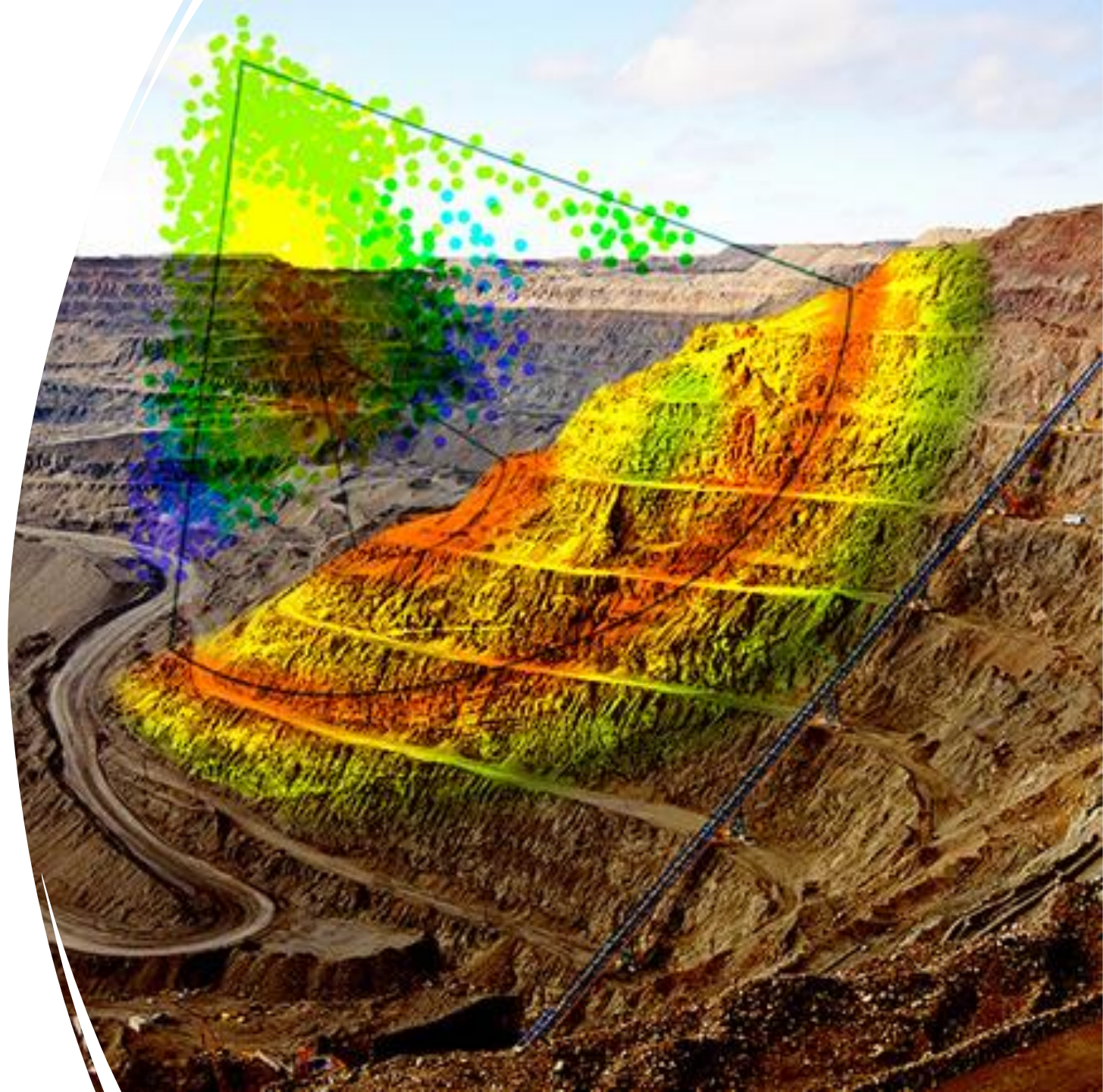
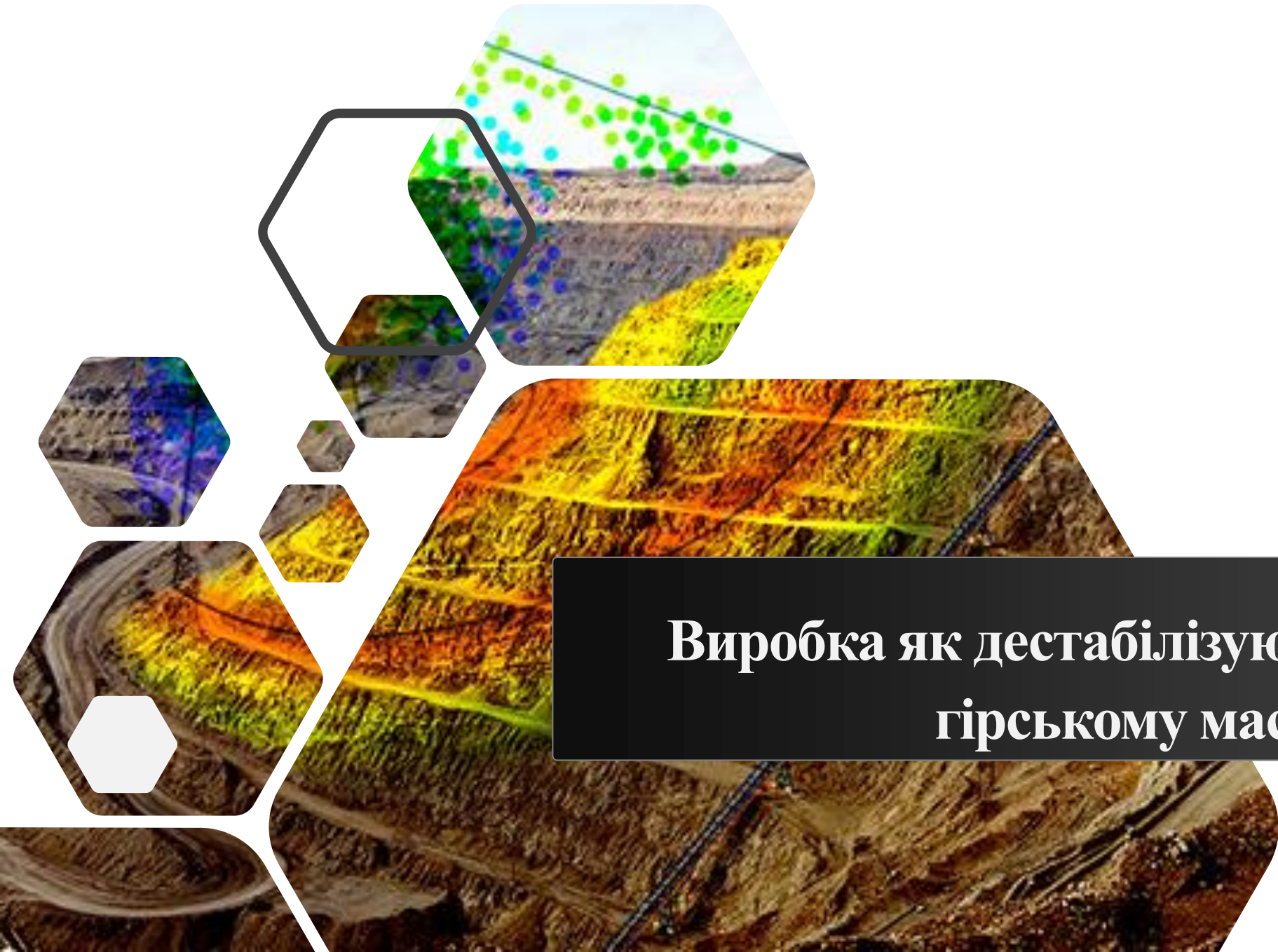


