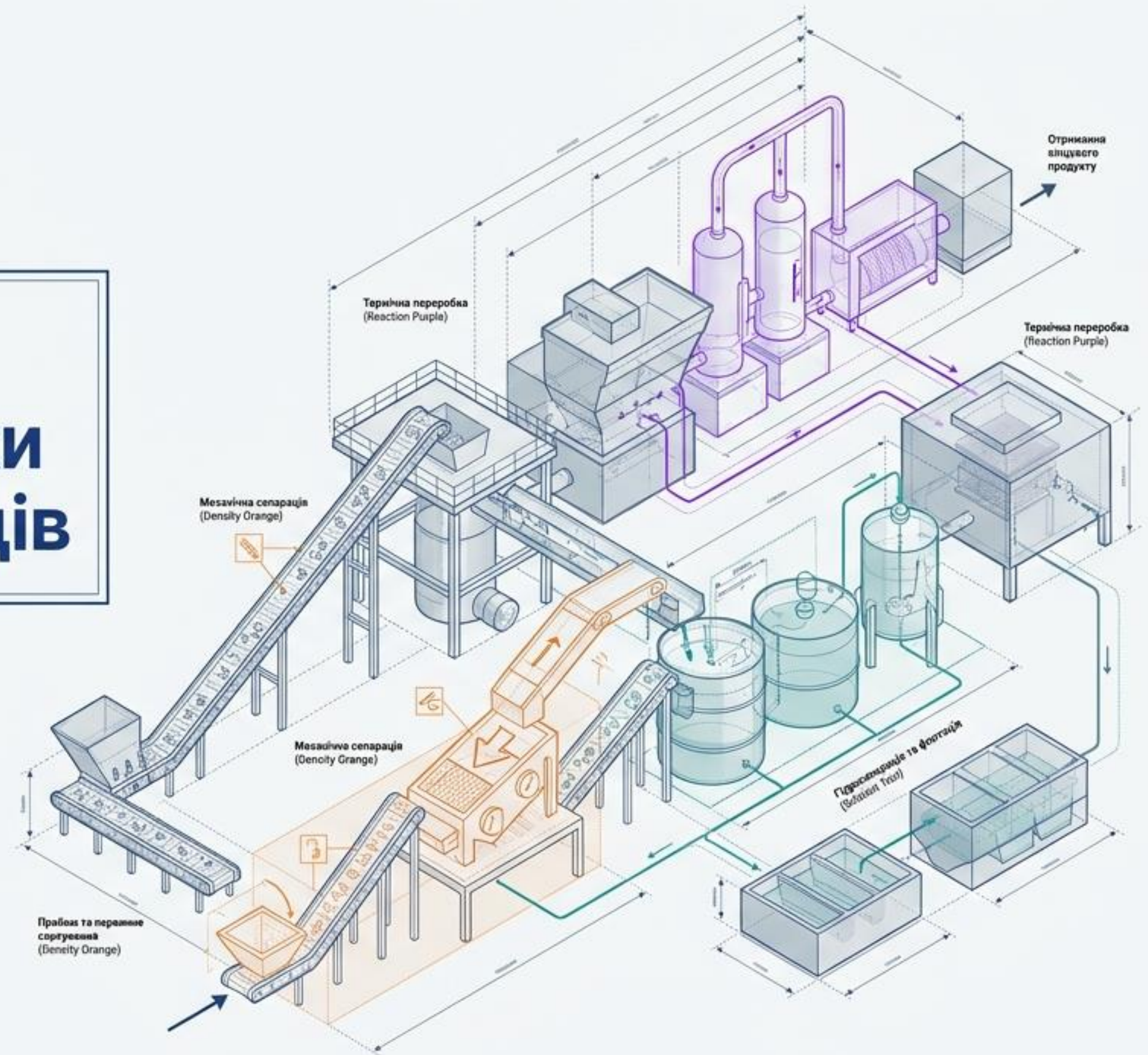
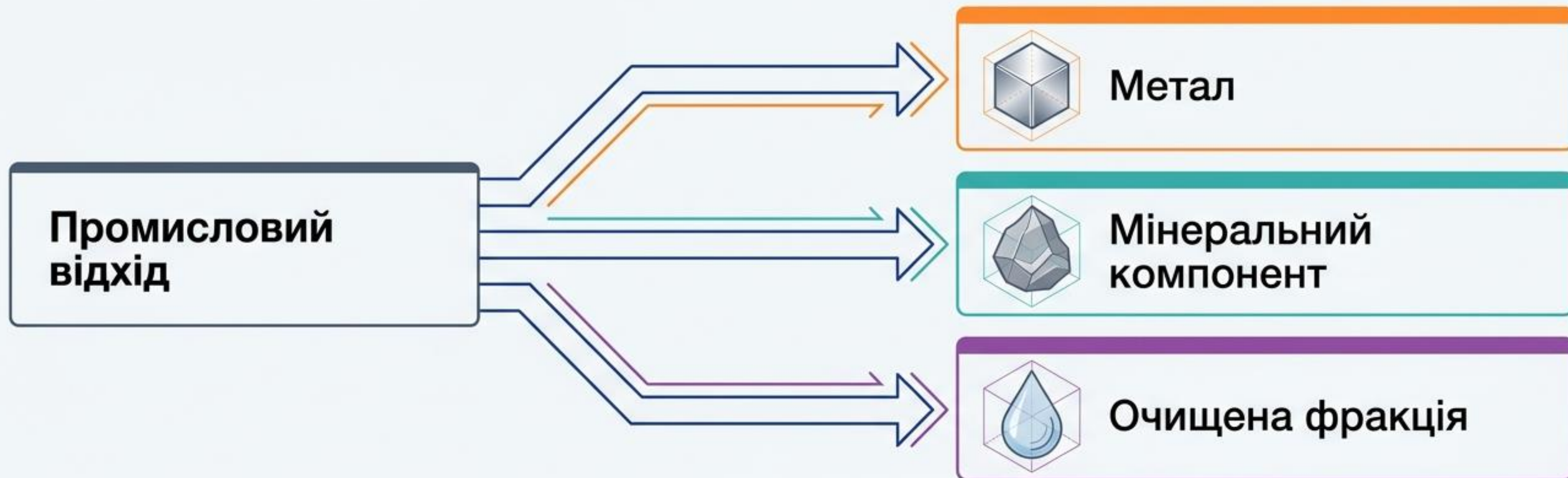


Лекція 6. Основні технології переробки промислових відходів

Від збору та сортування — до отримання реального корисного продукту.





Головна мета — отримати корисний продукт (метал, мінерал, вторинна сировина або очищена фракція для повернення у виробництво).

Проста задача	Фізичне відділення шматочків металу.
Складна задача	Зміна хімічного стану (переведення в розчин, послідовні процеси), якщо метал є частиною складної мінеральної сполуки.

Питання до аудиторії:

Як кінцева мета визначає вибір між простим фізичним та складним хімічним процесом?

