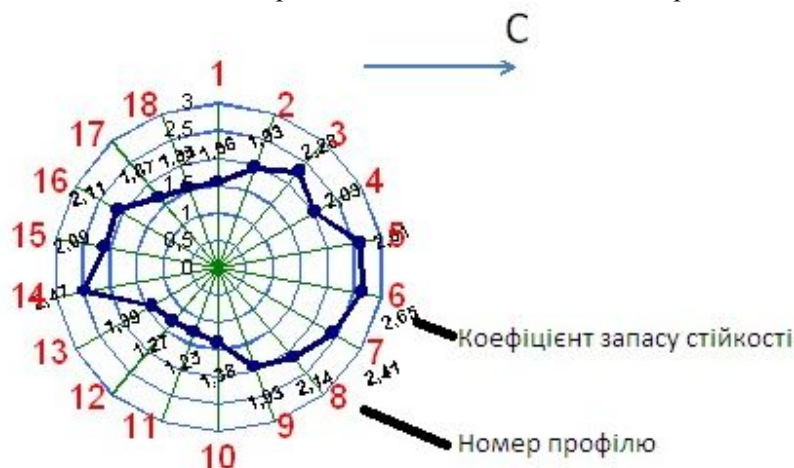


Рисунок 1 – Діаграма розподілу коефіцієнтів запасу стійкості по прийнятих профілях бортів кар'єру

Таблиця 1. Розрахункові значення фізико-механічних властивостей масиву порід по профілях

Порода	γ , кг/м ³	φ_m , град.	C_m , кПа	H_{90} , м
Тально-хлоридові сланці	2358	21,8	308	39,3
Усереднене значення фізико-механічних характеристик порід у масиві	2700	29,8	215	28,0

Відзначимо, що тально-хлоридові сланці розташовуються в наступних прийнятих профілях: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18.

Діаграма розподілу отриманих коефіцієнтів запасу стійкості прийнятих профілів наведена на рисунку 2.

Найменше й найбільше значення коефіцієнтів запасу стійкості відповідно становлять $\eta = 1,25$ (профіль 11) і $\eta = 2,65$ (профіль 6).

Розташування тально-хлоридових сланців (найбільш слабкої породи) у розрахункових профілях 6 і 11 не виявляє впливу на районування гірського масиву за фактором стійкості.

В наведеній статті представлені результати проведених досліджень стійкості бортів кар'єру на Інгулецькому ГЗК, з виділенням слабого шару тально-хлоридових сланців у

окрему структуру. Приведено аналіз результатів по 18 профільним лініям, складені структурні графіки по розподілу коефіцієнта запасу стійкості по бортах кар'єру, проведено районування кар'єрного поля за даним фактором.

З метою обліку впливу реальної структури порід гірського масиву по профілю, де отримано найменший коефіцієнт запасу стійкості, були проведені додаткові дослідження. У якості розрахункового профілю з реальною структурою літологічних різниць, розташованого поблизу профілю 11, обраний профіль із гірничо-геологічними умовами в 52 м.о. (рисунок 2). Фізико-механічні властивості порід, що використані в розрахунках, наведені в таблиці 2 [5,6].

