

Дзьоба М.В., аспірант
Міщенко А.А., студент II курсу магістратури
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

УТРИМУЮЧІ СПОРУДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ УКОСІВ УСТУПІВ ТА БОРТІВ КАР'ЄРІВ

У процесі відпрацювання родовища завжди виникає потреба забезпечення безпечної роботи людей та обладнання на горизонтах кар'єра. Особливо це стосується ділянок, схильних до руйнування. При неможливості або економічній недоцільності зміни кута укосу уступу кар'єру влаштовують утримуючі споруди, які запобігають зсувам, обвалам і вивалам ґрунтів.

Утримуючі споруди:

- палі (буронабивні, буроін'єкційні та ін.) – для забезпечення стійкості ґрунтових та скельних укосів;
- анкерні кріплення – для утримання окремих блоків порід до міцного масиву на схилах (укосах);
- підтримуючі стінки – для зміцнення ґрунтів, що нависають;
- контрфорси – для підпирання окремих скельних масивів;
- опояски – для підтримки нестійких укосів;
- облицювальні стіни – для запобігання вивітрювання та осипання ґрунтів.

Уловлювальні споруди та пристрої (стіни, сітки, вали, траншеї, полиці з бордюрними стінами) слід передбачати для захисту об'єктів від впливу осипів, вивалів, падіння окремих скельних уламків, а також обвалів породи в кількості, що визначається розрахунком. Уловлювальні стіни та сітки розташовують у підшви схилів (укосів) до 25-35° для захисту від впливу осипів, вивалів, падіння окремих скельних уламків та невеликих обвалів. Міцність та стійкість конструкцій уловлювальних стін перевіряються на статичне навантаження від обвальних гірничих мас, а також на динамічний удар окремих уламків скельних порід.

Уловлювальні траншеї і полиці з бордюрною стіною слід розміщувати біля підшви обвалонебезпечних схилів (укосів) висотою до 60 м та кутом укосу понад 35° для захисту від вивалів окремих уламків ґрунту обсягом до 1 м³. Уловлювальні вали влаштовують у підшви оголених обвалонебезпечних схилів великої довжини.

Існують механічні та фізико-хімічні способи зміцнення бортового масиву. Принцип зміцнення нестійких укосів механічними способами заснований на перерозподілі напружень у масиві гірських порід. Сприймаючи тиск призми обвалення, зміцнювальні конструкції та споруди передають його стійкій частині масиву, що знаходиться поза зоною зсуву. Необхідною умовою застосування механічних способів зміцнення укосів є наявність міцного, стійкого масиву поза поверхнею (зоною) ковзання або підшви укосу. Розглянемо найбільш поширені з них.

Палі є надійним засобом зміцнення ділянок уступів. Серед переваг палевого кріплення – висока несуча здатність, простота зведення та повна механізація робіт, а також можливість зміцнення ділянок значної протяжності та великої потужності з глибоким заляганням поверхні ковзання. Діаметр паль становить 200-1000 мм. У масиві гірських порід палі працюють в режимі деформацій зрізу або вигину. Залізобетонні палі можуть бути набивними з жорсткою або гнучкою арматурою або заводського виготовлення квадратного, прямокутного, трубчастого або суцільного круглого перерізу. Залежно від геологічної будови масиву, фізико-механічних властивостей порід, характеру деформування укосу, діаметра паль вони можуть бути розташовані в один або кілька рядів. При встановленні паль у один ряд на невеликій відстані один від одного утворюється стінка, яка є аналогічною шпунтовій; при встановленні в кілька рядів утворюється аналог підпірної стінки. Посилення роботи паль досягається шляхом з'єднання їх вершин залізобетонним ростверком, швелерами та ін. Застосування паль обмежується на ділянках, ослаблених крутопадаючими поверхнями ковзання, а також за наявності порушених гірських порід в межах призми можливого обвалення та значної потужності зони ослаблення.

Розрахунок параметрів зміцнення уступів палями полягає у виборі їх конструкції та визначення несучої здатності, відстані між палями, кількості рядів та глибини закладення, яка повинна бути нижчою за найбільш небезпечну поверхню ослаблення.

Анкерне (штангове) кріплення являє собою систему закріплення в шпурах або свердловинах металевих, залізобетонних, дерев'яних або полімерних анкерів у поєднанні з підтримуючими елементами для зміцнення масиву порід та підвищення його стійкості завдяки скріпленню шарів та структурних блоків. Залежно від діаметра анкера діаметр свердловини змінюється в межах 60-300 мм. Анкер заводиться в свердловину і після встановлення в проектне положення зона закладення цементується. При цьому міцність на роздавлювання досягає 30-40 МПа. Натяг анкерів здійснюється ступенями за допомогою

гідравлічних домкратів, після чого рухливий оголовок анкера остаточно фіксується на плиті з допомогою затискачів, клинів або гайок.

