ВИДІЛЕННЯ ФАКТОРІВ ТА ЇХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ БОРТІВ ГЛЕЮВАТСЬКОГО КАР'ЄРУ

А. О. Романенко

Криворізький національний університет

вул. Пушкіна 37, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область, 50000, Україна.

E-mail: romanenkoa87@gmail.com

Визначено схему районування Глеюватського кар'єру. Встановлено основні фактори і напрямки досліджень, необхідні для використання методики комплексної оцінки стану бортів і відкосів у кожній виділеній для районування зоні. Описано методики, за допомогою яких враховується вплив кожного окремого фактору на стійкість борту. До факторів, що є характерними для умов Глеюватського кар'єру увійшли: фактор тріщинуватості, фактор впливу буровибухових робіт, фактор впливу підземних гірничих виробок від шахт «Жовтнева» (ПАТ «КЖРК») включаючи поле шахти «Більшовик» а також шахти «ім. Фрунзе» ПРАТ «Суша Балка», фактор впливу гідрогеологічних умов на стійкість верхніх горизонтів, фактор об'ємності.

Ключові слова: кар'єр, стійкість, тріщинуватість, підземні гірничі виробки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ И ИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ ГЛЕЕВАТСКОГО КАРЬЕРА

А. А. Романенко

Криворожский национальный университет

ул. Пушкина 37, г. Кривой рог, Днепропетровская область, 50000, Украина.

E-mail: romanenkoa87@gmail.com

Определена схема районирования Глееватского карьера. Установлены основные факторы и направления исследований, необходимых для применения методики комплексной оценки состояния бортов и откосов в каждой выделенной для районирования зоне. Описаны методики с помощью которых учитывается влияние каждого отдельного фактора на устойчивость борта. К факторам, которые являются характерными для условий Глееватского карьера относятся: фактор трещиноватости, фактор влияния буровзрывных работ, фактор влияния подземных горных выработок от шахты «Октябрьская» (ПАО «КЖРК») включая поле шахты «Большевик» а также шахты «им. Фрунзе» ЧАО «Сухая Балка», влияние условий гидрогеологии на устойчивость верхних горизонтов, фактор объемности.

Ключевые слова: карьер, устойчивость, трещиноватость, подземные горные выработки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сучасні тенденції розвитку мінерально-сировинної бази свідчать про подальше розширення відкритого способу розробки родовищ корисних копалини. При цьому, в стратегічних планах гірничих робіт повинні одночасно враховуватися як поліпшення техніко-економічних показників, так і дотримання безпеки праці з екологічною складовою. Нині й на про-

гнозовану перспективу відкритий спосіб розробки родовищ є основним в Україні, їм добувається близько 80% усіх корисних копалини [1]. Сучасний етап розвитку відкритого способу розробки родовищ характеризується ускладненням гірничо-геологічних умов при одночасному зростанні вимог до зменшення негативного впливу на довкілля. Інтенсивний розвиток відкритих гірничих робіт супроводжується зростанням об'ємів розкривних порід і глибин розробок. Разом із збільшенням глибини розробки зростають ризики, пов'язані з втратою стійкості уступів і бортів.

Значна роль у вирішенні задач по раціональному використанню мінеральних ресурсів відводиться управлінню станом масиву гірських порід і зокрема питанням визначення оптимальних кутів нахилу бортів кар'єру, що забезпечують їх стійкість і мінімальне рознесення. Мета такого управління полягає в забезпеченні безпечного ведення гірничих робіт і скороченні об'ємів розкриву при збереженні стійкості укосів уступів. Уточнення коефіцієнта запасу стійкості бортів кар'єру лише на 5%, може дозволити зменшити об'єм розкриву і площу кар'єру від 1,5 до 20 % залежно від гірничо-геологічних умов розробки при збереженні об'ємів вилучаємої корисної копалини [2, 3].

