



Показники видобування корисної копалини з надр

Гірничя промисловість є однією з ключових галузей економіки багатьох країн світу, включаючи Україну. Ефективність видобування корисних копалин з надр визначається комплексом технічних, економічних та екологічних показників, які дозволяють оцінити результативність видобувних робіт.

Mining Indicators



Класифікація показників видобування корисних копалин

Геологічні показники

- Запаси корисних копалин
- Якість корисних копалин
- Гірничо-геологічні умови залягання
- Просторове розміщення корисних компонентів

Технологічні показники

- Продуктивність видобутку
- Втрати та розубожування
- Коефіцієнт вилучення корисної копалини
- Інтенсивність видобутку

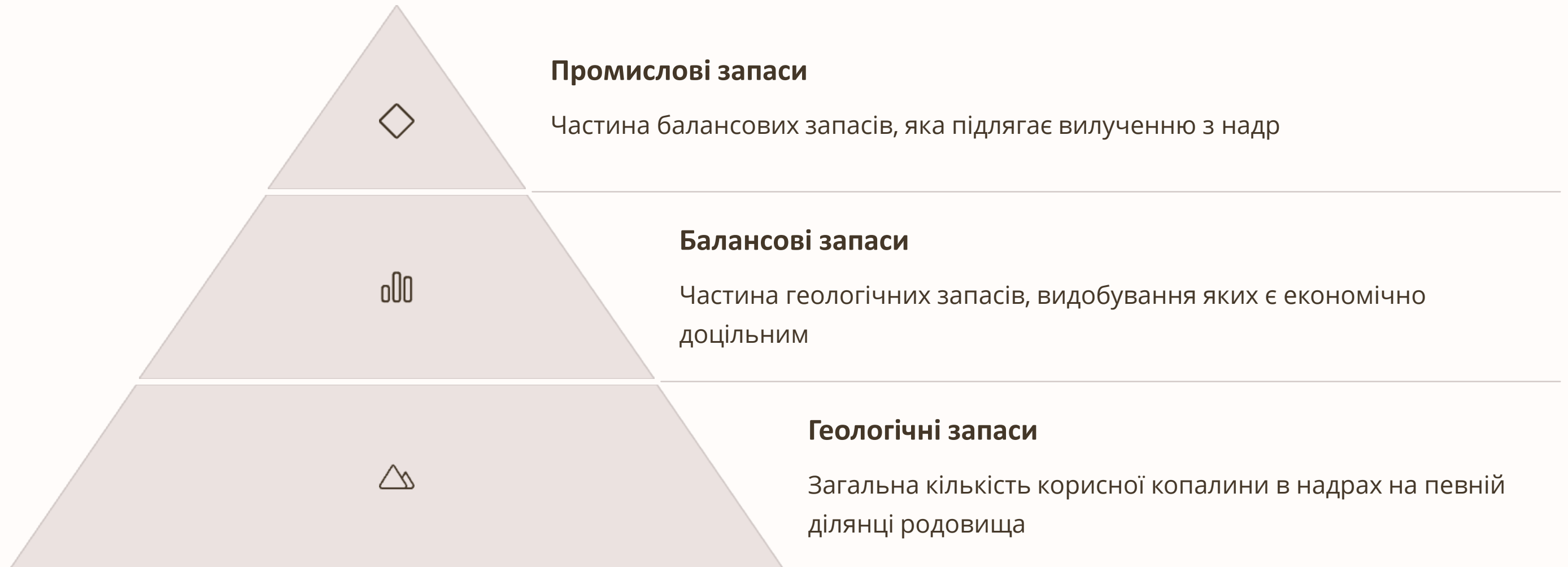
Економічні показники

- Собівартість видобутку
- Капітальні витрати
- Рентабельність видобутку
- Термін окупності

Екологічні показники

- Вплив на земельні ресурси
- Вплив на водні ресурси
- Вплив на атмосферу
- Накопичення відходів видобутку та переробки

Запаси корисних копалин



Промислові запаси розраховуються за формулою: $Q_{\text{пром}} = Q_{\text{бал}} - Q_{\text{проект_втрат}}$, де $Q_{\text{проект_втрат}}$ – проектні втрати корисної копалини при розробці родовища. Саме промислові запаси є основою для планування діяльності гірничодобувного підприємства та розрахунку терміну його експлуатації.

