

**Назаренко Н.Ю., студентка спеціальності G18 Геодезія та землеустрій**  
**Науковий керівник Клюка О.М., к.т.н., доц. кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою**  
(Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна)

## **МАРКШЕЙДЕРСЬКИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ І СТІЙКОСТІ БОРТІВ КАР'ЄРУ**

Розглянуто питання спостереження, оцінки та забезпечення стійкості бортів кар'єрів на прикладі Полтавського та Єриствівського гірничо-збагачувальних комбінатів. Проаналізовано геологічні особливості, методи моніторингу та заходи щодо запобігання зсувам і обвалам.

Борти кар'єрів Полтавського та Єриствівського ГЗК складені переважно з вапняків, пісковиків і глинистих порі. Саме їхній склад визначає, наскільки стійкими будуть схили під час розробки. Тверді породи краще тримають форму, тоді як пухкі швидше обсипаються, особливо після вибухових робіт або тривалого впливу води.

На стійкість бортів істотно впливають погодні умови. Проникнення води у тріщини під час відлиг і замерзання спричиняють розширення порід, утворення осипів та зсувів. Для виявлення таких процесів маркшейдери проводять огляди, визначаючи глибину, активність і динаміку тріщин.

Уникнути зсувів можна, якщо вчасно помічати навіть найменші зміни у стані схилів. На ГЗК впроваджуються сучасні технології моніторингу – лазерне сканування, фотограмметрія та геодезичні вимірювання, що дають змогу виявляти мінімальні деформації. Через воєнні обмеження застосування дронів обмежене, тому частину спостережень виконують традиційними методами. Зокрема, використовують прості маркшейдерські пристосування для фіксації навіть незначних зсувів або тріщин порід: на бортах кар'єру встановлюються реперні кілочки, між якими натягується контрольна нитка з підвішеною гирею, що виконує функцію індикатора зміщення. Порівняння положення гирі відносно контрольної мітки у різні часові інтервали дає змогу своєчасно фіксувати навіть незначні зміщення порід і запобігати розвитку зсувних процесів. Такий підхід є важливим елементом системи спостережень за стійкістю бортів кар'єру та забезпечення безпечного ведення гірничих робіт.

Відповідно до вимог чинного законодавства користувачі надр зобов'язані здійснювати розробку родовищ із дотриманням вимог безпеки та збереження надр [1]

Своєчасне виявлення деформацій поєднується з правильним проектуванням геометрії бортів – розрахунком кутів нахилу та ширини берм з урахуванням типу порід і гідрогеологічних умов.

Зі збільшенням глибини кар'єру зменшуються кути нахилу бортів. Це пояснюється тим, що тиск масиву порід і вплив води на глибших горизонтах зростають, тому для стабільності потрібні більш пологі укоси. Крім того, на великих глибинах важливо правильно розташовувати транспортні берми, які одночасно служать і робочими майданчиками, і елементами захисту від осипів.

На Полтавському ГЗК середній кут нахилу бортів становить близько 38-42°, що забезпечує їхню стійкість навіть на значних глибинах [2]. Борти мають більш рівномірну

конфігурацію уступів, завдяки чому легше проводити спостереження та підтримувати стабільність схилів. На Єристівському ГЗК застосовується каскадна будова бортів із чергуванням робочих і транспортних берм, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження та зменшувати ризик зсувів.

Після визначення геометрії бортів і параметрів їхньої стійкості важливо забезпечити постійний контроль за змінами, що відбуваються в процесі експлуатації кар'єру.

Для моніторингу деформацій використовують геодезичні спостереження за реперами, встановленими на бортах і бермах кар'єру. На стабільних ділянках вимірювання проводяться раз на місяць, у зонах ризику – щотижня.

Обробка результатів на Полтавському та Єристівському ГЗК здійснюється у програмних комплексах Surpac, Auto та із застосуванням спеціальних модулів маркшейдерського моніторингу. Вони дозволяють створювати тривимірні моделі рельєфу, відстежувати зміни у просторі та фіксувати небезпечні зони. У разі виявлення відхилень програма сигналізує про необхідність перевірки ділянки на місці.

Під час робіт біля бортів кар'єру для фахівців головне безпека. Користувачі надр зобов'язані забезпечувати безпечне ведення гірничих робіт, здійснювати технічний і геодезичний контроль за станом гірничих виробок, своєчасно вживати заходів для запобігання аваріям і обвалам [3]. Роботи на небезпечній ділянці зупиняються, а межі безпеки уточнюють повторними вимірюваннями. Лише після оцінки ризику геологи та інженери ухвалюють рішення, чи можна продовжувати роботи.

Стійкість бортів кар'єру залежить від геологічного складу порід, гідрогеологічних умов і технології розробки. Моніторинг деформацій має базуватися на поєднанні інструментальних вимірювань і візуальних спостережень. Застосування сучасних програмних засобів дозволяє підвищити точність і оперативність контролю. Безпека робіт забезпечується тісною співпрацею маркшейдерів, геологів та гірничих інженерів.

#### Перелік посилань:

1. Про надра: Кодекс України від 27.07.94. № 133/94-ВР Дата оновлення: 17.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 25.10.2025).
2. Собко Б. Ю., Ложніков О. В., Чебанов М. О., Вінівітін Д. В. (2022) Обґрунтування оптимальних параметрів елементів уступів і бортів залізородних кар'єрів. *Національний вісник НГУ*. №5. С. 26 – 32. DOI: 10.33271/nvngu/2022-5/026
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами: Закон України від 01.12.2022р. № 2805-ІХ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2805-20#Text> (дата звернення: 27.10.2025).