

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ JET GROUTING ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВІДКОСІВ БОРТІВ ПІЩАНИХ КАР'ЄРІВ

Сучасні тенденції розвитку мінерально-сировинної бази свідчать про подальше розширення відкритого способу розробки родовищ корисних копалин. На даний час відкритий спосіб розробки родовищ залишається основним в Україні, їм видобувається близько 80% всіх корисних копалин. Інтенсивний розвиток відкритих гірничих робіт супроводжується зростанням обсягів розкривних порід і глибин розробок. Значна роль у вирішенні завдань щодо раціонального використання ресурсів відводиться управлінню станом уступу. Під управлінням станом природних і техногенних масивів розуміється сукупність заходів з підтримки і переведення уступів, бортів кар'єрів і відвалів в стійкий стан шляхом зміни в процесі розробки форми і параметрів укосів, регулювання тривалості оголення або спрямованого зміни фізико-механічних властивостей порід.

Встановлений борт кар'єру, не залежно від висоти, кута установки і часу експлуатації, з часом руйнується. І, не дивлячись на те, що часом експлуатації можна керувати, вже через 10-15 років експлуатації ширина берм скорочується в результаті обвалення і осипання верхньої бровки. При цьому борт перетворюється на суцільний уступ.

При встановленні кутів нахилу уступів і борта кар'єра враховують фізико-механічні властивості ґрунтів, що складають уступи, природні кути падіння шарів породної товщі. При збільшенні глибини кар'єра і інтенсивності розробки виникає необхідність управління стійкістю борту кар'єру та укосів уступів. Це завдання вирішується спеціальними заходами: штучне зміцнення нестійких ділянок борту кар'єру і зміцнення ґрунтів, які його складають. Застосовуються в цьому випадку засоби зміцнення укосів: палі, штанги, тросові тяжі, підпірні і захисні стінки, контрфорси та ін. (рис. 1, 2). Штучне зміцнення нестійких ділянок борту кар'єру забезпечує значний економічний ефект, дозволяє збільшити економічно допустиму глибину кар'єрів в середньому на 35-40 метрів.

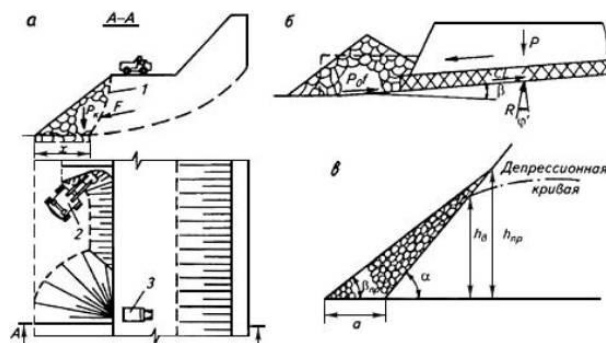


Рис.1. Етапи зміцнення укосів за допомогою підпірних стінок:
а – послідовність відсіпання контрфорсу (1) автосамоскидом (3) в забої екскаватора (2); б – тимчасове привантаження робочого борта; в – привантаження обводненого уступу

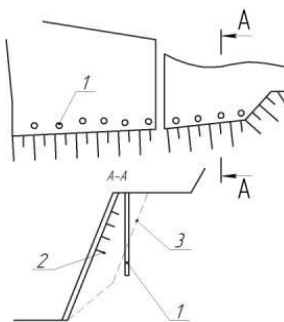


Рис.2. Схема зміцнення ділянки за допомогою залізобетонних палей набивного типу: 1 – залізобетонні палі; 2 – залізобетонні штанги; 3 – розрахункова поверхня ковзання

Борт кар'єру вважається стійким в тому випадку, якщо до кінця експлуатації зберігаються його проектні параметри. Однак у багатьох випадках проектні параметри бортів кар'єра порушуються тому що при розрахунках неможливо передбачити всі, в тому числі кліматичні і сейсмічні чинники. Це викликає обвалення гірських порід на транспортні берми, зсуви і осипи.

Практика застосування штучних способів закріплення нестійких ґрунтів, з яких складений борт кар'єру, показала, що їх використання в разі скорочує витрати підприємства на розкривні роботи, і на роботи, пов'язані з обваленням бортів. В даний час існує ряд способів штучного зміцнення нестійких бортів кар'єра.

Так, наприклад, спосіб засолення використовується для збільшення зв'язності порід з метою підвищення стійкості бортів кар'єру. Сутність даного способу полягає в нагнітанні через свердловину соляного розчину, який в свою чергу вступає в хімічну реакцію з гірськими породами. Експериментальні дослідження укріпленого розкривного комплексу показують, що після засолення бортів їх міцність збільшується до 26%. Але даний метод можна застосовувати тільки при невеликих обсягах гірських порід, що підлягають закріпленню, тому в гірничій справі його застосування обмежене.