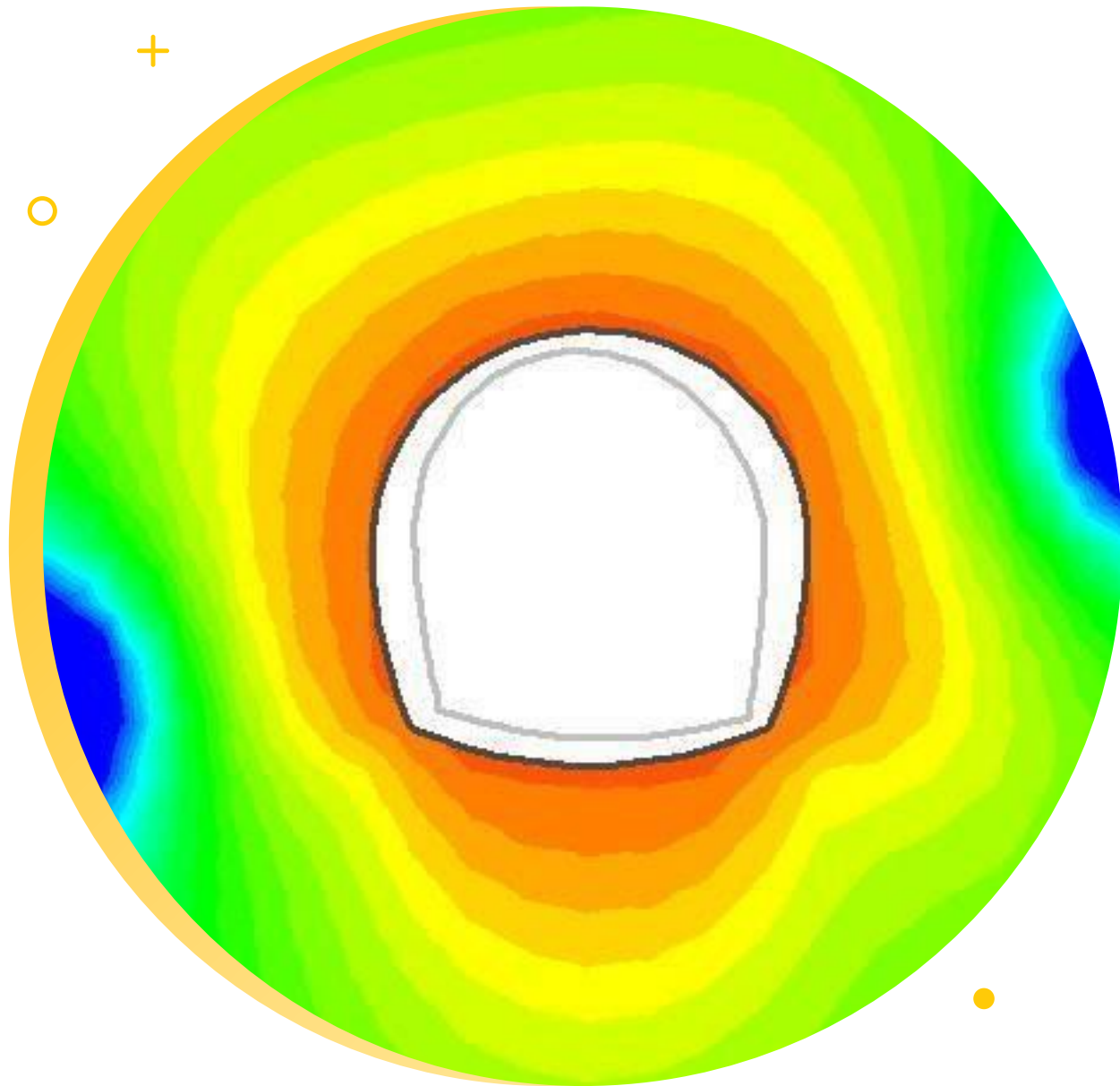
**Лекція 7.
Напружений
стан гірських
порід навколо
виробок**