Показники вилучення корисних копалин з надр

Коефіцієнт вилучення корисної копалини

$$K_{\text{вил}} = Q_{\text{видоб}} / Q_{\text{геол}}$$

де $Q_{\text{видоб}}$ – фактично видобута кількість корисної копалини, $Q_{\text{геол}}$ – геологічні запаси.

Цей показник характеризує ефективність використання запасів родовища.

Коефіцієнт втрат корисної копалини

$$K_{\text{втрат}} = Q_{\text{втрат}} / Q_{\text{бал}}$$

де $Q_{\text{втрат}}$ – втрати корисної копалини при видобутку, $Q_{\text{бал}}$ – балансові запаси.

Показує частку корисної копалини, що залишається невидобутою.

Коефіцієнт розубожування

$$K_{\text{розуб}} = Q_{\text{порода}} / (Q_{\text{видоб}} + Q_{\text{порода}})$$

де $Q_{\text{порода}}$ – кількість пустої породи у видобутій гірничій масі.

Характеризує зниження якості корисної копалини через домішки пустої породи.

Продуктивність видобутку



Річна продуктивність

$$Q_{\text{річна}} = Q_{\text{доб}} \times N_{\text{роб_днів}}$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова продуктивність, $N_{\text{роб_днів}}$ – кількість робочих днів у році.



Добова продуктивність

Кількість корисної копалини, яка видобувається протягом доби при роботі в нормальному режимі.