Керування станом природних і техногенних масивів при відкритій розробці родовищ корисних копалини полягає в сукупності заходів по підтримці й приведенню уступів, бортів кар'єрів і відвалів у стійке, близьке до граничного стану шляхом зміни в процесі розробки геометричних параметрів укосів, що забезпечує економічне і безпечне ведення гірської роботи. Критерієм оцінки стану як природних, так і техногенних масивів, в загальному випадку, являється коефіцієнт запасу стійкості (КЗС). У найбільш загальному вигляді, стосовно оцінки стійкості відкритих гірських виробок, величину КЗС можна представити як відношення інтегралів утримуючих і зрушуючих сил по ймовірній лінії (поверхні) ковзання.

КЗС дає можливість провести оцінку лише в загальному вигляді і не може охопити й урахувати усе різноманіття й комбінації різних факторів, що проявляють вплив на стан гірничого масиву. Крім того, він не передбачає прогнозування динаміки розвитку процесів деформації у масиві на довгострокову перспективу. Застосування одних лише теорій розрахунку стійкості є недостатньо для визначення раціональних і безпечних параметрів бортів кар'єрів. У зв'язку зі складністю, різноманіттям та мінливістю взаємовпливаючих факторів.

Метою статті є виділення факторів та їх параметрів для проведення оцінки стійкості бортів Глеюватського кар'єру і визначення значення інтегрального показника в межах розподіленого на зони кар'єрного поля.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На стійкість відкосів і бортів впливають численні фактори: геологічні, гідрогеологічні й гірничо-технічні, а також кліматичні умови. Стійкість відкосів зменшується зі зменшенням характеристик опору зрушенню (зчеплення й внутрішнє тертя), збільшенням тріщинуватості порід і кількості розривних геологічних порушень. Виникнення поверхонь ковзання і їх положення в масиві значною мірою залежить від орієнтування поверхонь ослаблення, у тому числі шаруватості, сланцюватості, тектонічної порушеності; ці фактори найчастіше є вирішальними при проведенні оцінки стійкості відкосів.

Важливий вплив на стійкість відкосів також можуть проявляти водоносні горизонти, водойми, відкриті й підземні водотоки поблизу кар'єру. Слід мати на увазі, що гідростатичний тиск, який діє на поверхню ковзання, зменшує нормальну складову ваги порід, що приводить до зменшення сил тертя й, як наслідок, – до зниження ступеня стійкості відкосів.

Кліматичні умови району родовища впливають на вивітрювання порід, зменшення їх міцності й стійкості в укосах. На стійкість уступів і бортів кар'єру впливають і гірничотехнічні умови: висота, кути відкосів, ширина майданчиків, конфігурація бортів у плані й у розрізі, підземні гірничі виробки, спосіб і обсяг проведення буровибухових робіт та ін.

Також досить велику роль можуть відігравати шахтні виробки, які розташовані в межах кар'єрного поля або розкриті кар'єром, який при своєму відпрацюванні охоплює частину шахтного поля, що на практиці трапляється досить таки часто.

Стійкість відкосів уступів змінюється залежно від впливу комбінацій природних і техногенних умов або інших процесів, які відбуваються в межах масиву борту, це і є причинами виникнення деформацій [4].

Геометрія системи відвал-кар'єр – у великому ступені впливає на стійкість борту. Як правило, чим більше висота й кривизна борту, тим більш сприятливі умови створюються для виникнення деформацій (при крутості борту більш 35° переважають поверхневі деформації (потoki, опливання), при менших кутах виникають зсуви) [5, 6]. Однак це твердження буде вірно лише в тому випадку, коли всі інші умови будуть однаковими. Залежно від різних умов, гранично стійка висота й крутість схилу сильно змінюється й встановлюється для кожного району окремо в процесі геологічних, інженерно-геологічних досліджень.

Висота стійкого відкосу буде залежати від ряду факторів: умов залягання порід, гідрогеологічних особливостей, сейсмічних, механічних, фізико-механічних властивостей порід і т.п. На стійкість борту впливає також і його форма. За інших рівних умов, найбільш стійкими є ввігнуті форми бортів і менш стійкими – опуклі й нависаючі.