**Механіка
гірських
порід**





**Виробка як дестабілізуючий чинник у
гірському масиві**



Відкриття підземного простору шляхом створення гірничої виробки порушує природну рівновагу напружень. Видалення порід у зоні виробки призводить до перерозподілу початкових (природних) напружень, внаслідок чого частина напружень переноситься на прилеглі до виробки ділянки масиву. Це створює концентрацію напружень у безпосередній близькості до контуру виробки та сприяє виникненню зон надмірних деформацій, що можуть мати пружний, пластичний або навіть руйнівний характер.

**Коректна
оцінка
напруженого
стану
ДОЗВОЛЯЄ:**

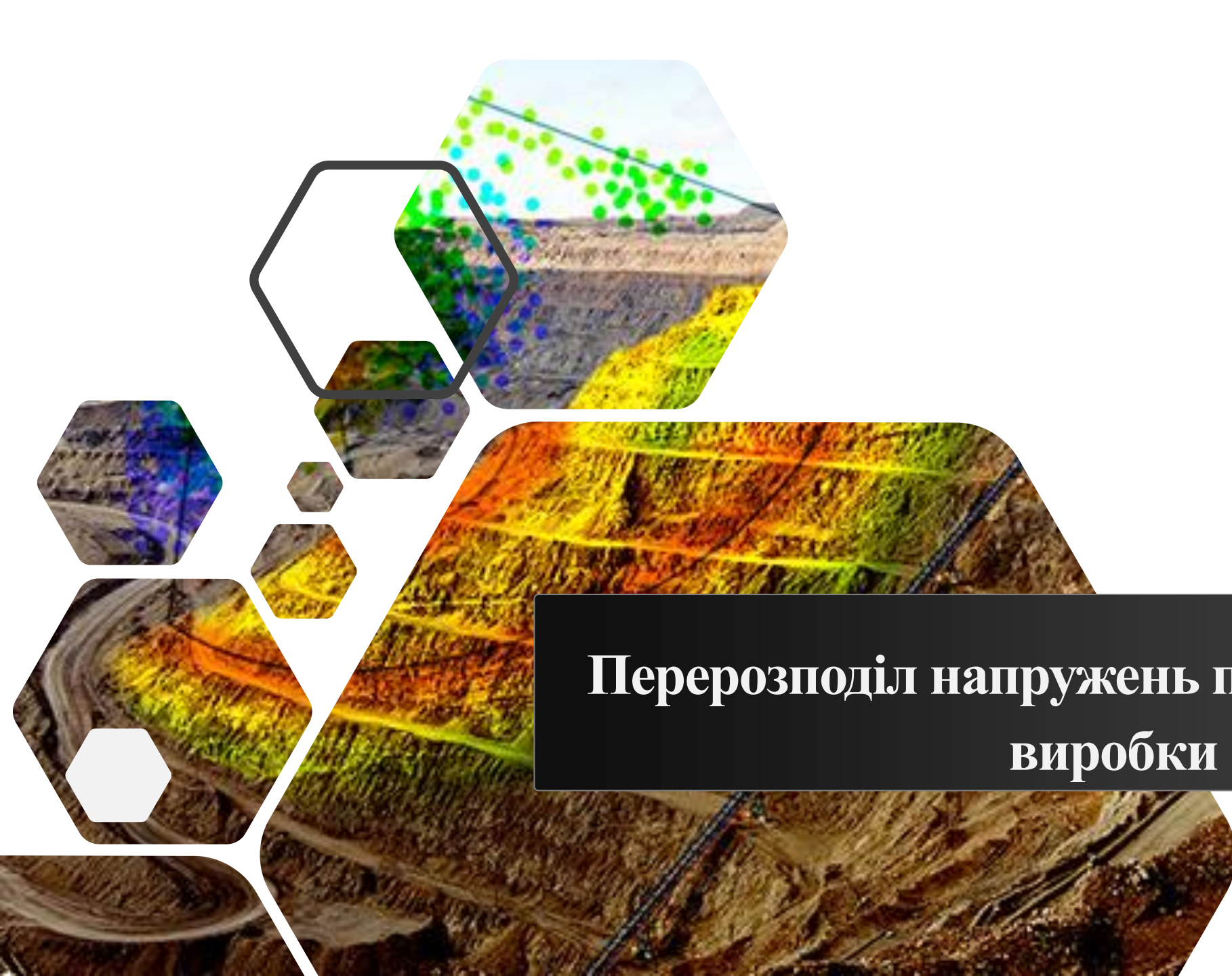
Забезпечити стабільність контурів виробок за рахунок раціонального вибору їхньої форми, орієнтації та послідовності проходки