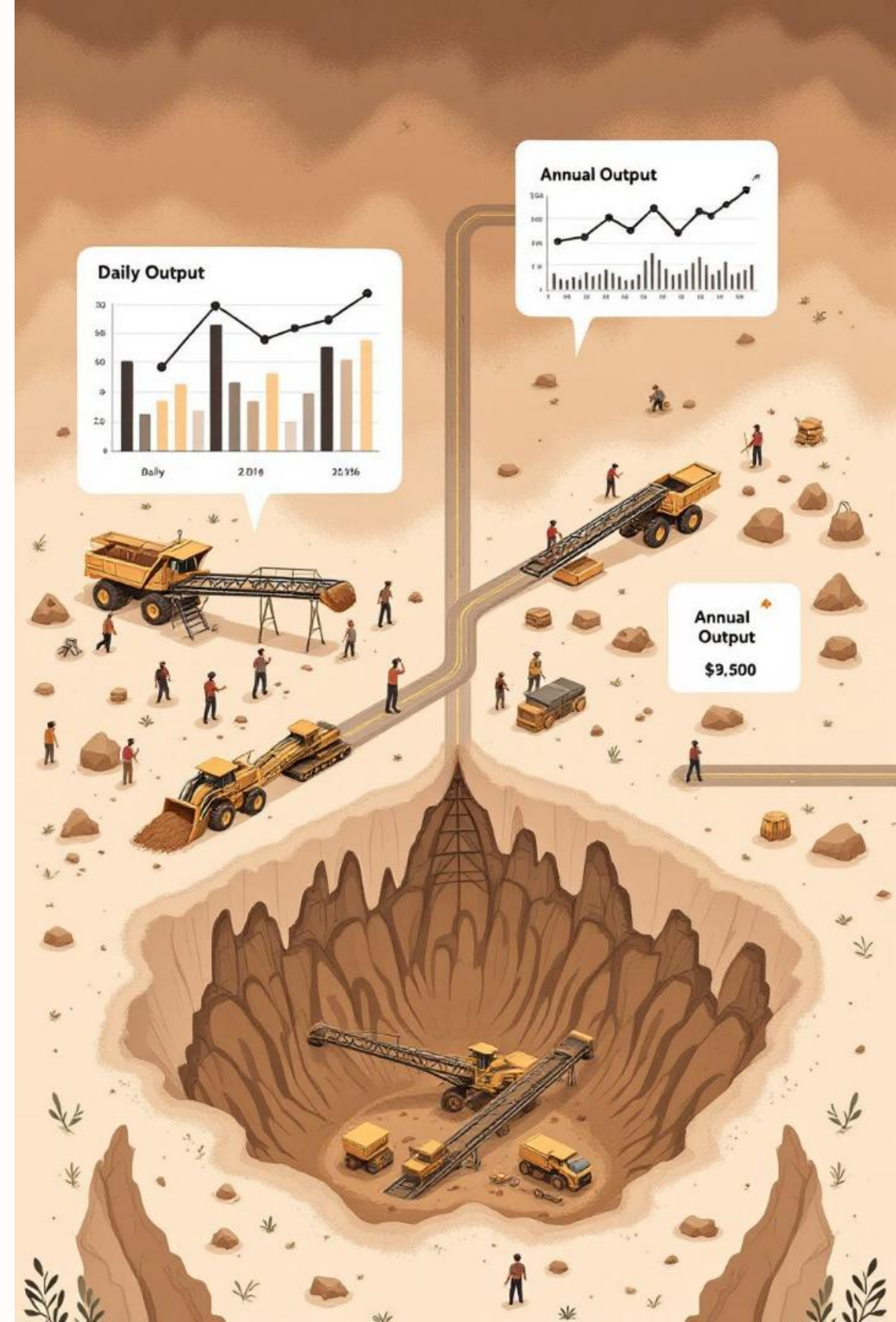


Питома продуктивність

$$P_{\text{пит}} = Q_{\text{видоб}} / S \text{ або } P_{\text{пит}} = Q_{\text{видоб}} / L$$

де S – площа родовища, L – довжина очисного вибою.

Продуктивність видобутку є ключовим показником ефективності роботи гірничодобувного підприємства. Вона залежить від багатьох факторів, включаючи технологію видобутку, обладнання, організацію праці та гірничо-геологічні умови.





Економічні показники видобутку

S_вид

Собівартість видобутку

$$S_{\text{вид}} = Z_{\text{заг}} / Q_{\text{видоб}}$$

де $Z_{\text{заг}}$ – загальні витрати на видобуток,
 $Q_{\text{видоб}}$ – обсяг видобутку.

R%

Рентабельність видобутку

$$R = (Ц - S_{\text{вид}}) / S_{\text{вид}} \times 100\%$$

де $Ц$ – ціна реалізації одиниці корисної
копалини.

T

Термін окупності

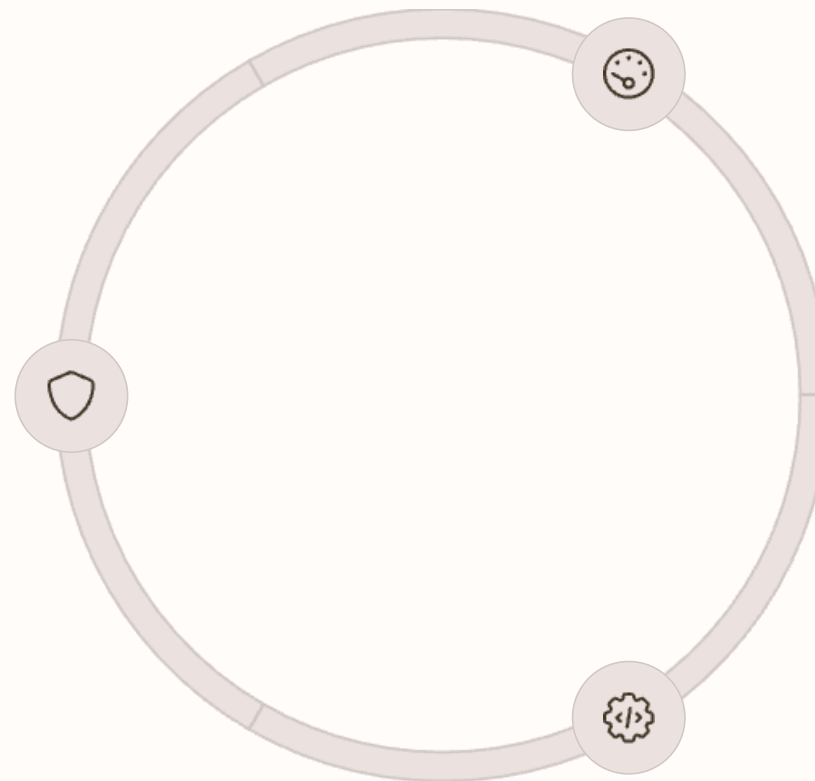
Період, за який окупаються капітальні
вкладення у розробку родовища.

