

## КОСМІЧНИЙ РАДАРНИЙ МОНІТОРИНГ ЗМІЩЕНЬ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Наразі, гірничо-промисловість знаходиться на піку свого розвитку: ведеться розробка великих родовищ; будуються все більші та потужніші виймально-навантажувальні та транспортні машини; втілюється штучний інтелект, новітні системи моніторингу, та безпілотна техніка. Не дивлячись на це, гірництво все ще залишається найбільш травмонебезпечним виробництвом.

Значну частку від загальної кількості нещасних випадків займають зсуви бортів кар'єрів. Основні принципи взаємодії порід у складі борту кар'єру, та механічні процеси які відбуваються під час зсуву наразі досить добре вивчені. Також існує велика кількість інноваційних методів підвищення стійкості бортів кар'єрів. Проте це не дає змоги завчасно виявити та укріпити аварійні ділянки, а проводити зміцнення всього борту кар'єру буде економічно не вигідно. Єдиною видимою ознакою формування зсуву є утворення тріщини на верхній площадці уступу або борту кар'єру, яка розміщена вздовж площини вертикального оголення. Варто зазначити, що дану тріщину доволі важко виявити, до того ж, навіть після її виявлення, не вдається зупинити формування зсуву через брак часу. Це пов'язано з тим, що дана тріщина з'являється на кінцевих стадіях формування зсуву.

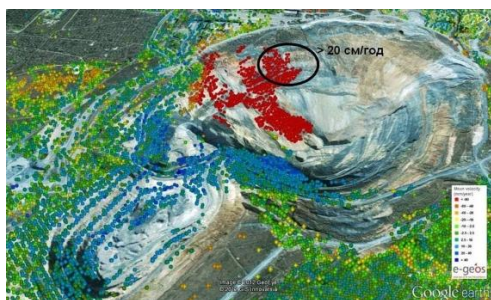
Враховуючи те, що зсуви завдають дуже великих збитків, та зупиняють роботу кар'єру на тривалий час, а інколи взагалі унеможливають продовження розробки родовища, проблема передчасного виявлення зсувів є дуже актуальною в наш час. Для вирішення даної проблеми пропонується використання технології космічного радарного моніторингу зміщень гірської поверхні.

Даний метод втілюється в життя завдяки використанню космічних радарних супутників дистанційного зондування земної поверхні. Наразі, на навколоземній орбіті знаходиться 13 супутників радарного зондування, та ще 5 готуються до запуску в найближчому майбутньому.

Визначення положення тієї чи іншої точки земної поверхні визначається наступним чином: супутник випромінює короткохвильовий сигнал (довжина хвилі такого сигналу становить 3,5 см), який доходить до поверхні землі, відбивається від неї, скеровується в протилежну сторону, та приймається супутником. Таким чином, отримуємо відстань від супутника до точки на земній поверхні. Через певний час (від 1 до 24 днів) відбувається повторний замір супутником, з того самого положення на орбіті, та повторно визначається відстань від супутника до точки на земній поверхні. За один замір, супутник може охоплювати площу розміром від 25 до 250 га.

Проте, двох значень замало, до того ж вони можуть суттєво відрізнитись одне від одного. Це пов'язано зі станом атмосфери. При сонячній погоді та відсутності хмар, точність вимірювань буде значно вищою, ніж при хмарній чи дощовій погоді. Тож для збільшення точності вимірів, рекомендується проводити багатопрохідну зйомку (25 та більше замірів). Це дозволить провести кореляцію даних, та визначити значення зміни положення точки з точністю до мм.

Після проведення замірів, результати зйомки завантажуються у додаток SARscape, який проводить виявлення зміщень земної поверхні за допомогою інтерферометричної обробки даних. Даний тип обробки виконується без прив'язки до наземних контрольних точок, та без використання даних наземних спостережень. Після отримання результатів обрахунків виконується їх візуалізація. Всі отримані дані відображаються на картах місцевості яка знімалась. Висотне положення тієї чи іншої ділянки формується так званими постійними відбиваючими поверхнями, які пофарбовані в кольори від жовтого до червоного (для поверхонь які опускаються), або від блакитного до синього (для ділянок які підіймаються), поверхні які стабільні, відображаються зеленим кольором (рис. 1). Варто також зазначити, що постійними відбиваючими поверхнями можуть бути бровки уступів, або будь які інші кути в межах кар'єру, так вони є найкращими відбивачами.



### Висновок:

використання космічного радарного моніторингу зміщень гірської поверхні дозволить зменшити кількість зсувів на гірничо-видобувних підприємствах, що в свою чергу призведе до зменшення матеріальних збитків, та зменшення кількості людських жертв.

Рис. 1. Результати космічного радарного моніторингу зміщень земної поверхні