Підпірна стінка відноситься до суцільних протизсувних споруд і являє собою масивну залізобетонну конструкцію, яка приймає діючі по поверхні навантаження і утримує укіс у стійкому стані. Спорудження її утворює лобове опір тиску зсувних мас по фронту їх поширення та на висоту зсувного масиву. Розрахунок підпірних стінок виконують на міцність з урахуванням опору зсуву по підшві та перекиданню. Параметри стінки визначають за умови, що коефіцієнт запасу на зсув дорівнює 1,3 та коефіцієнт запасу на перекидання – 1,5. Масивним підпірним стінкам притаманні такі недоліки: значні витрати матеріалів та робочої сили; висока в порівнянні з іншими способами собівартість зміцнення; відносно невелика несуча здатність; велика маса, що створює додаткове навантаження на нижчі уступи. Тому підпірні стінки рідко використовуються у практиці відкритих гірничих робіт. З економічної точки зору доцільність їх застосування обмежується довжиною трохи більше 50 м.

Контрфорс (привантажувальна призма) – це насипна споруда з порід розкриву, що застосовується для зміцнення укосів уступів неробочих бортів, капітальних траншей, а також відвалів пухких порід. Зведення контрфорсу технологічне, мобільне та ефективно. Привантаження укосу слугує підпірною стінкою та дренажною призмою, запобігає набухання та опливанню глинистих порід, захищає поверхню укосу від ерозійного руйнування. До недоліків споруд слід віднести велику власну масу та значні площі, що вимагають значної ширини берм безпеки. Для запобігання зсуву в основі контрфорсу здійснюють відсіпання твердих порід на пальовий фундамент, що складається з ряду вертикальних паль, не повністю забитих у основу уступу.

Контрбанкети застосовуються для зміцнення піщаних укосів (рис. 1). Параметри залежать від коефіцієнта фільтрації водоносного горизонту, питомої витрати води та закладання укосу уступу. Висота привантаження h_n повинна бути більшою (на 0,5-1,0 м) висоти рівня фільтраційних вод h_v . Створення такої споруди оберігає поверхню укосу від розмиву стічними водами, перешкоджає розвитку суфозії та фільтраційних деформацій укосів.

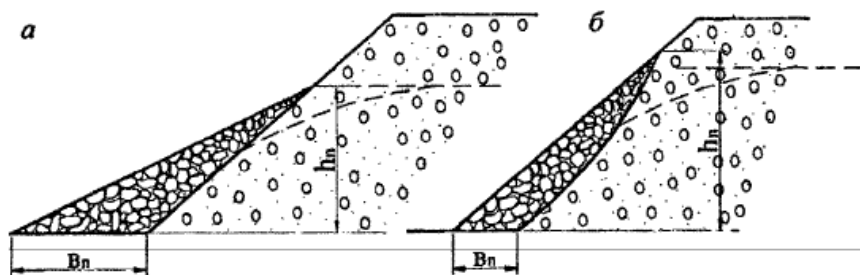


Рис. 1. Схеми привантаження укосів дренажним матеріалом: а – без виїмки частини порід укосу; б – з частковою виїмкою порід укосу; h_n , B_n – висота та ширина основи привантажувальної призми

До фізико-хімічних способів зміцнення бортового масиву належать цементация, силікатизация, смолизация, електрохімічне закріплення, ущільнення порід енергією вибуху.

Цементация полягає в заповненні порожнин, тріщин і великих пор гірських порід цементним, цементно-піщаним або цементно-глинистим розчинами, які схоплюються з породами та твердіють, сприяючи підвищенню водопроникності та стійкості укосів. Найбільший ефект від застосування цементации досягається в тріщинуватих породах – пісковиках, глинистих і піщаних сланцях, вапняках, гранітах, граніто-гнейсах, габро, аргілітах, алевролітах при відсутності в тріщинах глинистого заповнювача та величині коефіцієнта фільтрації порід 80-500 м/добу.

Силікатизация передбачає нагнітання силікатних розчинів у гірські породи, внаслідок чого вони набувають підвищеної механічної міцності, водопроникності та водостійкості. Силікатизацию застосовують з метою підвищення несучої здатності основ гірничо-технічних споруд, а також при влаштуванні протифільтраційних завіс.

Смолизация заснована на використанні в якості зміцнюючого засобу синтетичних смол, що зв'язують мінеральні частинки та надають породі міцність, стійкість та водонепроникність. Для цього застосовують епоксидні, поліефірні, фенолформальдегідні, карбамідні та меламіно-сечовинно-формальдегідні смоли.

Також можна виконувати *ущільнення порід вибухом*. Спосіб можна застосовувати для зміцнення укосів, складених глинами, суглинками, лесовими ґрунтами. Під час підривання свердловинних зарядів утворюється котел, а породи в зоні, що прилягає до стін свердловини, ущільнюються. Це сприяє підвищенню їх механічної міцності та стійкості. Після вибуху у свердловинах розміщують металеву арматуру та заповнюють їх бетоном, утворюючи шпони.

Вибір виду утримуючої споруди залежить, перш за все, від існуючих гірничо-технологічних умов кар'єру, економічної доцільності споруди, її надійності та простоти спорудження.