Економічні показники є визначальними при оцінці доцільності розробки родовища. Вони залежать від геологічних умов, технології видобутку, ринкової кон'юнктури та багатьох інших факторів. Оптимізація економічних показників є одним з головних завдань управління гірничодобувним підприємством.

Види втрат корисних копалин при видобутку

Загальношахтні втрати

- Втрати в охоронних ціликах
- Втрати в запобіжних ціликах
- Втрати в бар'єрних ціликах між шахтними полями



Експлуатаційні втрати

- Втрати в ціликах між виїмковими ділянцями
- Втрати в міжкамерних ціликах
- Втрати в стелинах та підшві

Технологічні втрати

- Втрати при відбійці
- Втрати при доставці
- Втрати при транспортуванні
- Втрати при збагаченні

Загальні втрати корисної копалини ($Q_{\text{втрат}}$) розраховуються як сума всіх видів втрат: $Q_{\text{втрат}} = Q_{\text{охор_цілики}} + Q_{\text{експл_втрати}} + Q_{\text{технол_втрати}}$. Мінімізація втрат є важливим напрямком підвищення ефективності видобутку.



Показники якості корисних копалин



Рудні корисні копалини

Основні показники: вміст корисного компонента, вміст шкідливих домішок, вологість, міцність, кускуватість. Якість руди безпосередньо впливає на ефективність її переробки та вартість кінцевого продукту.



Вугілля

Ключові характеристики: зольність, вологість, вміст сірки, теплотворна здатність, вихід летких речовин. Ці показники визначають енергетичну цінність вугілля та можливості його використання.



Нафта і газ

Важливі параметри: густина, в'язкість, вміст сірки, вміст парафіну, тиск насичення. Від цих характеристик залежать методи видобутку та переробки нафти і газу.

Зміна якості внаслідок розубожування розраховується за формулою: $\alpha_{\text{видоб}} = \alpha_{\text{руда}} \times (1 - K_{\text{розуб}})$, де $\alpha_{\text{руда}}$ – вміст корисного компонента у руді до розубожування, $K_{\text{розуб}}$ – коефіцієнт розубожування.

Інтенсивність та порядок відпрацювання запасів



Інтенсивність відпрацювання запасів

$$I = Q_{\text{річна}} / Q_{\text{геол}} \times 100\%$$



Порядок відпрацювання запасів

Суцільний, камерно-стовповий, поверховий, блоковий, селективний



Вплив на показники видобутку

Коефіцієнт вилучення, втрати, розубожування, продуктивність, собівартість

Вибір порядку відпрацювання запасів є стратегічним рішенням, яке впливає на всі аспекти діяльності гірничодобувного підприємства. Оптимальний порядок відпрацювання дозволяє максимізувати вилучення корисної копалини при мінімальних витратах та втратах.

Комплексне використання мінеральної сировини



Коефіцієнт комплексності використання

$$K_{\text{компл}} = \frac{\sum(\varepsilon_i \times C_i)}{\sum(\alpha_i \times C_i)}$$

де ε_i – коефіцієнт вилучення і-того компонента, α_i – вміст і-того компонента в руді, C_i – вартість і-того компонента.



Коефіцієнт використання відходів

$$K_{\text{відх}} = M_{\text{викор}} / M_{\text{заг}}$$

де $M_{\text{викор}}$ – маса використаних відходів, $M_{\text{заг}}$ – загальна маса утворених відходів.



Економічний ефект

$$E_{\text{компл}} = \sum(Q_i \times C_i) - Z_{\text{компл}}$$

де Q_i – кількість і-того вилученого компонента, C_i – ціна і-того компонента, $Z_{\text{компл}}$ – витрати на комплексне вилучення компонентів.

Комплексне використання мінеральної сировини дозволяє підвищити економічну ефективність видобутку та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Сучасні технології дозволяють вилучати з руди не тільки основні, але й супутні корисні компоненти.

Екологічні показники видобутку



Показники впливу на земельні ресурси

Площа порушених земель ($S_{\text{пор}}$) – загальна площа земель, порушених в результаті гірничих робіт. Коефіцієнт рекультивації ($K_{\text{рекульт}}$) – відношення площі рекультивованих земель до загальної площі порушених земель.