Основні технологічні підходи

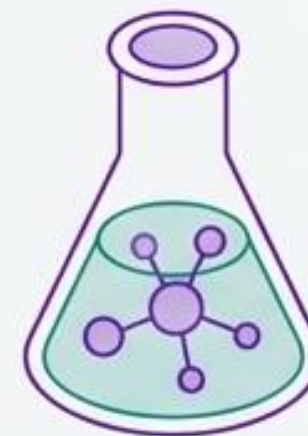
Механічні та фізичні методи



Механізм: Розділення потоків без зміни хімічного складу (різниця у густині, магнітних властивостях).

Перевага: Найпростіші у застосуванні.

Фізико-хімічні та хімічні процеси



Механізм: Керування поведінкою поверхні, переведення в розчин, осадження, сорбція.

Застосування: Складні відходи, де фізичного розділення недостатньо.

У промисловості рідко обмежуються одним методом — найчастіше одна операція лише готує матеріал до наступної.

Чому однакові відходи можуть переробляти по-різному



Не існує єдиної стандартної технології.

Два металургійні шлаки можуть мати однакову назву, але різний склад (наприклад, переважання заліза або кальцію/кремнію).

Технологія фактично будується навколо тієї властивості, яка дозволяє нам розділити компоненти.

Механічне вилучення корисних компонентів



Ефективно для матеріалів із великими окремими включеннями (наприклад, метал у шлаку).

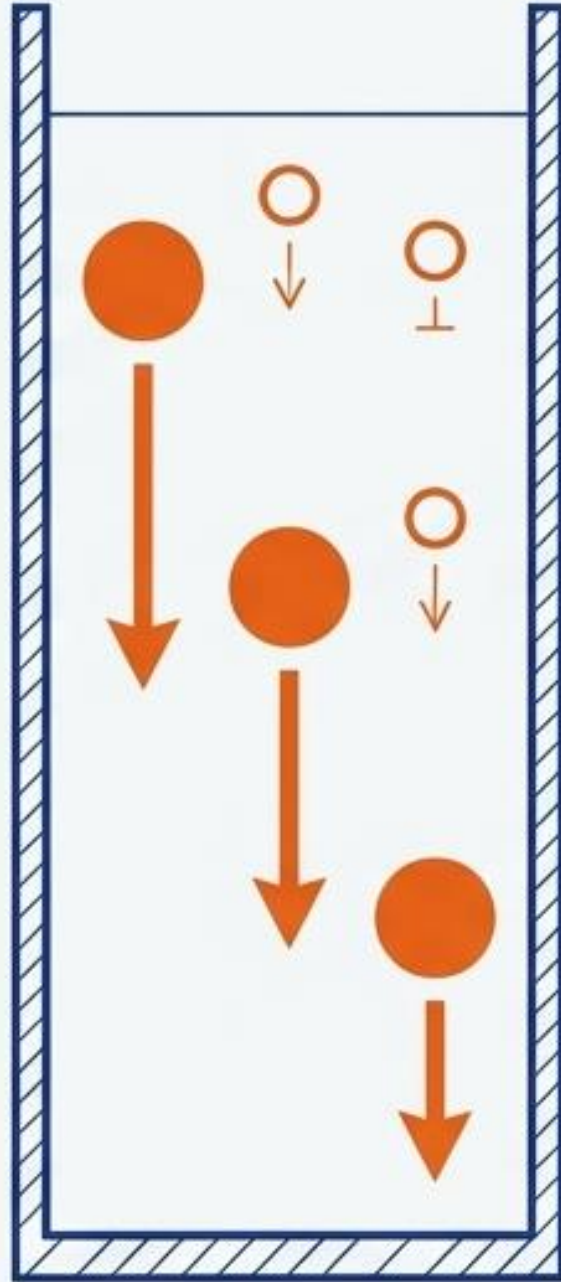
Дозволяє кожному компоненту йти своїм шляхом переробки.

Переваги: Простіше, дешевше, створює мінімум вторинних потоків, потоків.

Промисловий приклад

Якісне розділення змішаних будівельних відходів (бетон, метал, деревина) уже саме по собі створює повноцінні вторинні продукти без хімії.