Фактор об'ємності (в умовах об'ємної задачі, коли на стійкість відкосу починає впливати торцева ділянка, може бути введена поправка до кута нахилу борту кар'єру, що зробить його більш крутим, величина цієї поправки і є критерієм, який визначає фактор об'ємності). Як правило, усі розрахунки стійкості відкосів проводяться для умов плоскої задачі, тобто, коли довжина відкосів приблизно в 4 рази перевищує його висоту. Крім того, при великій глибині кар'єрів вони набувають круглої або овальної форми в плані, який також підвищує стійкість бортів за рахунок збільшення сил бокового тиску. Наочним прикладом може служити свердловина. При відсутності локальних ослаблень стінки бурової свердловини будуть перебувати в стані рівноваги, практично при будь-якій її глибині. При збільшенні радіуса кривизни борту кар'єру r до більших значень, а в границі до $r \rightarrow \infty$, ми переходимо до умов плоскої задачі. У цих умовах забезпечити вертикальне оголення можливе тільки до глибин H_{90} (H_{90} – глибина виникнення площини ковзання в масиві).

Оцінка впливу кривизни в плані на стійкість показує, що врахування фактора об'ємності дозволяє, відповідно розрахункам розв'язку плоскої задачі, збільшити кути нахилу бортів кар'єру від 1-3° до 20-25°, залежно від гірничо-геологічних умов розробки.

Таким чином, найбільше поширення одержала точка зору про необхідність всебічного розгляду об'ємно-напруженого стану масиву гірських порід при оцінці стійкості бортів глибоких кар'єрів.

Геологічні, інженерно-геологічні умови залягання й літологічний склад порід має великий вплив на його стійкість. Основними елементами геологічної будови борту, які впливають на його стійкість, форму й умови залягання шарів різного літологічного складу. У природі зустрічається безліч різних умов залягання гірських порід і тому неможливо описати їх усіх. Однак можна охарактеризувати найбільш типові умови, форми залягання порід і їх вплив на процеси зрушення.

Гідрогеологічні умови належать до найважливіших факторів, які визначають просторові закономірності розподілу інженерно-геологічних процесів. На неперушеному деформаціями борті гідрогеологічні умови сильно змінюються після прояву процесів зрушення. Підземні води часто живлять породи, які формують схил, у такий спосіб обтяжуючи й розріджуючи їх, створюють гідродинамічний і гідростатичний тиск, який впливає на породи, викликаючи їх суфозію, тобто створюючи ряд умов, що сприяють руху порід по схилах. До місць виходу водонесних горизонтів на поверхню часто приурочують і зрушення, а при наявності декількох водонесних горизонтів виникають багатоярусні зрушення. Гідрогеологічні умови в зонах реалізації зрушення зазнають значні зміни.

1) Тиск зі сторони внутрішньопорової рідини на частинки ґрунту впливає на розподіл напруг у твердій фазі ґрунту.

2) Внутрішньопорова рідина впливає на характер зав'язків між мінеральними складовими гірської породи й тим самим, на її фізико-механічні властивості.

Кожний із цих факторів може змінювати загальну стійкість відкосів і бути причиною зсувних явищ. Тому підземні води – одна з основних причин виникнення зсувних й інших видів деформацій відкосів. Їхній вплив зводиться до зміни механічних властивостей порід, зміни напруженого стану порід поблизу відкосу й розвитку процесів механічного руйнування й зносу.

Проведення досліджень будь-якого гірничотехнічного об'єкту, використовуючи методику [7]. Починається з вибору схеми районування. Розміщення розрахункових зон насамперед залежить від форми кар'єру. Для кар'єрів з відносно круглими формами найбільш підходить радіальне розподілення зон, а для продовговатих – зони розподіляються відносно центральної лінії, так для умов Глеюватського кар'єру вибрана схема розміщення зон відносно центральної лінії (рис. 1.).

Для визначення кількості профілів, відповідно до параметрів Глеюватського кар'єру скористаємося формулою:

$$N = \frac{P}{H} = \frac{8000}{420} = 19,0 \quad , \quad (1)$$

де P – периметр кар'єру; H – його глибина (від денної поверхні).