Показники впливу на водні ресурси

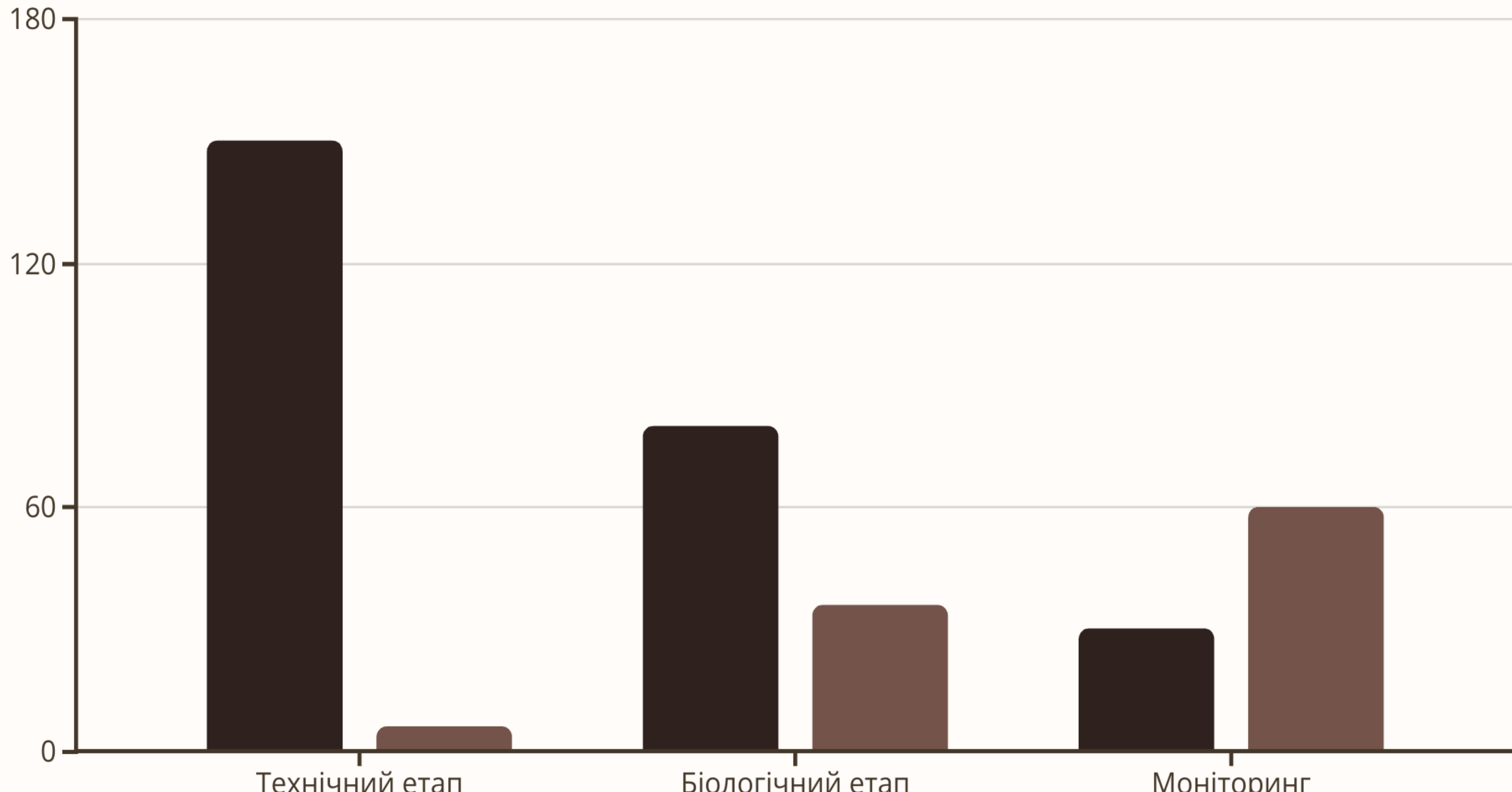
Водний баланс гірничого підприємства – співвідношення між обсягами води, що забирається з природних джерел, та обсягами води, що скидається в природні водойми. Якість скидних вод та ефективність їх очищення.



Показники впливу на атмосферу

Обсяг викидів в атмосферу ($V_{\text{викид}}$) – загальний обсяг забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу при видобутку та переробці корисних копалин. Ефективність систем пилогазоочищення.