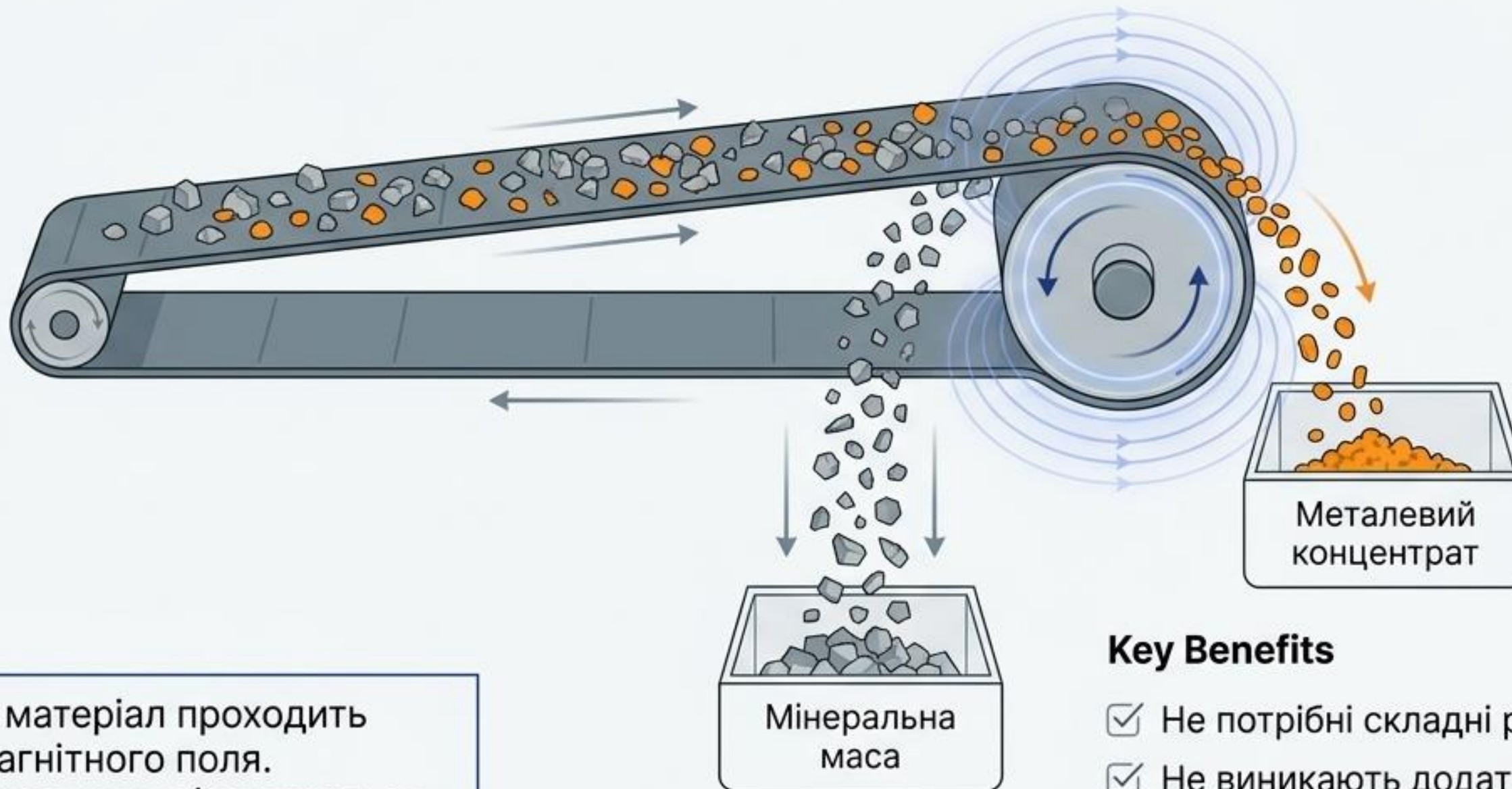
Гравітаційне розділення



Принцип	Частинки з різною густиною по-різному рухаються у воді або повітрі. Важчі — осідають швидше.
Застосування	Відділення важчих металовмісних частинок від легшої мінеральної маси.
Обмеження	Якщо густина компонентів майже однакова, розділення стає неточним.

Гравітація найчастіше використовується як проміжний етап, а не фінальне рішення.

Магнітне розділення



Механізм:

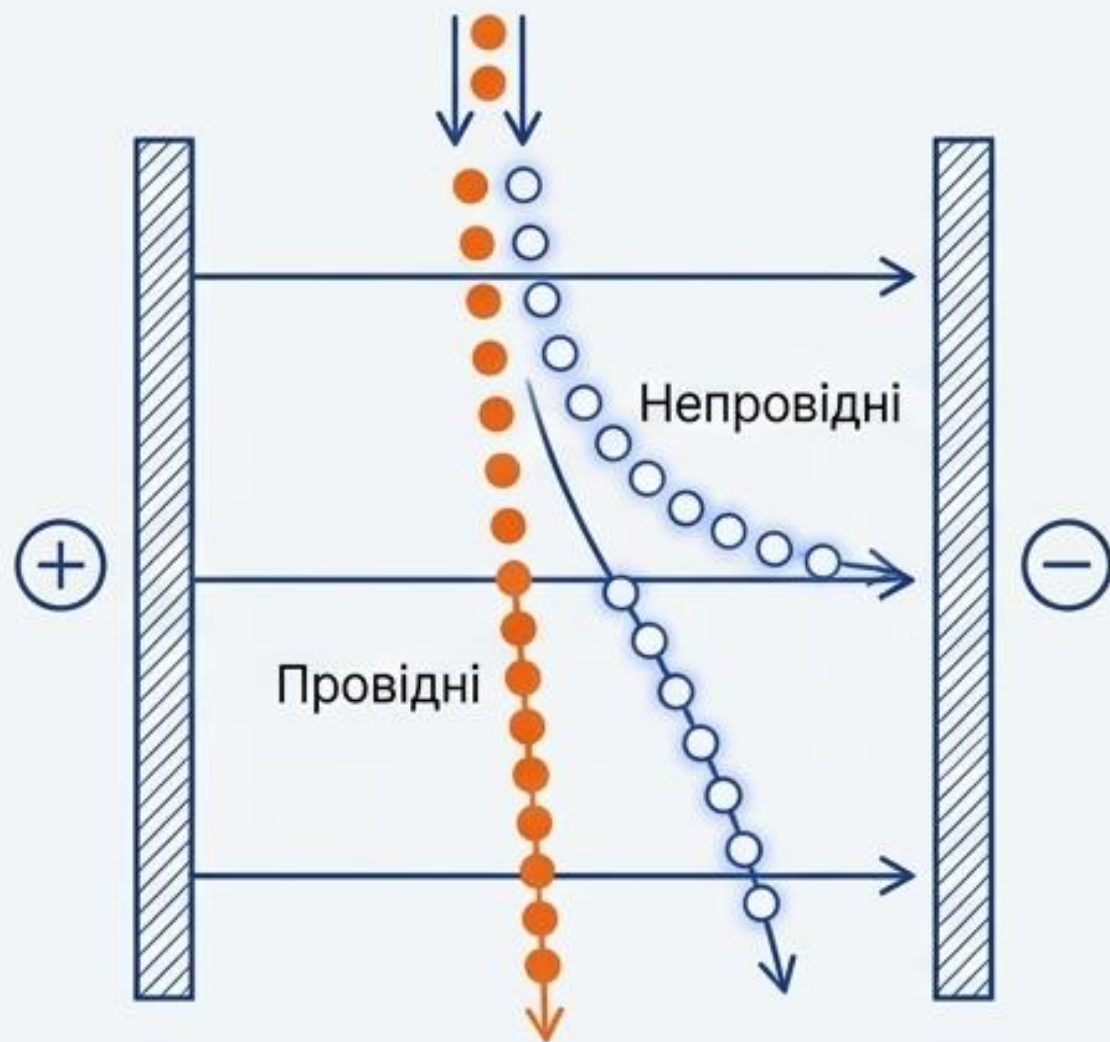
Подрібнений матеріал проходить через зону магнітного поля. Залізовмісні частинки відхиляються в окремий потік.

Key Benefits

- ✓ Не потрібні складні реагенти.
- ✓ Не виникають додаткові рідкі відходи.
- ✓ Метал одразу готовий до повернення у виробничий цикл.

Працює виключно для матеріалів із магнітною сприйнятливістю.

Електростатичне розділення



Context Panel

Незамінно при переробці електронних відходів (суміш металів, пластиків, скловолокна), де ручне розділення неможливе.