Кар'єр № 1 знаходиться в складних гірничо-геологічних умовах. На стійкість східного борту значний вплив проявляє відпрацювання його підземними гірничими виробками шахти «Жовтнева» (ПАТ «КЖРК») включаючи поле шахти «Більшовик» а також шахти «ім. Фрунзе» ПРАТ «Суша Балка», в результаті ведення в них гірничих робіт, під Східним бортом кар'єру № 1 утворені незаповнені пустоти. На західному борту є підземні виробки шахти № 5 (раніше РУ ім. «М. В. Фрунзе»), а також, шахти «Більшовик» по покладу «Північна-Червона». Деформації уступів і бортів залежать від характеру процесу зрушення гірських порід, наявності зон ослаблення і воронкоутворення. Найбільший вплив на процес деформації масиву гірських порід спричиняють форма і розміри рудних тіл, глибина ведення гірничих робіт і стан виробок, тріщинуватість і міцність порід, система розробки, порядок відпрацювання шахтних полів, заповнення породами виробленого простору.

Рисунок 1 – Районування Глеюватського кар'єру відносно центральної лінії

Для виконання оцінки впливу шахтних виробок на стійкість бортів Глеюватського кар'єру більш детально слід виділити відповідні зони воронкоутворення (рис. 2) і використати рівняння наступного виду:

$$n_3 = n'_3 - \frac{\sum_{i=1}^N C_i S_i}{\sum_{i=1}^N V_i \gamma_i} K_{np} / 100\% \quad , \quad (2)$$

де n_3 – коефіцієнт запасу стійкості борту кар'єру з урахуванням ступеня його порушеності вторинним воронкоутворенням, частки од.; C_i – усереднене значення молекулярного зчеплення гірських порід по i -му розрахунковому блоку, Па; S_i – площа поверхні ковзання i -го розрахункового блоку, m^2 ; n'_3 – коефіцієнт запасу стійкості борту кар'єру не порушеного вторинним воронкоутворенням, частки од.; V_i – об'єм i -го розрахункового блоку, m^3 ; γ_i – усереднена об'ємна вага гірських порід в i -му розрахунковому блоці, H/m^3 ; n – число розрахункових блоків.

Слід зазначити, що розглянутий спосіб недостатньо точний у виді обліку порушеності масиву в розрізі, а не в об'ємі. Для усунення даної неточності пропонується його вдосконалення на підставі врахування просторової порушеності масиву гірських порід за наявним даними про положення мульди зрушення [8, 9].

Рисунок 2 – районування по зонах можливого виходу воронок та впливу шахтних виробок

Так коефіцієнт порушеності пропонується визначати з відношення площ порушеної й загальної площі сектору борту:

$$K_{HP} = \frac{S_m}{S_c} \cdot M \cdot 100\% , \quad (3)$$

де, S_m – площа мульди зрушення в розглянутому секторі борту, m^2 ; S_c – площа розглянутого сектору борту, m^2 , M – вплив коефіцієнт порушеності масиву, прив'язаний до певної зони мульди зрушення, так для зони воронкоутворення даний коефіцієнт буде дорівнювати 1, для зони тріщин і терас 50%, а для зони плавних зрушень 25%.

Ґрунтуючись на тому, що за базовий вираз для розрахунків стійкості підпрацьованого масиву прийнято вираз (3), для зручності користування позначимо:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N C_i S_i}{\sum_{i=1}^N V_i \gamma_i} . \quad (4)$$

Відповідно перетворимо вираз (2) до наступного виду:

$$n_3 = n'_3 - K \cdot K_{HP} / 100\% . \quad (5)$$

Запропонований спосіб врахування ступені порушеності борту підземними гірничими роботами, для умов Глеюватського кар'єру, дозволить із більшою точністю визначити ступінь втрати цілісності масиву гірських порід.

Розглядаючи вивченість питання врахування сейсмічного впливу при розрахунку стійкості укосів у геомеханіці, необхідно відзначити, що в аналітичних розрахунках, оснований на теорії граничної рівноваги визначення запасу стійкості, сейсмічний вплив враховується псевдостатичним методом [10]. В аналітичному методі розрахунків область потенційного ковзання розбивається на блоки.

Розглядаються умови граничної рівноваги кожного блоку, потім визначається загальна стійкість системи.