Показники рекультивації порушених земель





Технологічні методи підвищення ефективності видобутку



Зниження втрат

- Оптимізація систем розробки
- Застосування ефективних технологій видобутку
- Удосконалення технології закладки виробленого простору
- Використання геотехнологічних методів видобутку



Зниження розубожування

- Впровадження селективної виїмки
- Застосування високоточних методів буріння та вибухових робіт
- Удосконалення конструкції видобувного обладнання



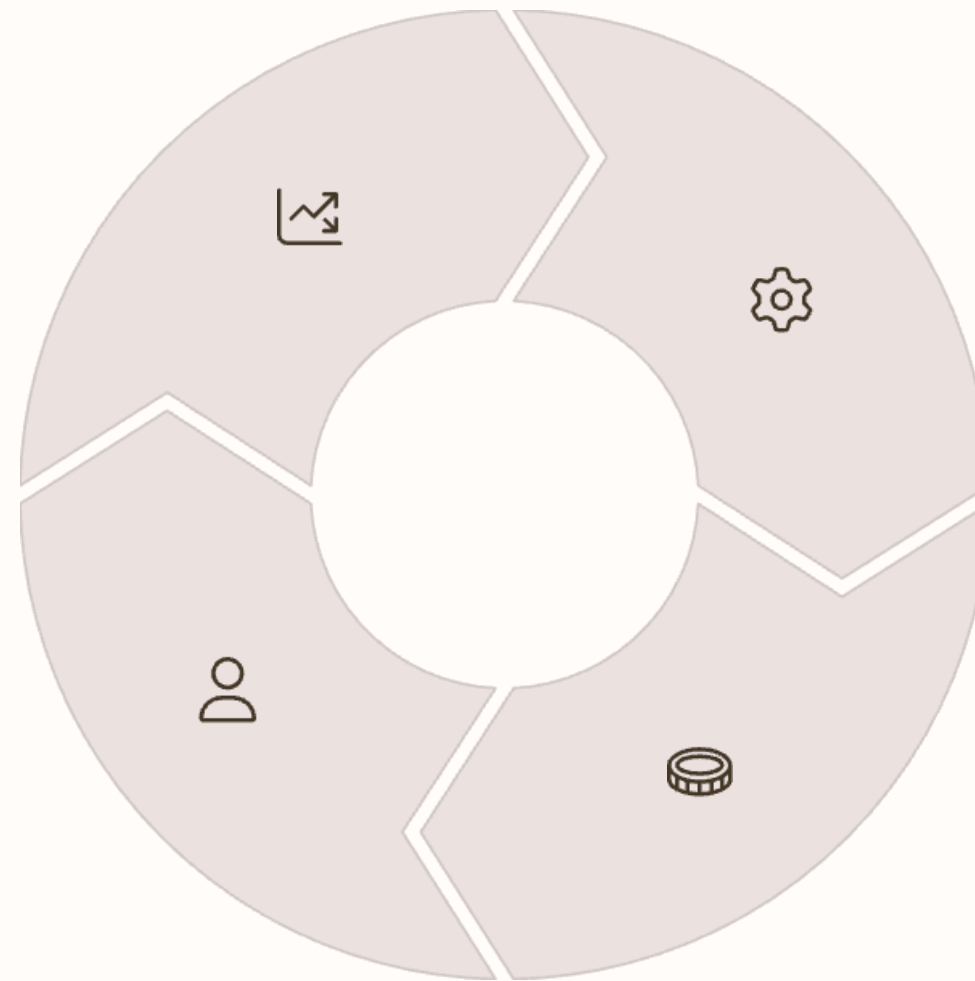
Підвищення продуктивності

- Автоматизація процесів видобутку
- Впровадження високопродуктивного обладнання
- Оптимізація логістики видобутку та транспортування

Економічні методи підвищення ефективності видобутку

Оптимізація витрат
Зниження енергоємності, оптимізація чисельності персоналу, зниження матеріалоємності

Розвиток персоналу
Підвищення кваліфікації, впровадження систем мотивації



Удосконалення системи управління
Впровадження систем моніторингу та контролю, оптимізація організаційної структури

Інвестиційна політика
Оновлення основних фондів, інвестиції в інноваційні технології

Економічні методи підвищення ефективності видобутку спрямовані на оптимізацію витрат, удосконалення системи управління, раціональну інвестиційну політику та розвиток персоналу. Комплексне застосування цих методів дозволяє значно підвищити рентабельність гірничодобувного підприємства.