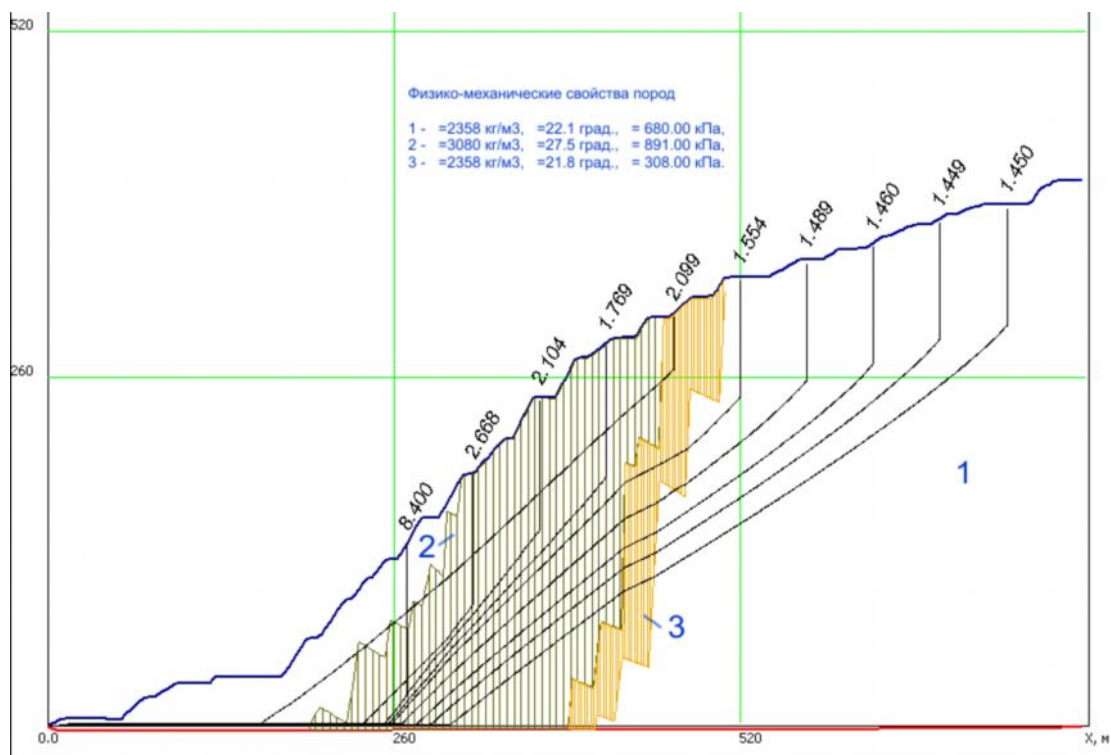


Рисунок 2 – Розподіл коефіцієнтів запасу стійкості в геолого-структурному розрізі м.о. 52

В результаті досліджень отримано коефіцієнт запасу стійкості в геолого-структурному перерізі м.о. 52 $\eta = 1,45$ (рисунок 2). Облік у розрахунках реальної структури масиву призвів до збільшення коефіцієнта запасу стійкості на $\Delta\eta = 0,2$, що становить 15% від розрахунків з середньозваженими характеристиками порід.

Таким чином, основний вплив на районування Інгулецького кар'єру за фактором

стійкості визначається формою даної поверхні борту в даному конкретному розрахунковому профілі, положенням, об'ємом, значенням і направленням кута падіння слабого шару.

Провівши районування кар'єрного поля за фактором стійкості, були відокремлені зони найменш та найбільш стійких ділянок бортів кар'єру (рисунок 3).

Таблиця 2. Розрахункові значення фізико-механічних властивостей порід у геолого-структурному розрізі м.о. 52

Порода	γ , кг/м ³	φ_{m_2} , град.	C_{m_2} , кПа	H_{90} , м
Талько-хлоридові сланці	2358	21,8	308	39,3
Скельні породи (силікат-магнетитові кварцити, сланці, кварцити магнетит-силікатні)	3080	27,45	891	97,1
Аркозо-філіти	2358	22,1	680	87,3

Напрями подальших досліджень

Районування за фактором стійкості масиву є однією із складових, що у подальшому сформують інтегральний показник для кожної ділянки кар'єру. Подальші дослідження дозволять нам провести районування Інгулецького кар'єру також за наступними факторами і врахувати: вплив БВР, вплив

ш. «Центральна», гідрогеологічні фактори, вплив слабого шару порід (як потенційна поверхня сковзання), фактор об'ємності, тріщинуватість по кожному сектору кар'єру. Провівши такі дослідження, можна звести їх у інтегральний показник, який дасть можливість повніше врахувати різноманітність

факторів, які впливають на стійкість масиву кожної ділянки кар'єру і визначити

найбільш потенційно небезпечні ділянки кар'єру.

