

# Зелена хімія (Green Chemistry)

Напрямки і перспективи розвитку



«Зелена хімія - це відкриття, розробка і застосування хімічних продуктів і процесів, що зменшують або виключають використання і утворення шкідливих речовин».

## **ВИЗНАЧЕННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ХІМІЇ, ПРИЙНЯТЕ ІЮПАК**



## Зелена хімія (Green Chemistry)

- Як науковий напрямок, виникло в 90-і роки ХХ століття.
- Нові схеми хімічних реакцій і процесів, які розробляються в багатьох лабораторіях світу, покликані кардинально **скоротити вплив на навколишнє середовище великотоннажних хімічних виробництв**



# Зелена хімія – хімія , що наближається до хімічних процесів у природі

- Це хімічні процеси, які здійснюються в умовах сприятливих для навколишнього середовища
- процеси окислення, в яких окислювачем служить кисень повітря;
- процеси де в якості розчинника використовується вода; або замість органічних і мінеральних кислот ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$  і т.п.) застосовується двоокис вуглецю.



## Стратегія

- вдумливий відбір вихідних матеріалів і схем процесів, який взагалі виключає використання шкідливих речовин.
- не просто отримати потрібну речовину, а отримати його таким шляхом, який, в ідеалі, не шкодить навколишньому середовищу на всіх стадіях свого отримання.

Використання принципів Зеленої хімії призводить до

- зниження витрат на виробництво
- економії енергії



# Основні відмінності

## Екологічна хімія

**Хімія навколишнього середовища**  
– розділ хімії, що вивчає хімічні перетворення, що відбуваються в навколишньому природному середовищі.

вивчає джерела, поширення, стійкість і вплив хімічних забруднювачів;

### Задачі:

1. Знищувати забруднювачі, що надійшли в навколишнє середовище
2. Обмежувати їх поширення, якщо вони локальні

## Зелена хімія

- Розробка нових схем хімічних реакцій і процесів, покликаних кардинально скоротити вплив на навколишнє середовище великотоннажних хімічних виробництв.

### Задачі:

Припинити їх виробництво - шляхом заміни існуючих способів отримання хімічних продуктів на нові.



# Дванадцять принципів зеленої хімії

В 1998 П. Т. Анастас і Дж. С. Уорнер у своїй книзі "Зелена хімія: теорія і практика" сформулювали дванадцять принципів "Зеленої хімії", якими слід керуватися дослідникам, що працюють у цій галузі:

1. **Краще запобігти втратам, ніж переробляти і чистити залишки.**
2. **Методи синтезу треба вибирати таким чином, щоб всі матеріали, використані в процесі, були максимально переведені в кінцевий продукт.**
3. **Методи синтезу по можливості слід вибирати так, щоб використовувані і синтезовані речовини були як можна менш шкідливими для людини і навколишнього середовища.**
4. **Створюючи нові хімічні продукти, треба намагатися зберегти ефективність роботи, досягнуту раніше, при цьому токсичність повинна зменшуватися.**

# Дванадцять принципів зеленої хімії

5. Допоміжні речовини при виробництві, такі, як розчинники або розділяють агенти, краще не використовувати зовсім, а якщо це неможливо, їх використання має бути нешкідливим.
6. Обов'язково слід враховувати енергетичні витрати та їх вплив на навколишнє середовище і вартість продукту. Синтез по можливості треба проводити при температурі, близької до температури навколишнього середовища, і при атмосферному тиску.
7. Вихідні і необхідні матеріали повинні бути відновлюваними у всіх випадках, коли це технічно і економічно вигідно.
8. Де можливо, треба уникати отримання проміжних продуктів (блокуючих груп, приєднання і зняття захисту ).



# Дванадцять принципів зеленої хімії

9. Завжди слід віддавати перевагу каталітичним процесам (по можливості найбільш селективним).
  10. Хімічний продукт повинен бути таким, щоб після його використання він не залишався в навколишньому середовищі, а розкладався на безпечні продукти.
  11. Потрібно розвивати аналітичні методики, щоб можна було стежити в реальному часі за утворенням небезпечних продуктів.
  12. Речовини і форми речовин, що використовуються в хімічних процесах, потрібно вибирати таким чином, щоб ризик хімічної небезпеки, включаючи виток, вибух і пожежа, були мінімальними.
- Є. С. Локтева та В. В. Лунін додали до цього списку додатковий, 13-й принцип:
13. Якщо ви робите все так, як звикли, то і отримаєте те, що зазвичай отримуєте.