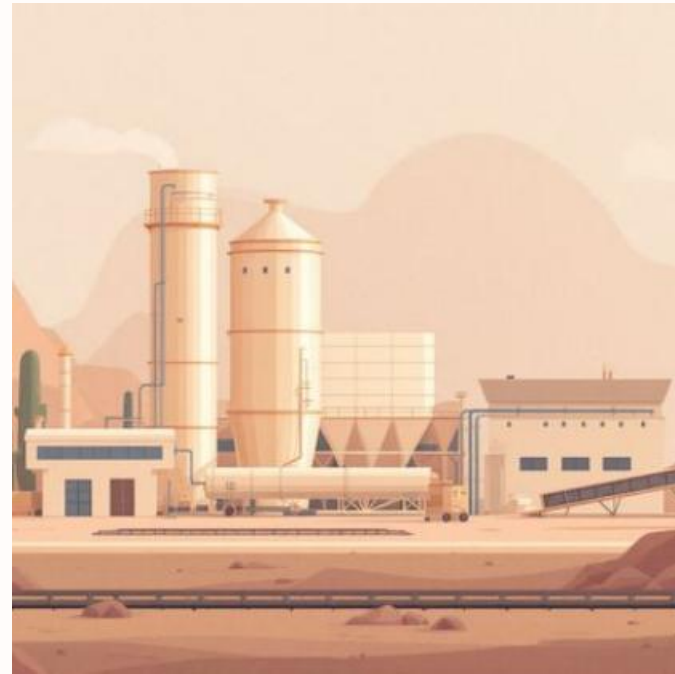
Приклад розрахунку показників для вугільної шахти

Балансові запаси вугілля	10 млн т
Річний обсяг видобутку	500 тис. т
Проектні втрати	15%
Фактичні втрати	18%
Зольність вугілля в пласті	12%
Зольність видобутого вугілля	18%

Розрахунок:

- Промислові запаси: $Q_{\text{пром}} = 10 \text{ млн т} \times (1 - 0,15) = 8,5 \text{ млн т}$
- Коефіцієнт вилучення: $K_{\text{вил}} = (500 \text{ тис. т / рік}) / (10 \text{ млн т}) \times (1 / (1 - 0,18)) = 0,061$ або 6,1% на рік
- Коефіцієнт розубожування за зольністю: $K_{\text{розуб}} = (18\% - 12\%) / (100\% - 12\%) = 0,068$ або 6,8%
- Термін служби шахти: $T = 8,5 \text{ млн т} / (500 \text{ тис. т / рік}) = 17$ років

Приклад розрахунку показників для рудного родовища



Вихідні дані: балансові запаси руди – 5 млн т, вміст корисного компонента в руді – 3,5%, річний обсяг видобутку – 250 тис. т, втрати при видобутку – 8%, розубожування – 10%.

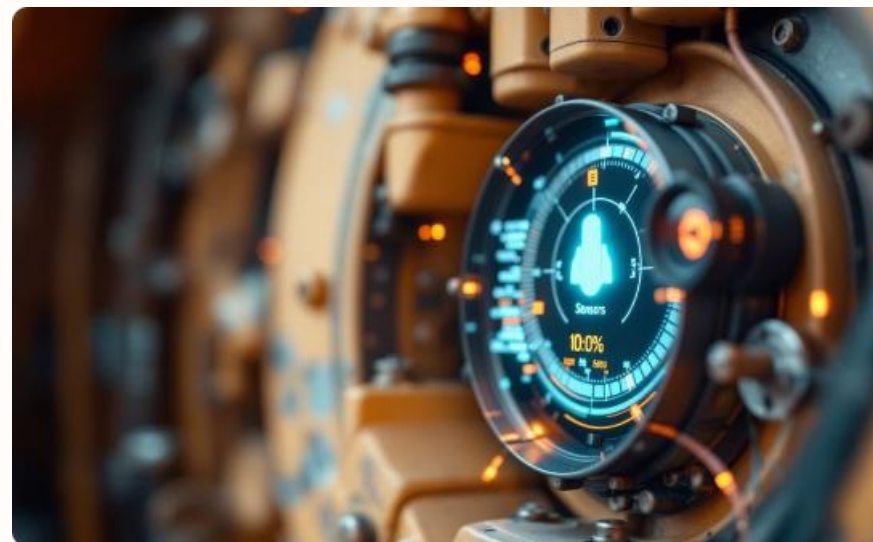
Розрахунок: промислові запаси: $Q_{\text{пром}} = 5 \text{ млн т} \times (1 - 0,08) = 4,6 \text{ млн т}$; вміст корисного компонента у видобутій руді: $\alpha_{\text{видоб}} = 3,5\% \times (1 - 0,1) = 3,15\%$; кількість корисного компонента у видобутій руді: $Q_{\text{кк}} = 250 \text{ тис. т} \times 0,0315 = 7\,875 \text{ т/рік}$; коефіцієнт вилучення корисного компонента з надр: $K_{\text{вил_кк}} = (7\,875 \text{ т/рік}) / (5 \text{ млн т} \times 0,035) \times (1 / (1 - 0,08)) = 0,049$ або 4,9% на рік; термін служби рудника: $T = 4,6 \text{ млн т} / (250 \text{ тис. т / рік}) = 18,4$ роки.