Попередити геомеханічні аварії, пов'язані з гірничими ударами, викидами, обваленнями тощо

Оптимізувати витрати на кріплення, забезпечуючи його адекватність дійсному навантаженню

Інтегрувати системи геомеханічного моніторингу, які дозволяють у режимі реального часу контролювати деформаційні процеси

Підвищити загальну безпеку та ефективність виробництва, особливо в умовах складної гірничо-геологічної будови



Перерозподіл напружень після проведення виробки

Видалення породи призводить до різкої зміни рівноважного стану — навантаження, яке до моменту проходки сприймалося об'ємом породи в межах виробки, передається на навколишнє середовище. У результаті цього виникає **зона порушеного середовища** — ділянка навколо виробки, в якій змінюються механічні властивості порід, структура масиву та характер внутрішніх напружень.

Зона порушеного середовища характеризується:

зменшенням міцності внаслідок появи тріщин, зрушень, вторинного порового простору;

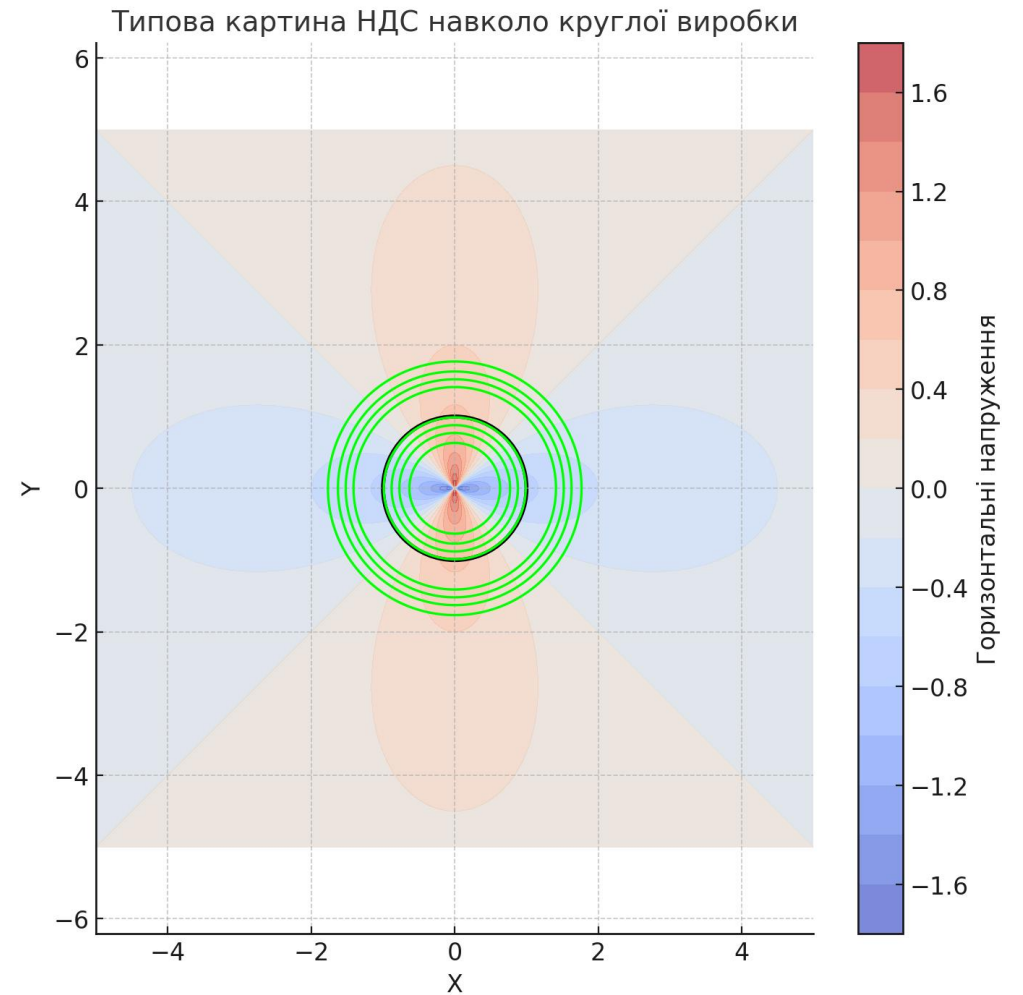
частковим переходом порід зі стану пружного деформування до пластичного чи навіть руйнування;