У псевдостатичному методі ефект землетрусу (сейсмічної події) представляється прискоренням, яке створюється інерційними силами. Ці сили діють у центр ваги блоку у вертикальному й горизонтальному напрямках. Визначаються псевдосейсмічні сили в такий спосіб:

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h F \quad (6)$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v F, \quad (7)$$

де a_h і a_v – горизонтальні й вертикальні псевдостатичні прискорення, g – прискорення вільного падіння, W – вага блоку. Відношення a/g можна представити безрозмірним коефіцієнтом k .

Горизонтальна складова сейсмічного навантаження більше впливає на стійкість гірського масиву, ніж вертикальна.

Для визначення кількісного впливу масових вибухів на стійкість уступів розглянуті сили, які визначають їхній стійкий стан. Під сейсмічними силами розуміється силовий вплив на гірські породи сейсмічних хвиль, які викликають коливання породного масиву й чисельно можуть характеризуватися максимальним прискоренням часток гірської породи, що коливаються.

У відповідності із другим законом Ньютона, максимальне прискорення a_i формує величину максимальної сили інерції F_u , яка діє на частки гірської породи, що коливаються:

$$F_u = - m_i \cdot a_i, \quad (8)$$

де m_i , – маса коливної частини породного масиву, кг.

Розподіл векторів прискорень при сейсмічних коливаннях у породних масивах прийнято як хаотичне, тому їх опис в аналітичних функціях автором не проводився. У зв'язку із цим, при визначенні напрямку вектора сили інерції обрано найбільш несприятливо напрямлений вектор з погляду стійкості породного укосу, а саме по дотичній до ймовірної поверхні зрушення убік виробленого простору (рис. 3).

Рисунок 3 – Схема до розрахунків стійкості борту кар'єру при наявності крутопадаючих поверхонь ослаблення й сил інерції

Виходячи з вищевикладеного величина зрушуючих сил діє по ймовірній поверхні зрушення, визначена з аналітичного виразу (9), а коефіцієнт запасу стійкості η_3 , з урахуванням сейсмічного впливу масових вибухів – з формули (10).

$$\sum F_{зруш} = \sum_{i=1}^N m_i g \sin \beta_i + \sum_{i=1}^N m_i a_i, \quad (9)$$

$$\eta_3 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i g \cos \beta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^N C_i \ell_i}{\sum_{i=1}^N m_i g \sin \beta_i + \sum_{i=1}^N m_i a_i}. \quad (10)$$

Фактичне прискорення сейсмічних коливань часток гірської породи перебуває з величиною наведеного заряду вибухової речовини (ВР) у наступній залежності:

$$a_\phi = k_a \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{q}}{r} \right)^{n_a}, \text{ м/с}^2, \quad (11)$$

де a_ϕ – фактичне прискорення сейсмічних коливань породи, м/с²; q – маса ВР, що доводиться на ступінь уповільнення, кг; r – відстань від масового вибуху до точки спостереження, м; k_a, n_a – емпіричні коефіцієнти.

Математичний вираз для визначення коефіцієнта запасу стійкості породного укосу з урахуванням сейсмічного впливу масових вибухів:

$$\eta_3 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i g \cos \beta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^N C_i \ell_i}{\sum_{i=1}^N m_i g \sin \beta_i + \sum_{i=1}^N m_i k_a \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{q}}{r} \right)^{n_a}}. \quad (12)$$

Встановлено, що при масових вибухах у кар'єрах коефіцієнт запасу стійкості відкритих гірничих виробок знижується, пропорційно збільшенню маси заряду ВР, що доводиться на ступінь уповільнення. Також відбувається розподілення руйнівного впливу вибуху вглиб масиву відносно граничного контуру блоку (рис. 4) і розподілено на 4 зони вглиб масиву, більш детально інформацію приведено у статті [11].

Рисунок 4 – Зони послаблення прибортового масиву, що утворились внаслідок сейсмічної дії вибуху

Для оцінки тріщинуватості масиву Глеюватського кар'єру по кожній зоні необхідно провести кількісну оцінку фрактальної розмірності породних масивів на підставі аналізу фотозображень їх укосів. Для цього було виконано 36 фотознімків масиву (по 2 на кожену зону) і проведена кількісна оцінка фрактальної розмірності породних масивів на підставі аналізу фотозображень їх укосів. На основі проведеної оцінки визначені кількісні значення тріщинуватості масиву, що дозволило провести районування за даним фактором для умов Глеюватського кар'єру.