Цифровізація процесів видобутку



Системи диспетчеризації

Впровадження сучасних систем диспетчеризації дозволяє оптимізувати процеси видобутку, підвищити безпеку робіт та зменшити простой обладнання. Ці системи забезпечують збір, обробку та аналіз даних в режимі реального часу.



Датчики та IoT-технології

Використання датчиків та IoT-технологій дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану обладнання, параметрів технологічних процесів та умов праці. Це сприяє своєчасному виявленню та усуненню несправностей.



Цифрові двійники

Створення цифрових двійників родовищ та гірничих підприємств дозволяє моделювати різні сценарії розробки, оптимізувати технологічні процеси та прогнозувати результати видобутку.



Екологізація гірничодобувної галузі

Розробка безвідходних технологій видобутку

Впровадження технологій, які дозволяють мінімізувати утворення відходів або забезпечують їх повне використання. Це включає комплексну переробку руд, використання відходів збагачення для закладки виробленого простору та виробництва будівельних матеріалів.

Впровадження замкнутих циклів водопостачання

Створення систем, які забезпечують багаторазове використання води в технологічних процесах. Це дозволяє зменшити забір свіжої води та скидання забруднених вод у природні водойми.

Використання відновлюваних джерел енергії

Застосування сонячної, вітрової та інших видів відновлюваної енергії для забезпечення потреб гірничодобувних підприємств. Це сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин.

Розробка методів біологічної рекультивації

Впровадження ефективних методів відновлення порушених земель з використанням рослин, які здатні адаптуватися до складних умов та сприяти відновленню екосистем.



Інтелектуалізація систем управління видобутком



Предиктивна аналітика

Прогнозування показників видобутку та стану обладнання на основі аналізу історичних даних



Штучний інтелект

Оптимізація процесів видобутку за допомогою алгоритмів машинного навчання



Автоматизація

Впровадження роботизованих систем для виконання небезпечних та рутинних операцій



Системи підтримки рішень

Розробка інтелектуальних систем для оптимізації управлінських рішень

Інтелектуалізація систем управління видобутком дозволяє підвищити ефективність та безпеку гірничих робіт, оптимізувати використання ресурсів та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Впровадження сучасних інформаційних технологій та систем штучного інтелекту є важливим напрямком розвитку гірничодобувної галузі.



Висновки



Комплексний підхід до оцінки ефективності

Ефективність видобування корисних копалин з надр визначається комплексом показників, які характеризують геологічні, технологічні, економічні та екологічні аспекти гірничодобувної діяльності.



Ключові показники ефективності

Ключовими показниками є коефіцієнти вилучення корисної копалини, втрат та розубожування, а також показники продуктивності, собівартості та рентабельності видобутку.



Шляхи підвищення ефективності

Підвищення ефективності видобутку досягається шляхом впровадження інноваційних технологій, оптимізації систем розробки, удосконалення організації виробництва та управління.



Сучасні тенденції розвитку

Сучасні тенденції розвитку гірничодобувної галузі пов'язані з цифровізацією, екологізацією та інтелектуалізацією процесів видобутку.