# Шляхи розвитку зеленої хімії

## Нові шляхи синтезу

- реакції з застосуванням каталізатора;
- фотохімія,
- мікрохвильове випромінювання

## Відновлювані джерела сировини та енергії

- використання біомаси замість нафти;
- біотехнологія

## Заміна традиційних органічних розчинників.

- використання надкритичних рідин (в основному, вуглекислий газ і вода)
- використання іонних рідин

# Напрямки зеленої хімії

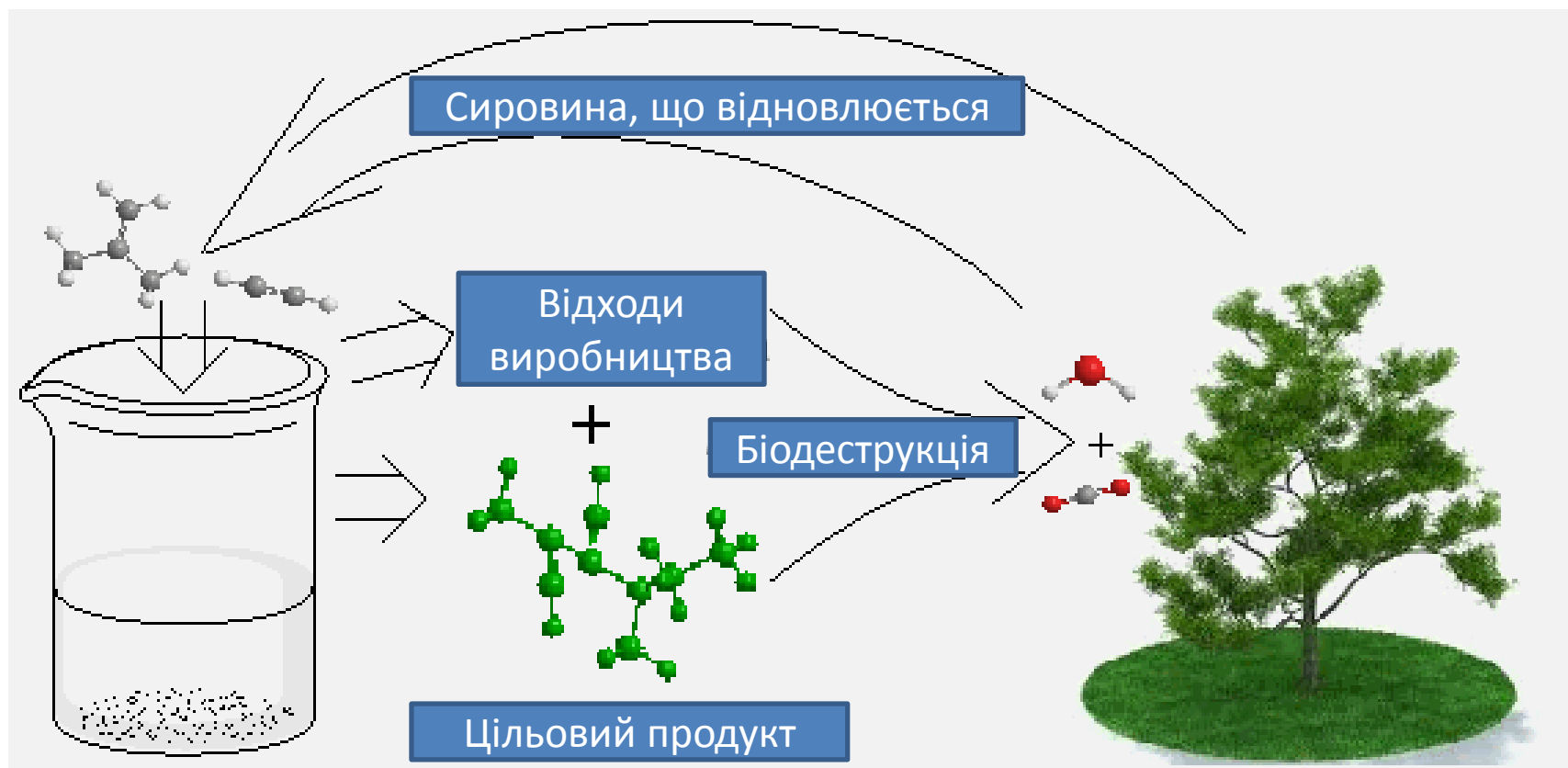
Зниження екологічної небезпеки існуючих процесів

**переробка, утилізація, знищення екологічно небезпечних побічних і відпрацьованих продуктів хімічної**

Розробка нових хімічних процесів

**зовсім без екологічно небезпечних продуктів (у тому числі побічних) або звести їх використання і виділення до мінімуму**

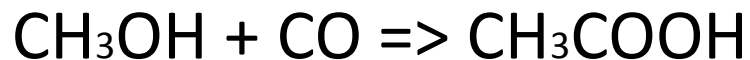
# Схема отримання та перетворення продуктів, що відповідають принципам "зеленої" хімії



# Основні напрями зеленої хімії

## Нові шляхи синтезу

Найбільш поширений - **використання каталізатора, який знижує енергетичний бар'єр реакції**. Деякі з новітніх каталітичних процесів мають дуже високу атомної ефективністю. Так, наприклад, процес синтезу оцтової кислоти з метанолу та СО на родієвому каталізаторі, розроблений фірмою Монсанто, протікає з 100% виходом:



- Інший напрямок - **використання локальних джерел енергії для активації молекул ( фотохімія, мікрохвильове випромінювання), що дозволяють знизити витрати енергії.**



# Основні напрями зеленої хімії

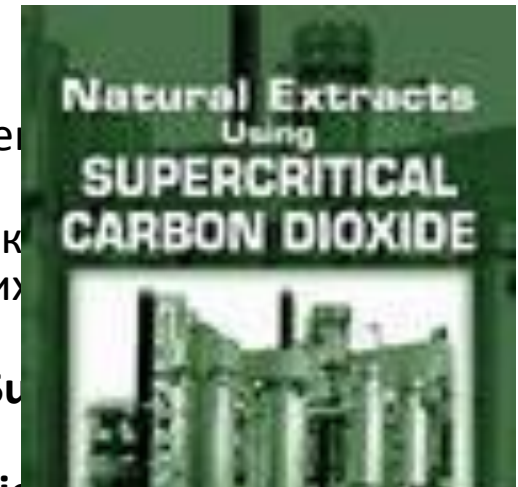
## Заміна традиційних органічних розчинників

1. **Використання надкритичних рідин** (в основному, вуглекислий діоксид меншою мірою - аміак, етан, пропан і ін)

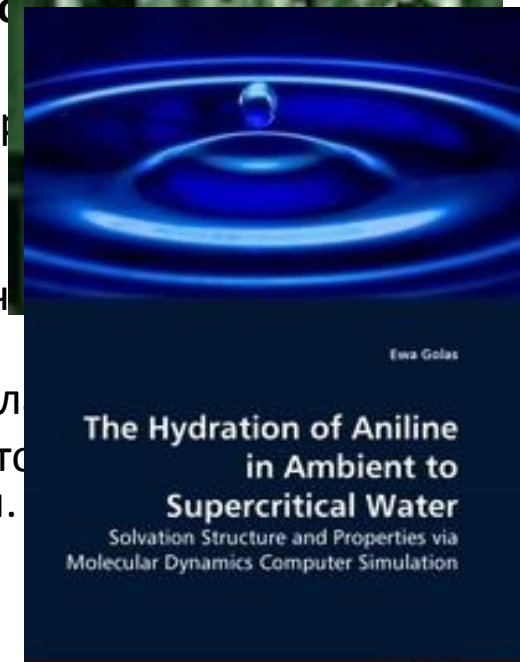
Надкритичний CO<sub>2</sub> застосовується в якості нешкідливого, екологічного розчинника - наприклад, для екстракції кофеїну з кавових зерен і як розчинник для деяких хімічних реакцій.

Реакції окислення, що протікають в надкритичній воді (**en: Supercritical water oxidation**)

Реакції, що протікають в водній емульсії (**en: On water reactions**)



WASTE	SCWO REACTANTS		SCWO PRODUCTS
Cellulose	$C_6H_{10}O_5 + 6O_2$	→	$6CO_2 + 5H_2O$
Methane	$CH_4 + 2O_2$	→	$CO_2 + 2H_2O$
Benzene	$C_6H_6 + 7.5 O_2$	→	$6 CO_2 + 3 H_2O$
Dioxin (PCDD)	$Cl_2-C_6H_2-O_2-C_6H_2-Cl_2 + 11 O_2$	→	$12 CO_2 + 4 HCl$
Chloroform	$CHCl_3 + 0.5 O_2 + H_2O$	→	$CO_2 + 3 HCl$
TNT	$CH_3-C_6H_2-(NO_2)_3 + 5.25 O_2$	→	$7 CO_2 + 2.5 H_2O + 1.5 N_2$
Ferrous Chloride	$FeCl_2 + 0.25 O_2 + H_2O$	→	$0.5 Fe_2O_3 + 2 HCl$
Nerve Agent HD	$Cl-C_2H_4-S-C_2H_4-Cl + 7 O_2$	→	$4 CO_2 + 2 H_2O + 2 HCl + H_2SO_4$



# Основні напрями зеленої хімії

*Selaginella*

**Xylem cell:**  
with a rigid woody wall and no ends.  
Many of these cells in a row form a pipe for water conduction.

**Xylem:** the tissue that conducts water from roots to leaves.

The components of the rigid cell wall in xylem:

**Lignin:** about 25% of the material in the plant cell wall. Hard to process and cannot be fermented into alternative fuel.

**Cellulose:** material that can be degraded into fermentable sugars which can be converted into biofuel.





# Основні напрями зеленої хімії

## Біотехнологія

- Біоінженерія також розглядається в якості перспективної техніки для досягнення цілей Зеленої хімії. Ряд промислово важливих хімічних сполук можуть бути синтезовані з високими виходами за допомогою біологічних агентів (мікроорганізмів, вірусів, трансгенних рослин і тварин).