потенційною дестабілізацією, що потребує посилення конструктивних елементів кріплення.

Після проведення виробки в масиві виникає **вторинний (індукований) напружений стан**, який є результатом перерозподілу початкових (природних) напружень. У межах цієї нової конфігурації частина гірських порід опиняється в умовах підвищеного навантаження (зона концентрації), тоді як інші — у зоні розвантаження.

Типова картина НДС включає:

- **максимум горизонтальних напружень** у боках виробки;
- **підвищені вертикальні напруження** над і під виробкою;
- **області розтягування** в безпосередній близькості до контуру.



Геометричні параметри виробки мають визначальний вплив на інтенсивність та характер перерозподілу напружень:



Форма поперечного перерізу

кути та різкі перепади в геометрії сприяють концентрації напружень. Круглі та еліптичні форми значно краще розподіляють навантаження, мінімізуючи зони перевантаження.



Розмір виробки

зі збільшенням перерізу зростає об'єм порушеного середовища та інтенсивність перерозподілу напружень. Величина критичних напружень пропорційно збільшується, що потребує застосування масивніших або комбінованих систем кріплення.



Орієнтація виробки

- відносно головних тектонічних напружень (σ_1 , σ_2 , σ_3): якщо виробка орієнтована вздовж напрямку головного максимального напруження, зона концентрації напружень зміщується до боків виробки



Теоретичні моделі опису напруженого стану

Критерій Мора–Кулона

Цей емпіричний критерій є найбільш поширеним у гірничій геомеханіці. Він базується на припущенні, що руйнування порід відбувається при досягненні критичного співвідношення між нормальними та дотичними напруженнями:

$$\tau = C + \sigma \cdot \tan\varphi$$

де:

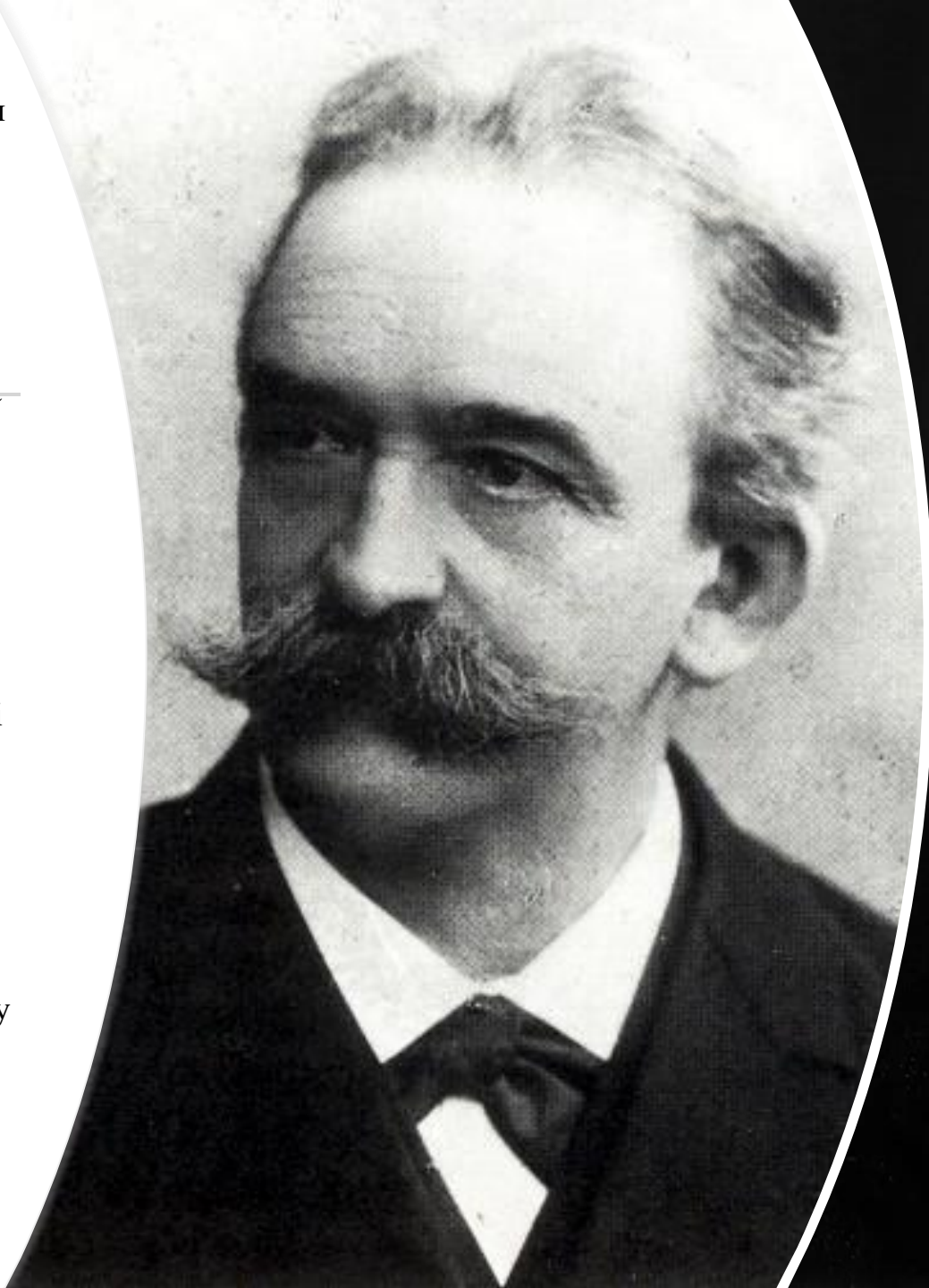
τ — дотичне напруження на площині зсуву,