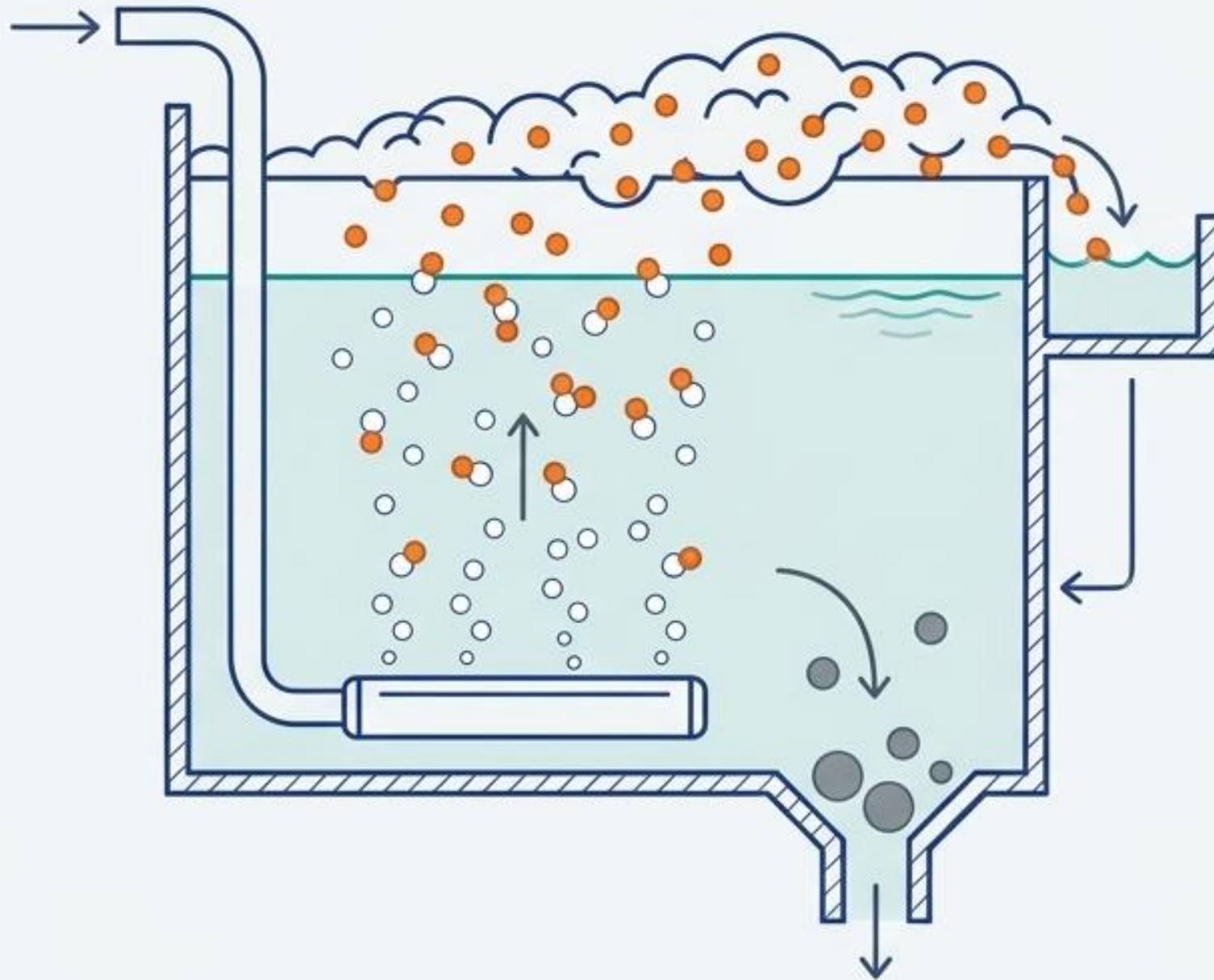
How it works

Провідні частинки швидко віддають заряд, непровідні — затримують його. Завдяки цьому вони рухаються по різних траєкторіях.

Промисловий приклад

Увага: Метод вкрай чутливий до вологості, розміру частинок і якості підготовки матеріалу. Потребує високої однорідності вхідного потоку.

Флотація як спосіб роботи з дрібними частинками



Коли застосовують:

Частинки настільки дрібні, що механічне розділення не працює.

Принцип:

Використовує властивості поверхні, а не густину.

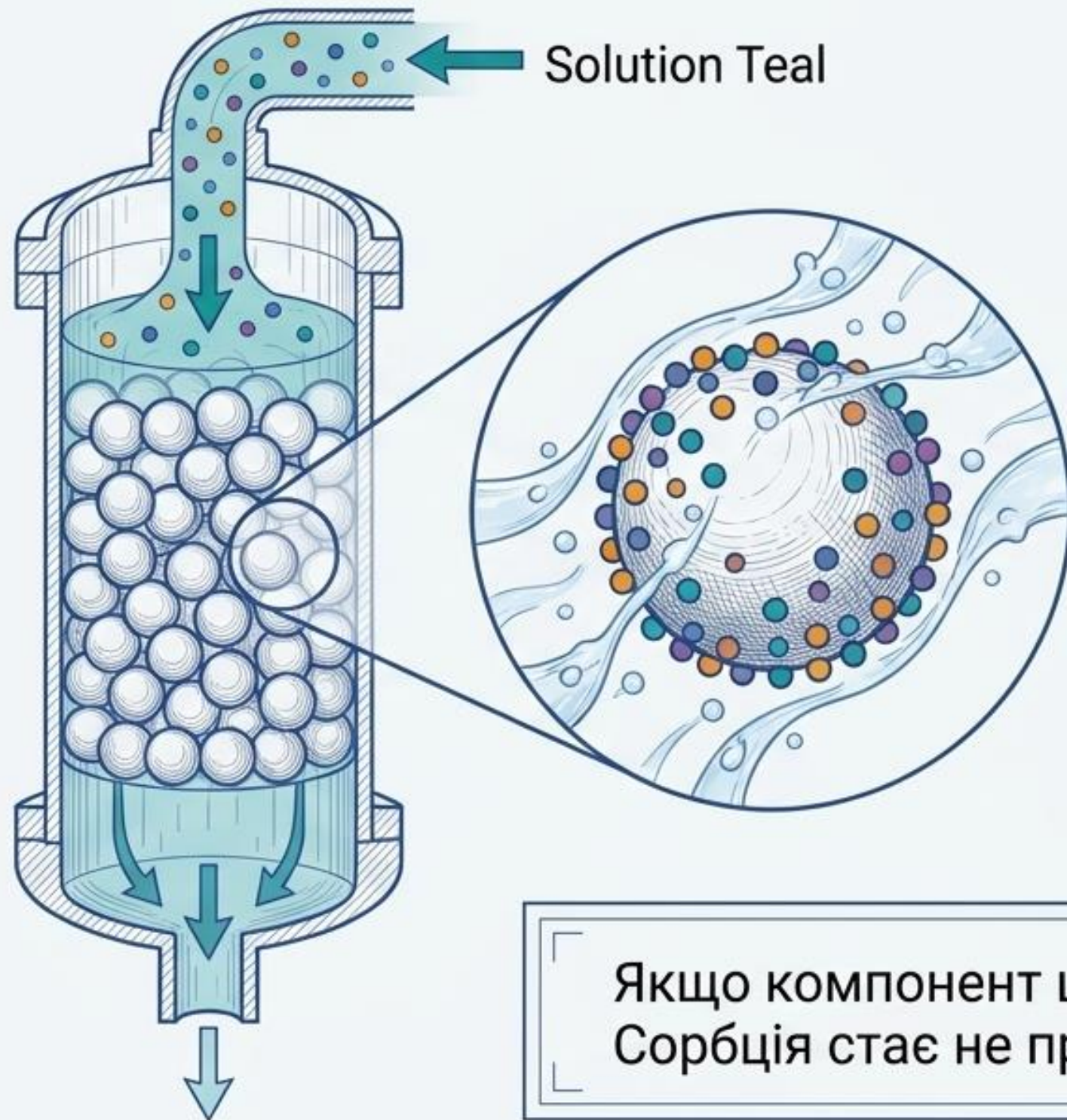
Процес:

У рідину подають повітря → цільові частинки прилипають до бульбашок → піднімаються у пінний шар.



