

## **«Зелена» хімія: сучасні завдання перед хімічною наукою та хімічною технологією**

**Зелена хімія** (*Green Chemistry*) - науковий напрямок в хімії, до якого можна віднести будь-яке вдосконалення хімічних процесів, що позитивно впливає на навколишнє середовище. Як науковий напрямок, виникло в 90-і роки XX століття.

Послідовне використання принципів *Зеленої хімії* призводить до зниження витрат на виробництво, хоча б тому, що не потрібно вводити стадії знищення і переробки шкідливих побічних продуктів, використаних розчинників та інших відходів, - оскільки їх просто не утворюється. Скорочення числа стадій веде до економії енергії, і це теж позитивно позначається на екологічній та економічній оцінці виробництва.

В даний час *Зелена хімія* як новий науковий напрям має велику кількість прихильників

Останнім часом принципи *Зеленої хімії* дедалі більше підтримуються суспільством, про що свідчить багато фактів. Зокрема, 2005 року Нобелівську премію з хімії отримали Р. Граббс, Р. Шрок та І. Шовен за розвиток методу метатезису в органічному синтезі, який модифікує багато виробничих процесів під час обробки ненасичених сполук з урахуванням принципів *Зеленої хімії*. А від 1996 року в США запроваджено щорічну Президентську премію, якою нагороджують учених та корпорації, котрі втілюють у хімічні технології принципи *Зеленої хімії*.



## Атомна економіка

Із цих принципів, «атомна економіка» була запропонована американським хіміком Баррі Тростом у 1973 році та стала основною концепцією серед усіх дослідників даної галузі хімії. За основному мету атомна економіка ставила подолати обмеження традиційної «дохідності», кількості кінцевої продукції, що застосовувалась при розрахунку ефективності реакцій. Наприклад, для розрахунку врожаю, хіміки розглядали ефективність та суму лиш основного хімічного продукту, що вони вибирали («цільові молекули»), а не побічні речовини, що можуть нести в своєму складі небезпечні речовини. Атомна економіка враховує усі компоненти та реагенти реакцій, тим самим забезпечивши надійний показник того, чи утворюються в процесі реакції небезпечні речовини, тобто забруднювачі. Зелена хімія доказала, що зменшити кількість забруднення можливо при використанні атомної економіки, в основі якої покладені такі процеси, як гідрогенізація, метатезис та циклоприєднання.

### Дванадцять принципів зеленої хімії

В 1998 П. Т. Анастас і Дж. С. Уорнер у своїй книзі "Зелена хімія: теорія і практика" <sup>[1]</sup> 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.
- 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 і т. д.).
- 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 витоку, 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.

**Як дотримуватися принципів зеленої хімії?**

Принципи Зеленої хімії тільки починають ставати складовою нашого життя. Людство робить лише перші кроки в цьому напрямку, хоча певні досягнення вже існують.

Принципам Зеленої хімії відповідає одержання й використання біодизелю та біоетанолу, про що ви дізналися минулого навчального року. Це зменшує споживання (спалювання) викопного палива. А кількість утвореного вуглекислого газу внаслідок спалювання рослинного пального фактично дорівнює тій кількості CO<sub>2</sub>, яку поглинули рослини з повітря в процесі фотосинтезу.

Наукова спільнота закликає людство взагалі відмовитися від спалювання нафтопродуктів. Відомо, що сьогодні лише 5 % сирової нафти використовують для виробництва синтетичних хімічних речовин, більша частина йде на пальне. Нафтову сировину необхідно використовувати винятково для синтетичної хімії, а спалювати біопальне, синтезоване з біомаси

Останнім часом деякі хімічні компанії відмовляються від використання «класичних» органічних розчинників: дихлороетану, хлороформу, бензену тощо. Сьогодні проводять наукові дослідження щодо заміни їх безпечними речовинами в надкритичному стані, коли за певних умов (тиск і температура) — у так званій потрійній точці — речовини переходять у надкритичний стан, де поєднуються властивості рідини та газу. Наприклад, вода і вуглекислий газ у надкритичному стані є дуже ефективними розчинниками, не гіршими за традиційні неполярні органічні розчинники.

У Центрі каталізу в м. Аахен (Німеччина) розробляють технологію використання вуглекислого газу, який виділяється на теплових електростанціях під час спалювання вуглеводневого палива, для синтезу багатоатомних спиртів. Знизити викиди вуглекислого газу в такий спосіб не вдасться (не більш ніж на 1 %).

Але ця технологія дозволяє на 15 % знизити обсяги використання органічної сировини, необхідної для виробництва багатоатомних спиртів.

Сьогодні в наукових лабораторіях розробляють способи модернізації технологій із метою «озеленити» хімічні виробництва. Але засновники Зеленої хімії закликають змінити саму філософію підходу до модернізації виробництва. Як аргумент вони наводять той факт, що більшість хімічних засобів покупці обирають не заради їх хімічної формули, а заради корисного ефекту від них. Наприклад, мийні засоби люди купують для миття посуду, і краще продається той засіб, що миє краще, а не той, у якого «унікальний» хімічний склад.

Отже, відповідно до принципів Зеленої хімії, насамперед необхідно думати про кінцевий результат, а не про певні речовини. Наприклад, можна створювати суперефективні мийні засоби для видалення нагару зі сковорідки з хитромудрою формулою чи привабливим запахом. А можна покрити сковорідки антипригарним покриттям, щоб цей нагар не утворювався. Якщо до хімічної промисловості застосовувати такий підхід, тоді Зелена хімія вийде на новий рівень розвитку і стане невід'ємною частиною нашого життя.