Фактор гідрогеологічного впливу на масив має найбільший прояв на розкривних горизонтах, які сформовані глинистими породами[8]. Вплив даного фактору визначався по значенням водопритоків (у місцях виходу води) в кожній зоні. Якщо немає явного місця виходу води та замір водопритоків зоні неможливо виконати, то для районування бралось значення водопритоку між суміжними місцями виходу води і методом апроксимації визначалось середнє значення водопритоку в відповідній зоні.

На торцевих ділянках у секторах 1, 2, 8, 9, 10, 11, 17, 18 проявив свій вплив фактор об'ємності, сутність якого заключається в тому, що Криволінійність контуру підвищує стійкість борту кар'єру за рахунок додаткового опору призми можливого обвалення, створюваного горизонтальними силами бортового розпору.

ВИСНОВКИ. 1. На основі геометричних параметрів кар'єру визначено оптимальну схему районування і виконано розподілення на райони відносно центальної лінії.

2. Виділено основні фактори і напрямки досліджень, необхідні для використання методики комплексної оцінки стану бортів і відкосів.

3. Розглянуто схеми розрахунків для визначення сейсмічного впливу вибухів на масив та впливу шахтних виробок, що знаходяться в межах кар'єрного поля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наукове обґрунтування та дослідження стратегічних напрямків підвищення ефективності відкритої розробки родовищ України: Звіт про НДР (заключний). Т. 2/НГУ; Шифр теми ГП-376; № ДР 0106U001378. Дніпропетровськ, 2007. 242 с.

2. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров. Полищук С. З., Лашко В. Т., Кучерский Н. И. и др.; под ред. С. З. Полищука. Днепропетровск: Изд-во «Полиграфист», 2001. 370 с.

3. Ковров А. С. Современные тенденции развития открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых в Украине. *Зб. наук. праць Національного гірничого університету*. 2010. № 35. Т. 2. С. 204–212.

4. Аренис В. Ж. Основы методологии горной науки. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. 223 с.

5. Корчагин Н. В., Николашин Ю. М. Теоретические допустимые углы откосов уступов и наклонов бортов Ингулецкого карьера в скальной толще. *Разработка рудных месторождений*. Кривой Рог: КТУ. Вып. 1 (90), 2006. С. 87–90.

6. Dynamic Modeling with QUAKE/W. An Engineering Methodology. GEO-SLOPE International Ltd. Canada, 2007.

7. Методика районування та оцінки стану бортів в межах кар'єрного поля за факторами стійкості, Кривий Ріг, 2013. 26 с.
8. Романенко А. А. Оценка методов наблюдений горнах выработок шахты «Центральная» на устойчивость северного борта карьера ПАО «ИнГОК». *Вісник Криворізького Національного Університету*. Кривий Ріг: КНУ, 2012. Вип. № 31. С. 3–5.
9. Матвеев А. А. Исследование деформационных и реологических свойств горных пород и массивов для прогноза устойчивости подземных выработок с учетом их фрактальной геометрии. Авт-т дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. Екатеринбург, 2012.
10. Голуб В. В., Полищук С. З. Анализ сдвижения природных и техногенных откосов с учетом пористости и обводненности массива. *Геотехническая механика*. Д.: Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. 2000. Вып. 22. С. 98–104.
11. Романенко А. О. Оцінка впливу БВР на стійкість масиву при відпрацюванні родовищ відкритим способом. *Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. научн. трудов, серия: Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве*. Дн-вск., ПГАСА, 2013. Вып. № 71, Т. 2, С. 163–167.

DETERMINATION OF FACTORS AND THEIR PARAMETERS FOR CONDUCTING THE ESTIMATION OF THE SUSTAINABILITY OF THE GLEEVAN CAREER BOARDS

A. Romanenko

Krivoy Rog National University

vul. Pushkina 37, Krivoy Rog, Dnipropetrovsk region, 50000, Ukraine.