Властивості частинок спеціально регулюють реагентами. Флотація — це високочерований технологічний процес.

Сорбція як спосіб вилучення компонентів



Що робити, коли цільовий компонент (наприклад, іони металів) знаходиться у розчині технологічної води?

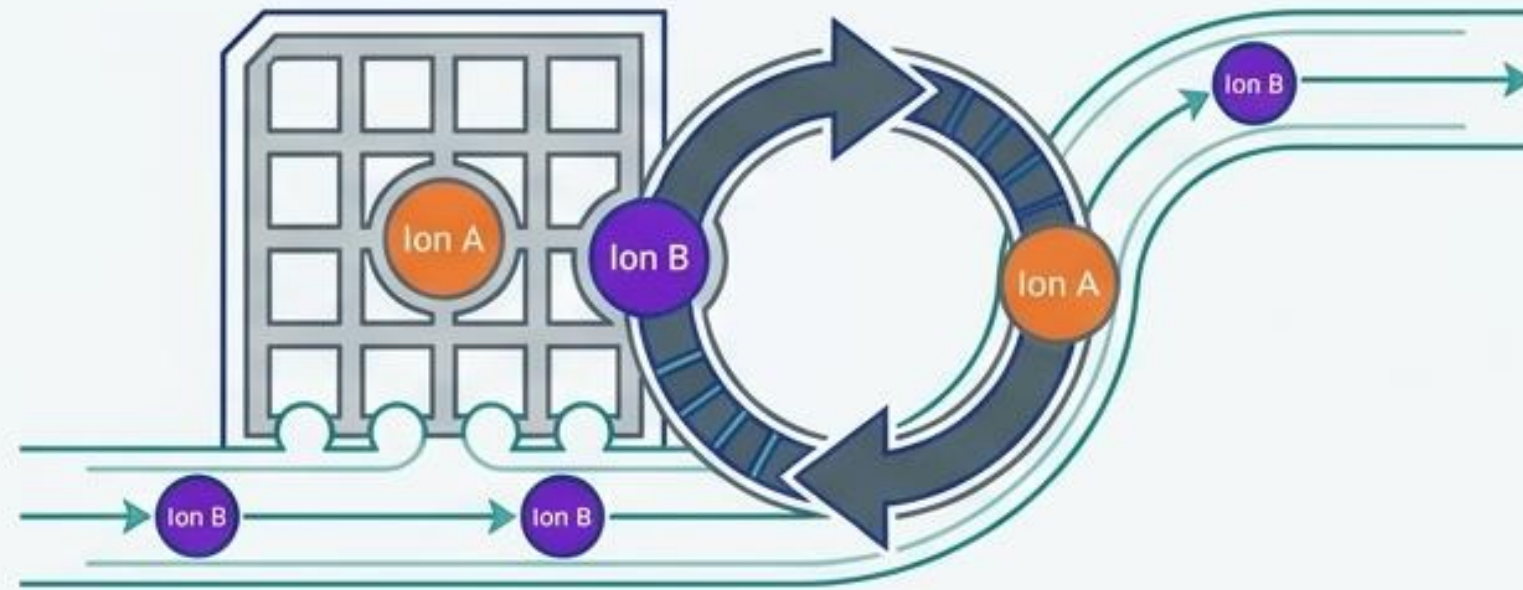
Сорбент — матеріал, що накопичує речовини на своїй поверхні.

Забруднений розчин + Сорбент =

Очищена вода + Концентрована речовина на сорбенті.

Якщо компонент цінний, його вилучають із сорбенту повторно. Сорбція стає не просто очищенням, а стадією концентрування.

Іонний обмін



Більш селективний варіант роботи з розчиненими компонентами. Спеціальний матеріал вибірково обмінює власні іони на потрібні іони з розчину.

Переваги:	Обмеження:
Дозволяє вибірково вилучити один конкретний метал із суміші. Дає надвисоку якість очищення.	Матеріал швидко деградує у забрудненому/складному розчині.

Іонний обмін рідко є першою стадією. Він працює після ретельного попереднього очищення.

Екстракція



Механізм:

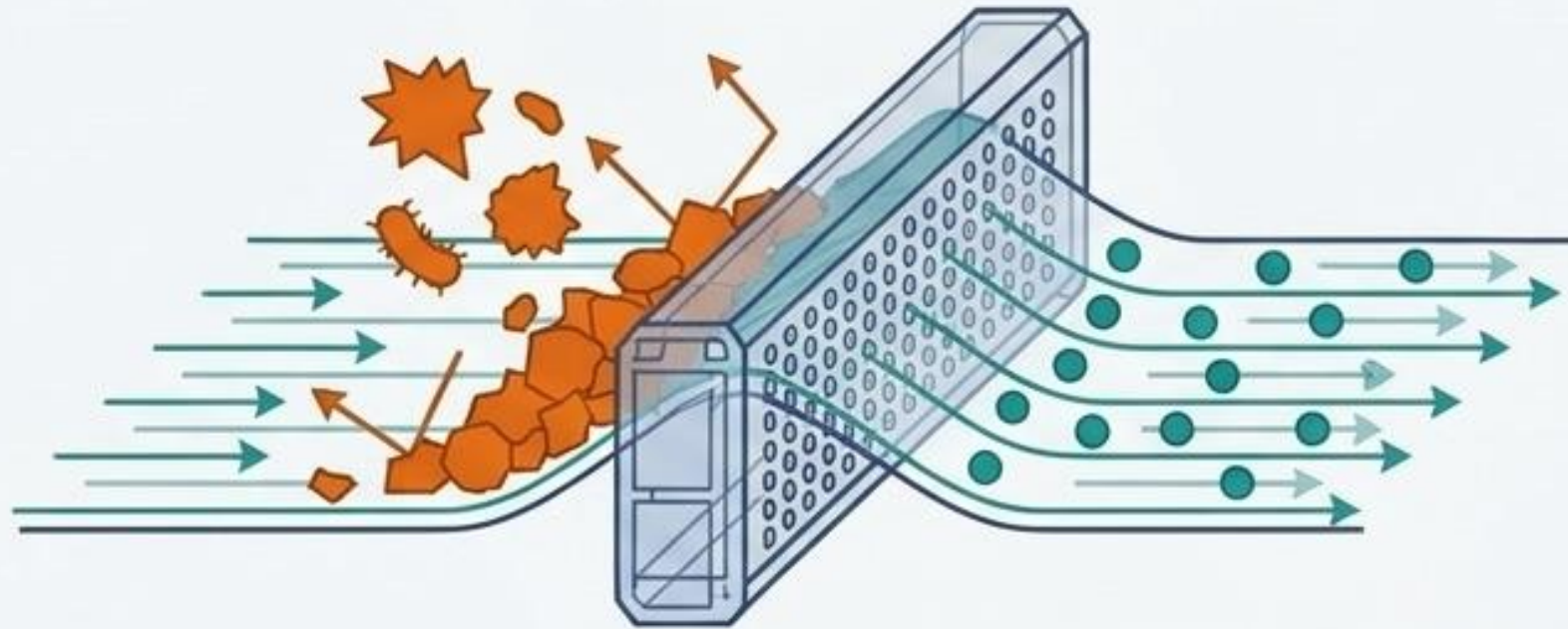
Речовина по-різному розподіляється між двома рідкими фазами. Ми створюємо умови, за яких компоненту «вигідніше» перейти в іншу рідину.