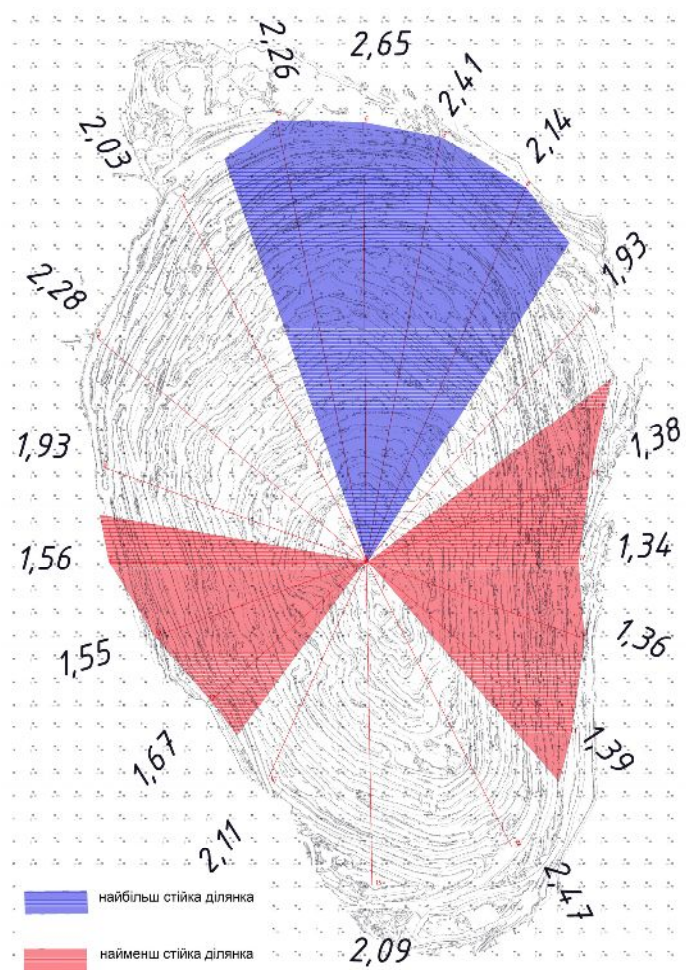


Рисунок 3 - Карта районування кар'єрного поля за фактором стійкості бортів

Висновки

1. Проведена інтегральна оцінка стану бортів кар'єру за фактором стійкості по 18 розрахункових профілям, що охоплюють усю площу кар'єру.

2. Встановлено ступінь впливу конфігурації борту кар'єру по вибраним профілям на його стійкість: діапазон зміни коефіцієнта запасу стійкості борту кар'єру становить 1,25-2,65.

3. Включення до розрахунків реальної структури гірського масиву, у порівнянні з

розрахунками за середньозваженими показниками порід, дає відмінності в коефіцієнтах запасу стійкості порядку 15 %.

4. Розроблена методика дозволяє виділити ділянки кар'єрного поля з відносно більш слабким запасом стійкості, де необхідно деталізувати маркшейдерські спостереження. Це дозволить знизити ймовірність виникнення зсувів на кар'єрі та витрати на ліквідацію їх наслідків.

Перелік посилань

1. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізородних та флюсових кар'єрів / [Шапарь А.Г., Копач П.І., Романенко В.Н. та інш.]. – Дніпропетровськ: Моноліт, 2012. – 205 с.

2. Шапарь А.Г. Механика горных пород и устойчивость бортов карьеров / Шапарь А.Г. – К. : Вища школа, 1973. – 120 с.

3. Голуб В.В. Дифференциальное уравнение линии сдвижения природных и техногенных откосов / В.В. Голуб, С.З. Полищук // Сборник научных трудов НГА Украины. – 2000. – №9, Т.2. – С. 140-146.

4. Голуб В.В. Новые подходы к оценке устойчивости откосов и склонов: теория и практика / Голуб В.В., Полищук С. З., Ветвицкий И.Л. – Днепропетровск : ЧМП «Экономика», 2011. – 172 с.

5. «Расширение карьера ОАО «ИнГОК» в юго-восточном направлении. Рабочий проект. Определение допустимых результирующих улов наклона борта карьера при его расширении в юго-восточном направлении: отчет (заключительный) / Украинско-российская научно-техническая и экспертная фирма новых технологий в гидрогеологии и гидротехнике «НОВО-ТЕК-2». – Харьков, 2010.

6. Расширение карьера ОАО «ИнГОК» в юго-восточном направлении. Рабочий проект. Определение допустимых результирующих углов наклона борта карьера при его расширении в юго-восточном направлении : отчет о НИР (приложение). – Харьков, 2010.

7. Разработка технологических и технических мероприятий по обеспечению безопасной отработки юго-восточного участка борта карьера публичного акционерного общества «Ингулецкий ГОК: отчет о НИР (заключительный) / Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины. – Днепропетровск, 2011. – 104 с.

*Стаття надійшла до редколегії 02.08.2013 р. українською мовою.
Стаття рекомендована членом редколегії канд. техн. наук П.І. Копачем.*

А.А. РОМАНЕНКО

ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина

РАЙОНИРОВАНИЕ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ ПО ФАКТОРУ СТОЙКОСТИ БОРТА

В приведенной статье представлены результаты проведенных исследований состояния устойчивости бортов карьера Ингулецкого ГОКа, с выделением слабого слоя талько-хлоритовых сланцев в отдельную структуру. Приведен анализ результатов по 18 профильным линиям, составлены структурные графики с распределением коэффициента запаса устойчивости по бортам карьера, проведено районирование карьерного поля по этому фактору.

Ключевые слова: стойкость, районирование, борт карьера.

A.A. ROMANENKO

State institution of higher education «Krivoy Rog National University», Krivoy Rog, Ukraine

REGIONALIZATION FOR QUARRY FIELD BY A FACTOR OF STABILITY EDGE OF THE PIT

In this article, the results researches to estimate slope stability of pit boards on Inguletsky GOK, with selection of a weak layer talko-chlorite slates that includes as separate structure. The analysis of results by 18 profile lines is provided, structural schedules with distribution of a degree of pit boards slope stability are made, division into districts of a career field by this factor is carried out.

Keywords: slope stability, division into districts, stability edge of the pit .