E-mail: romanenkoa87@gmail.com

The purpose of the article is to identify the factors and their parameters for assessing the stability of the Gleyevatsky quarry and determine the value of the integral index within the boundaries of the quarry field. **Methodology.** Synthesis of research results in simultaneously using different factors for slope stability estimation. Findings. At first describes the scheme of Gleyevatsky quarry zoning. The basic factors and directions of additional necessary research for the use of the method of a comprehensive assessment of the position of the sides and slopes in each zone allocated for zoning are established. The methods by which the influence of each individual factor on the stability of the board are described. The factors that are characteristic of the conditions of the Gleyevatsky career include: the factor of fracture, the factor of the blasting operations impact, influence of underground mining operations from the mines "Zhovtneva" (PJSC "KJRK") including the field of the mine "Bolshevik" and the mines "Frunze" (PJSC) SukhaBalka, factor of the hydrogeological influence on the pit edge stability of the higher horizons, factor of pit volumetric geometry. **Originality.** The method of assessing the stability of the pit walls through an integral indicator makes it possible to fully take into account the complex of factors that take an influence on pit walls. **Practical value.** Based on the characteristics of mining deep quarries and separately on the conditions of mining Gleyevatsky career, an analysis of fac-

tors affecting the stability of rocks has been performed. The proposed schemes for taking factors into account when assessing sustainability using an integral indicator. **Conclusions.** Based on the geometric parameters of the career, an optimal scheme of zoning and implementation of the distribution on the regions relative to the central line is determined. The main factors and directions of research necessary for using the method of complex assessment of the position of the sides and slopes are highlighted. The schemes of calculations for determining the seismic impact of explosions on the massif and the influence of underground mine processes within the limits of the quarry field are considered.

Key words: quarry, stability, fracture, underground mining.

REFERENCES

1. Scientific ground and research of strategic directions of efficiency increase deposits of Ukraine : Report on Research work (final). T.2/NMU; Code of theme of MP-376; № D 0106u001378. Dnipropetrovsk, 2007. 242 p.
2. Stability prognosis and optimization of pit edge parameters on deep quarries Polischuk S. Z., Lashko V. T., Kucherskiy N. I. and other; under red. Polischuk S. Z. Dnipropetrovsk: pub. "Poligrafist", 2001. 370 p.
3. Kovrov, A. S. (2010). Modern progress of open mine minerals trends are in Ukraine scientific works of national mine university. Issue № 35. Vol. 2. pp. 204–212.
4. Arens, V. Z. (2003). Bases of methodology of mine science. M.: publishing House of the Moscow state mine university, 223 p.
5. Korchagin, N. V., Nikolashin, Yu. M. (2006). Theoretical permissible angles of ledges slopes and slopes of the sides of the Ingulets open pit in the rocky layer. *Development of ore deposits*. Krivoy Rog: KTU. Vol. 1 (90)? pp. 87–90.
6. Dinamic Modeling with QUAKE/W. An Engineering Methodology. GEO-SLOPE International Ltd. Canada, 2007.
7. Methodology of districting and estimation of the pit edge stability within the limits of the quarry field after the stability factors, Kriviy Rig, 2013. 26 p.
8. Romanenko, A. A. (2012). Evaluation of the observation methods of the mine workings of the mine «Tsentralnaya» for the stability of the northern side of the open pit of PJSC InGOK. *KNU, ST. sciences. Kriviy Rig*, vol. 31, pp. 3–5.
9. Matveev, A. A. Investigation of the deformation and rheological properties of rocks and massifs for predicting the stability of underground mining with regard to their fractal geometry. Auth. Diss. on the competition uch. Art. Ph.D. Yekaterinburg. 2012.
10. Golub, V. V., Polishchuk, S. Z. (2000). Movement analysis of the natural and man-made slopes taking into account the porosity and water cut of the massif. *Geotechnical mechanics*. D.: Institute of Geotechnical Mechanics. N. S. Polyakova NAS of Ukraine. Vol. 22, pp. 98–104.
11. Romanenko, A. A. (2013). Estimation of the impact of blasting works on the slope stability when working out deposits in an open way. *Construction, materials science, machine building, Sat. scientific Works, series: Power engineering, ecology, computer technologies in construction*. D.PGASA. № 71, vol. 2, pp. 163–167.

Стаття надійшла 13.05.2019.