Послідовність:

Водний розчин + Рідина, що не змішується (зі спеціальним реагентом) → Реакція → Цільовий метал переходить у другу фазу.

Зручно для точного вибіркового вилучення, але вимагає жорсткого контролю складу і умов.

Мембранні технології



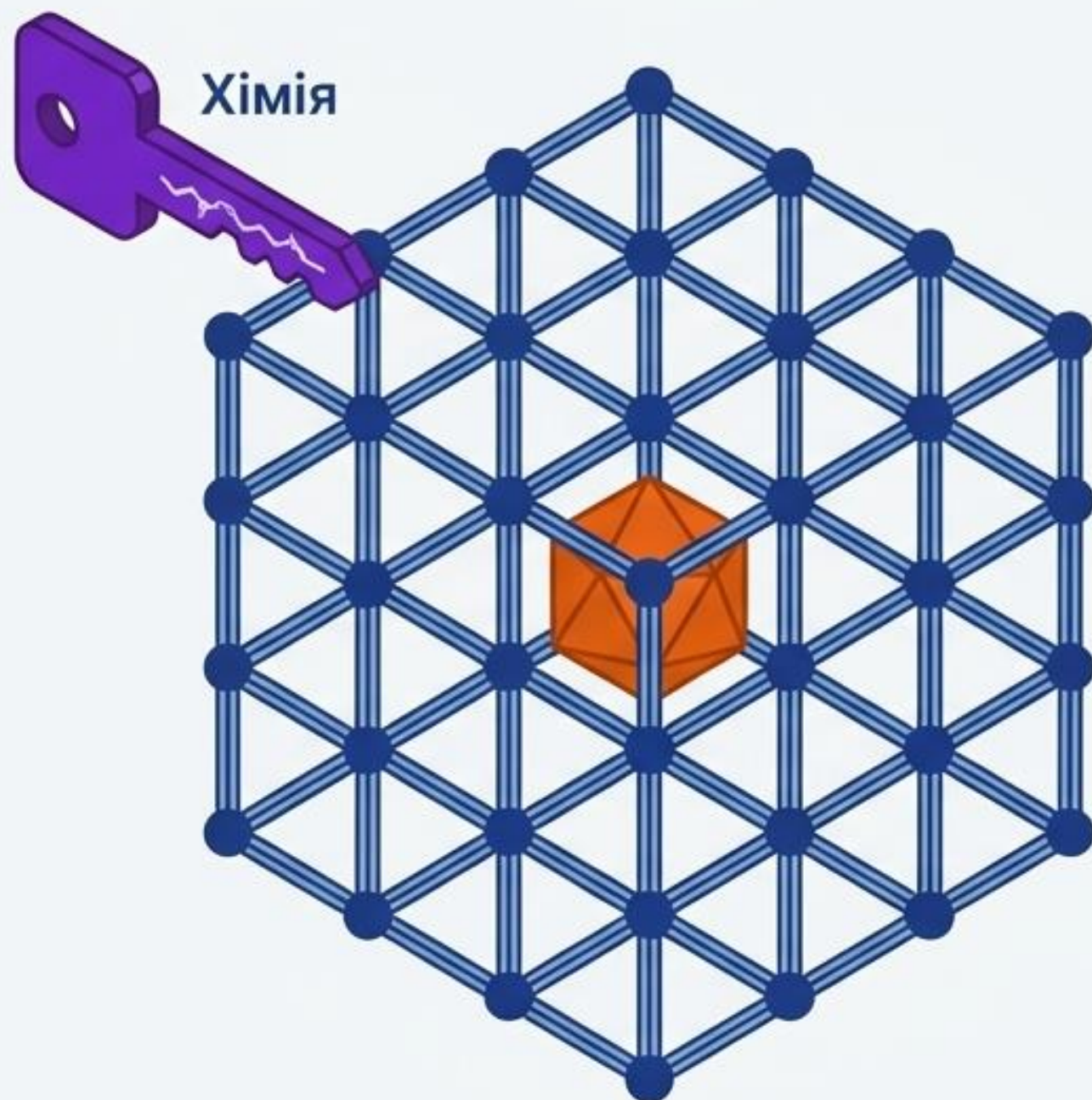
Контрольований бар'єр для рідких промислових потоків, який пропускає одні компоненти і затримує інші залежно від розміру.

Питання до аудиторії

Чи можна поставити мембрану на будь-який брудний потік?

Ні. Це не чарівний фільтр. Завислі частинки та органічні речовини миттєво забруднюють поверхню. Мембрани вимагають якісної попередньої підготовки потоку.

Коли фізичного розділення недостатньо



Метал є частиною кристалічної структури мінералу. Його фізично неможливо відокремити без зміни хімічної форми речовини.

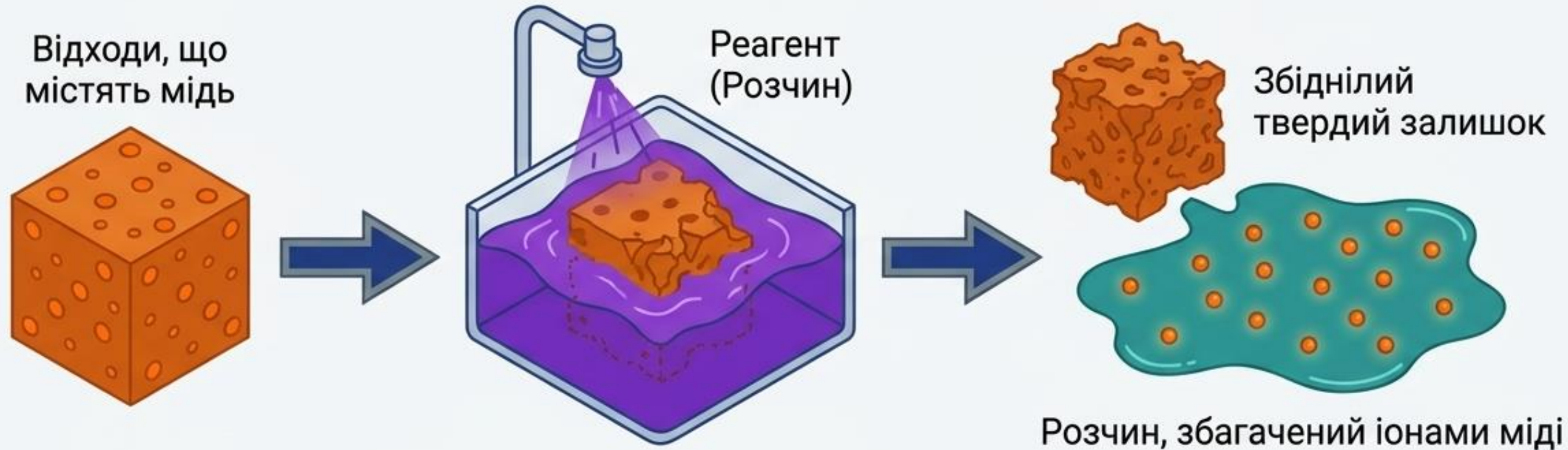
Перевага:

Дозволяють вилучати компоненти з найскладніших матеріалів.

Недоліки:

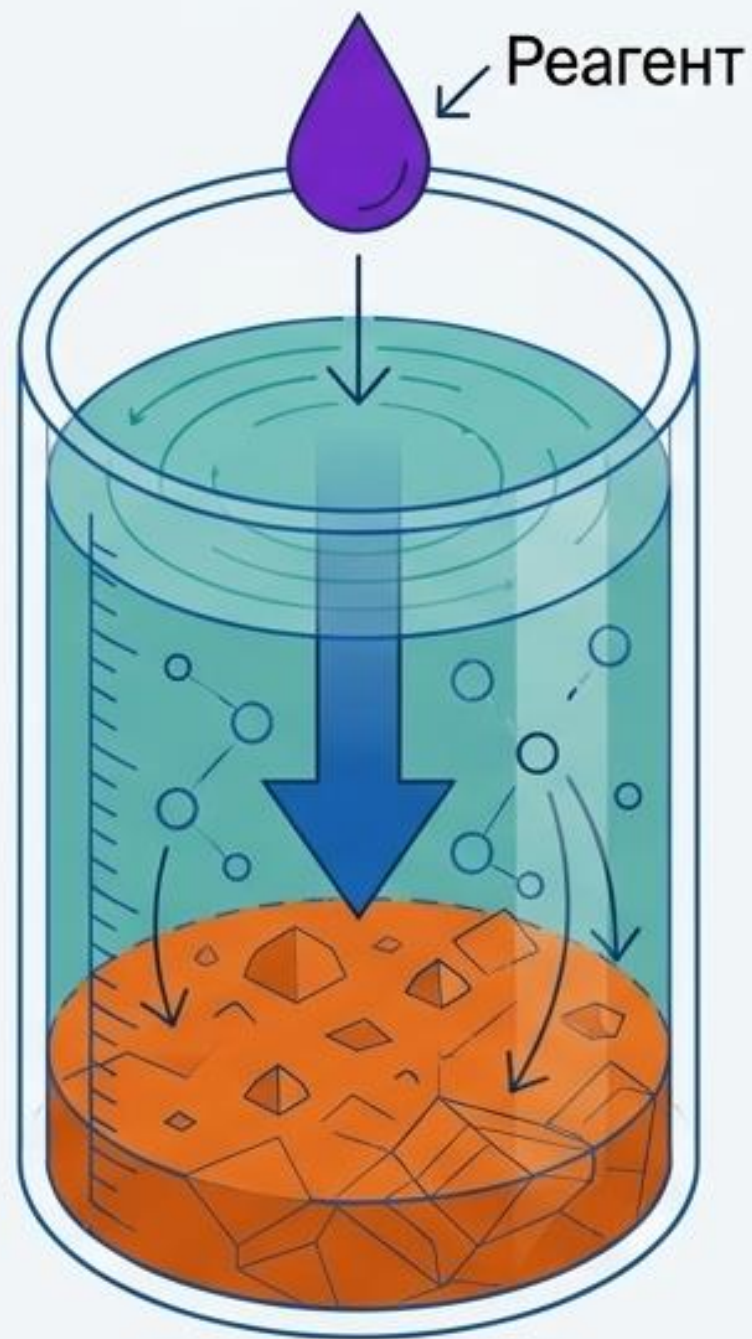
Процеси дорогі, потребують реагентів, жорсткого контролю (температура, рН, час) та обов'язкового очищення утворених нових потоків.

Вилуговування (Перехід у розчин)



Опис процесу	Перевага	⚠ Ризик
Найтиповіший приклад хімічного вилучення. Переведення цільового компонента (наприклад, міді) із твердого матеріалу в рідину через контакт із розчином.	Дозволяє працювати з розчином замість величезної твердої маси.	У розчин не має переходити забагато домішок. Інакше складний твердий відхід просто перетвориться на складний забруднений розчин.

Осадження з розчину



Виклик:

Як забрати розчинений компонент назад у тверду форму?

Рішення:

Змінити кислотність (pH) або додати реагент, щоб речовина перестала бути розчинною і випала в осад. Відділений осад = концентрований продукт.

Примітка інженера:

У реальному розчині присутні кілька різних металів. Умови процесу підбирають ювелірно, щоб уникнути одночасного осадження всіх металів у нову суміш.

Нейтралізація та зміна хімічної форми

Переробка відходу — це не завжди про отримання прибутку. Часто головне завдання — зменшити небезпеку.