σ — нормальне напруження,

c — згуртованість породи,

φ — внутрішній кут тертя.

Цей критерій добре описує поведінку гірських порід з чітко вираженою тріщинуватістю, особливо в умовах тектонічної порушеності.



Критерії Мізеса–Треска

Ці критерії були розроблені для металів, але знайшли застосування у гірничій справі при моделюванні пластичних деформацій в умовно однорідних масивах. Вони ґрунтуються на інваріантах тензора напружень, і описують досягнення граничного стану на основі інтенсивності дотичних напружень.

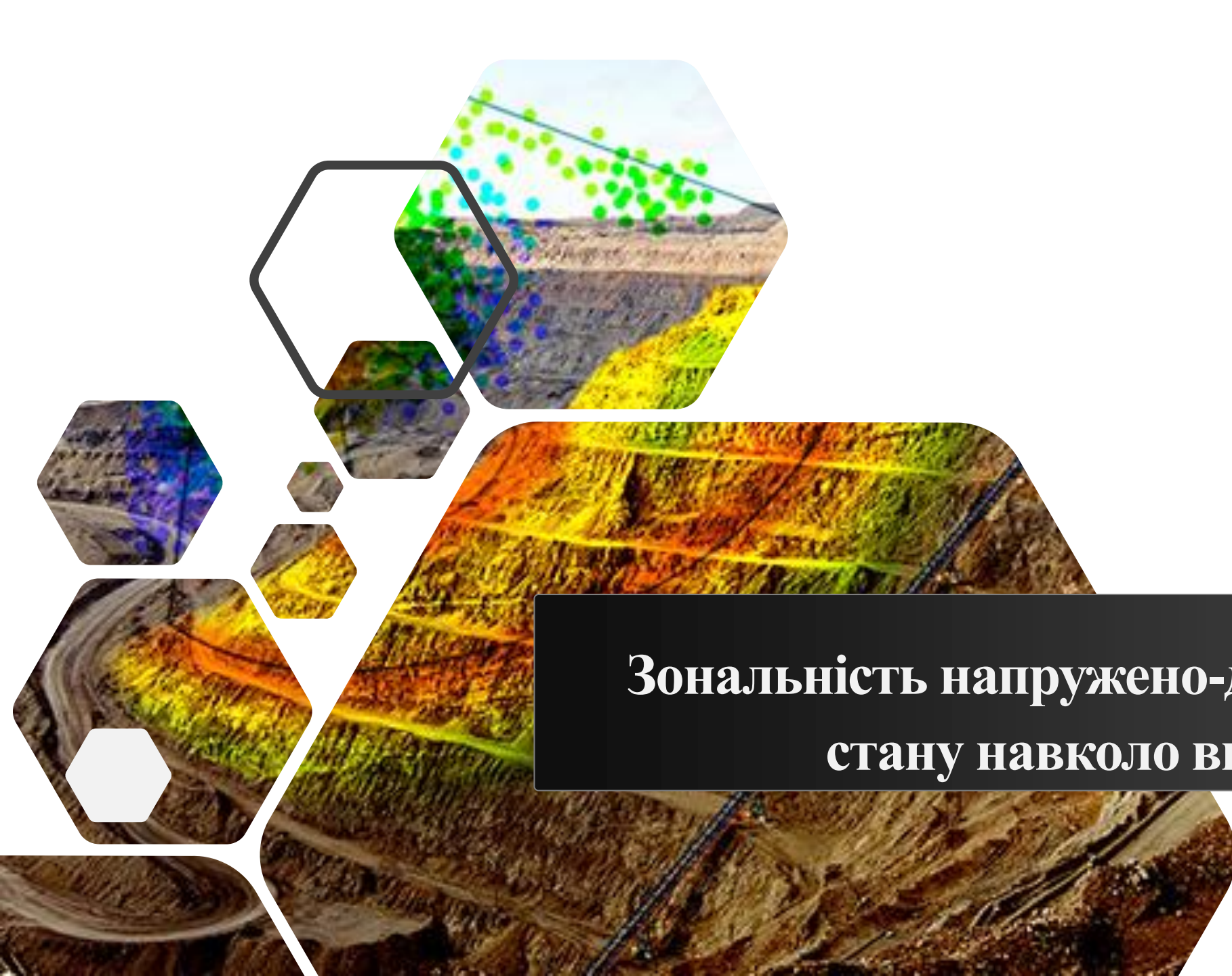
Критерій Треска:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \tau_{пор}$$