Найчастіше на кар'єрах використовується спосіб зміцнення укосів і стабілізації зсувів за допомогою залізобетонних паль набивного типу (рис. 2). Суть методу полягає в бурінні свердловин в масиві гірських порід, установці в них металевої арматури (гнучкої, жорсткої, сталевих канатів та ін.), підготовці до бетонування або цементування, набиванні свердловини цементним розчином або бетоном. Недоліками даної технології є порівняно висока ціна і значні динамічні впливи на масив.

До загальних недоліків описаних способів зміцнення нестійких бортів кар'єра слід віднести значні матеріальні витрати і підвищені вимоги до обслуговуючого персоналу і небезпечними умовами праці.

Альтернативою традиційним методам закріплення є технологія струминної цементації. Технологія струминної цементації (далі по тексті - Jet grouting) ґрунтів з'явилася практично одночасно в трьох країнах - Японії, Італії, Англії. Протягом останніх двох десятиліть технологія Jet grouting миттєво поширилася по всьому світу, дозволяючи не тільки більш ефективно вирішувати традиційні завдання, але і знайти нові рішення інших складних проблем.

На даний час, як в нашій країні, так і в усьому світі струминна цементація є найбільш прогресивною технологією закріплення слабких і нестійких порід для подальшої проходки гірничих виробок, зведення протифільтраційних завіс, зміцнення укосів, стін котлованів та ін.

Сутність технології полягає у використанні енергії високонапірного струменя цементного розчину для руйнування і одночасного перемішування ґрунту із цементним розчином у режимі «mix-in-place» (перемішування на місці). Після твердіння розчину утворюється новий матеріал – ґрунтобетон, що володіє високими міцнісними і деформаційними характеристиками. У порівнянні із традиційними технологіями ін'єкційного закріплення ґрунтів струминна цементація дозволяє зміцнювати практично весь діапазон ґрунтів – від гравійних відкладень до дрібнодисперсних глин та мулів. Іншою важливою перевагою технології є надзвичайно висока передбачуваність результатів зміцнення ґрунтів.

Технологія закріплення масиву здійснюється в два етапи (рис. 3). На першому етапі спеціальної обладнаної установкою для Jet grouting бурять свердловину на розрахункову глибину з одночасним промиванням свердловини цементним розчином під невеликим тиском (5 МПа). У другому етапі проводять підйом колони з одночасним обертанням (до 25 об/хв) і підвищують тиск при підключенні цементного розчину до 50 МПа створюючи струмінь з високою кінетичною енергією. В результаті цементний розчин руйнує навколишній масив, перемішується з ним і утворюється породний масив діаметром до 2,5 м з ґрунтобетону з високими несучими і проти фільтраційного показниками.

До переваг даної технології в порівнянні з іншими способами штучного зміцнення нестійких ґрунтів слід віднести: високу швидкість роботи, економічність, простоту конструкції відсутність негативних динамічних впливів.

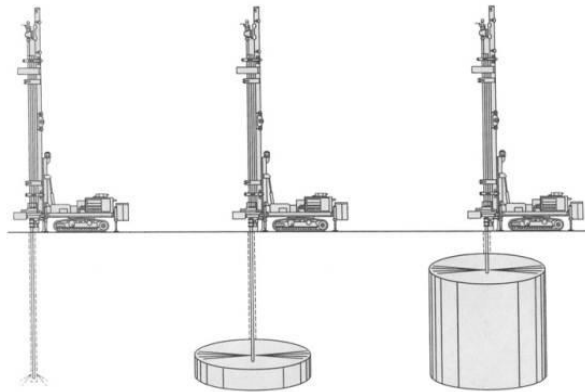


Рис. 3. Технологічна послідовність отримання закріпленого масиву способом Jet grouting: а - буріння пілотної свердловини; б - руйнування і перемішування ґрунту водоцементним струменем; в - підняття бурової колони із закріпленого масиву

Таким чином ми бачимо явні перевага методу Jet grouting перед іншими способами штучного зміцнення бортів кар'єра. Широке застосування цього методу в промисловому, цивільному і дорожньому будівництві, підземних розробках говорить про ефективність його застосування. Однак, відсутність досвіду застосування Jet grouting в відкритих гірських розробках і робить актуальною поставлену наукову задачу – вибір і обґрунтування параметрів способу зміцнення бортів кар'єра за допомогою Jet grouting.