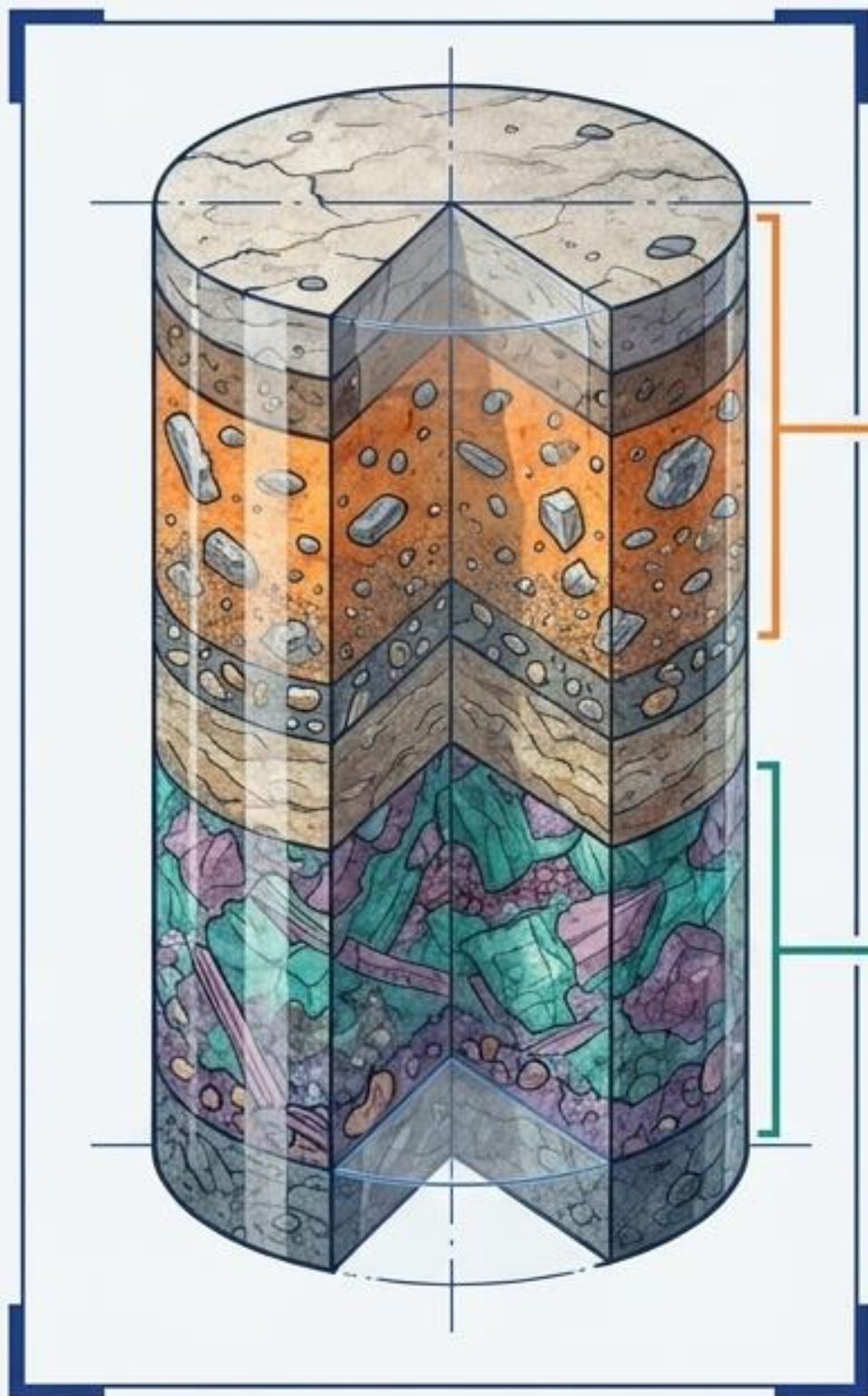
Нейтралізація:

Обробка сильно кислих технологічних розчинів перед подальшим поводженням.

Стабілізація:

Переведення небезпечної форми елемента у менш рухому або менш токсичну форму для безпечного видалення.

Чому технології поєднують



Вільні частинки металу



Хімічно зв'язаний метал у мінералі

- Один і той самий елемент у межах одного відходу може знаходитися у абсолютно різних формах. Одна технологія ніколи не вирішує всю задачу.

Golden Rule

Схеми будують послідовно. Спочатку — найпростіший і найдешевший спосіб. На складнішу обробку йде лише те, що не вдалося відокремити простіше.

Як виглядає комбінована технологія



Економічне обґрунтування

Ми не використовуємо дорогі реагенти на весь обсяг відходу.

Маса потоку поступово зменшується.



**Комбінована технологія є не лише технічно ефективнішою,
а й економічно єдино доцільною.**

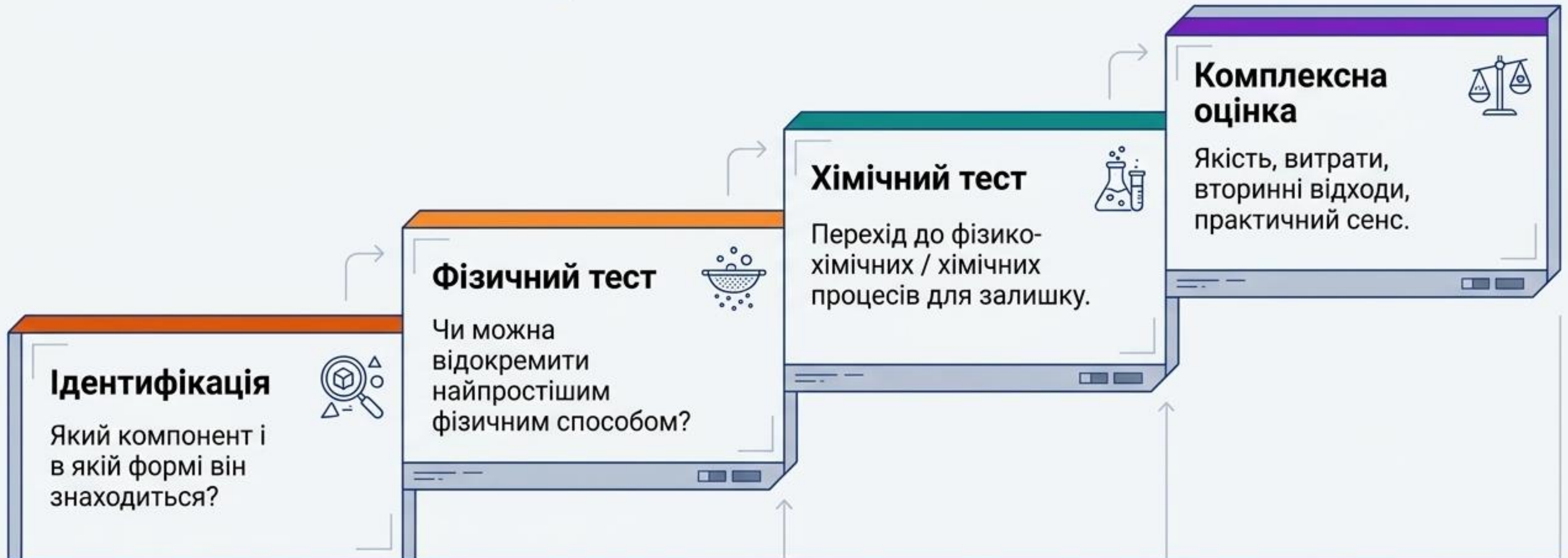
Що означає «ефективна технологія»



Вилучення майже всього потрібного компонента не робить технологію автоматично хорошою. Інша технологія з меншим відсотком вилучення, але без величезних витрат реагентів і вторинних відходів, може бути кращою.

Ефективність розглядають комплексно:
Скільки продукту отримано
VS
Скільки ресурсів витрачено
VS
Яку нову екологічну проблему створено.

Як приймається технологічне рішення



Немає одного «найкращого» методу. Найкращим є той, який відповідає складу відходу, дає результат і не створює більшу проблему, ніж та, яку ми намагалися вирішити.