Критерій Мізеса:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} = \sigma_{пор}$$

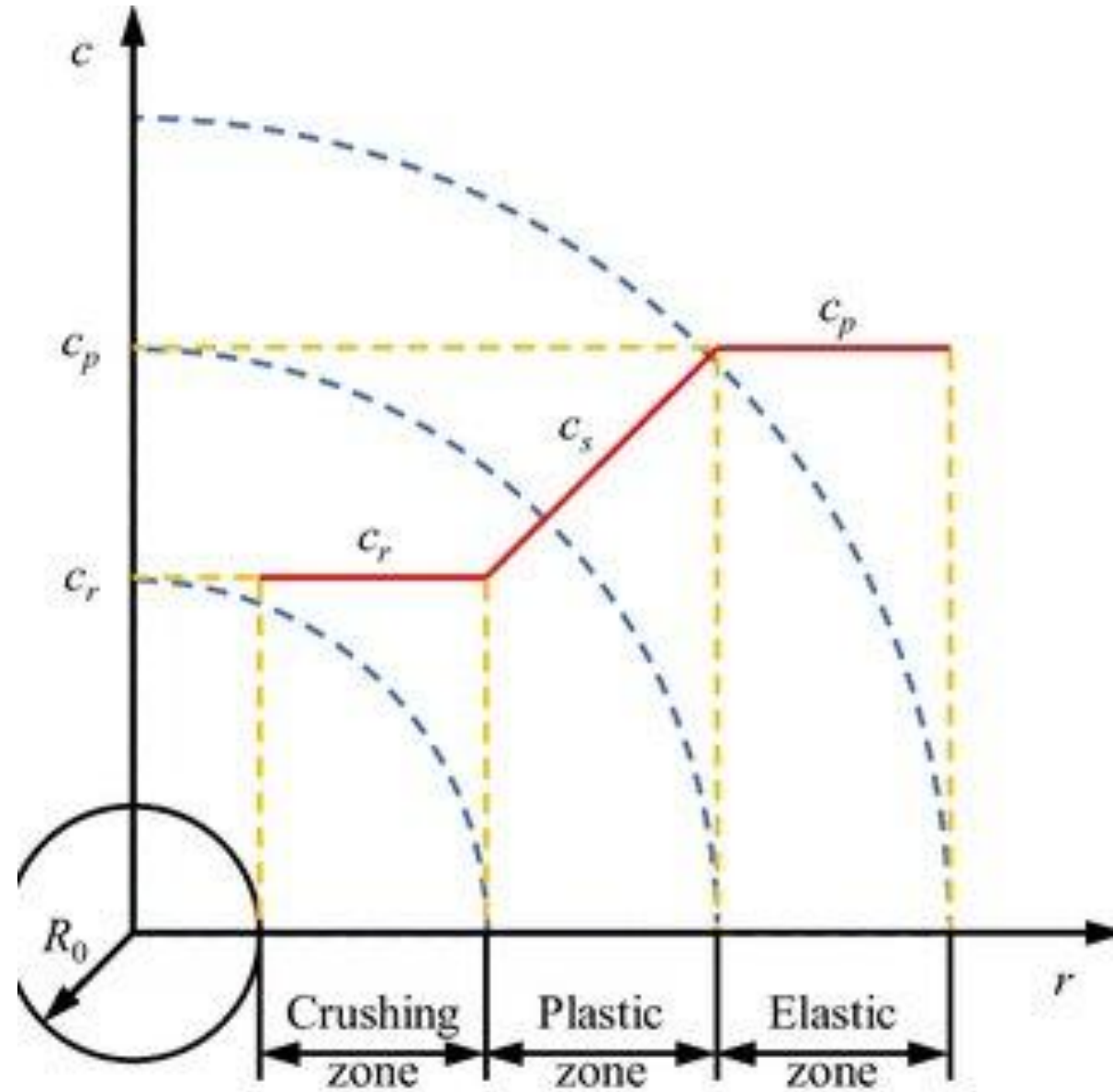




Зональність напружено-деформованого стану навколо виробки

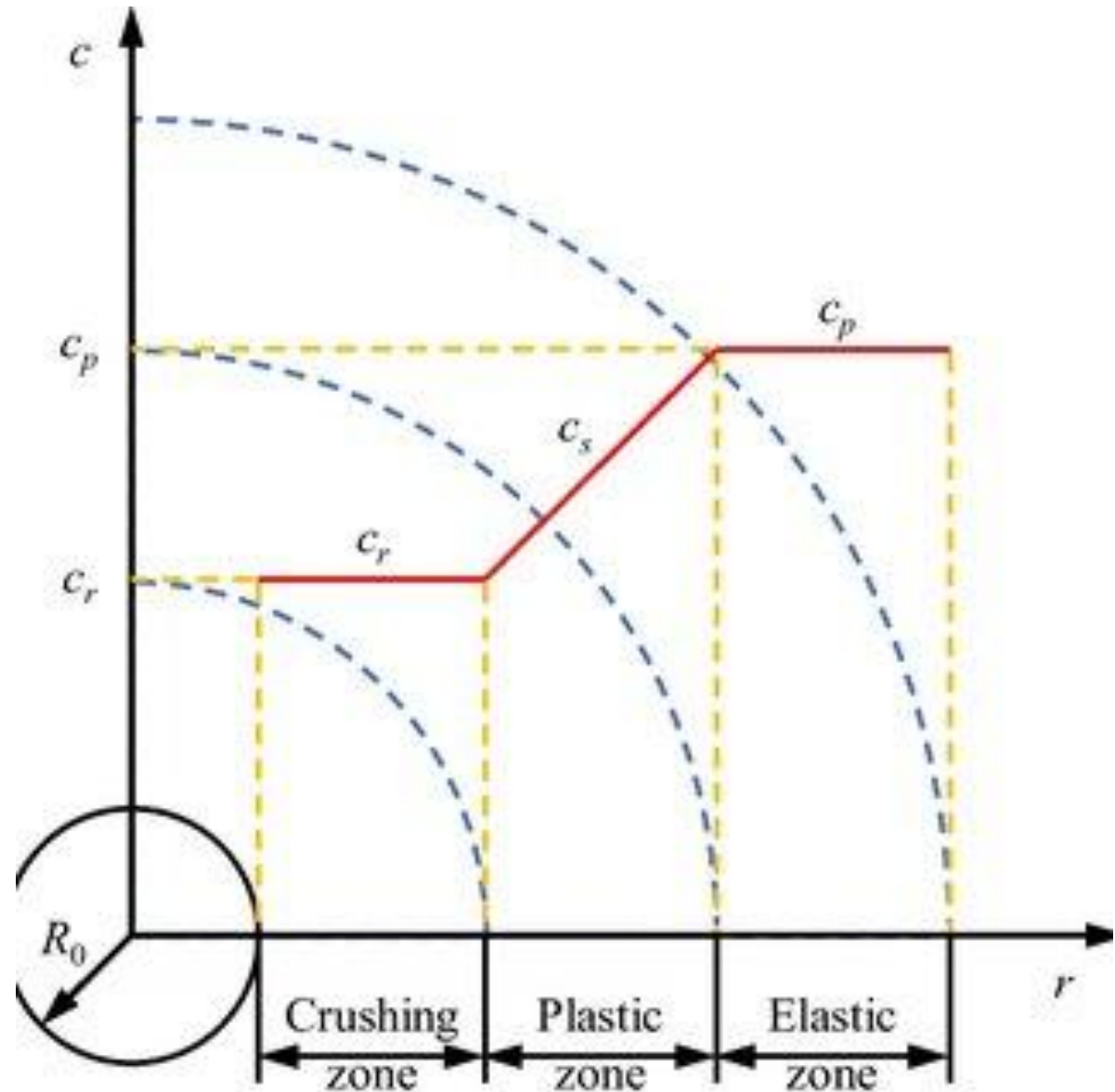
Зона пружних деформацій

Ця зона знаходиться на периферії впливу виробки, поза межами активного деформування масиву. Напруження тут не перевищують межі пружності, а отже, деформації: мають оборотний характер; відповідають класичному опису за законом Гука; не супроводжуються мікротріщиноутворенням чи пластичними зрушеннями.



Зона пластичних деформацій

Ця зона розташована безпосередньо за контуром виробки, де напруження перевищують межу пружності, але ще не досягають критерію руйнування. Основні характеристики: наявність залишкових (пластичних) деформацій, що не зникають після зняття навантаження; поступове накопичення пошкоджень мікроструктури породи; повзучість або в'язкопластична поведінка в породах з відповідними реологічними властивостями.



Зона руйнування – механізми утворення тріщин, зсувів, обвалень

Безпосередньо прилегла до контуру виробки, зона руйнування характеризується: втратою цілісності порід, порушується структура, утворюються макротріщини, спостерігається дроблення; активним зрушенням блоків масиву, з утворенням нестійких елементів; непередбачуваною поведінкою масиву, особливо у разі наявності тектонічної тріщинуватості.

