

Що таке «зелена хімія»?

Минуло майже чверть століття з моменту створення цікавого, оригінального та дуже важливого для збереження довкілля й, відповідно, здоров'я людей напряму розвитку хімічних виробництв під назвою «зелена хімія». Що ж являє собою це започаткування, наскільки воно є поширеним та які у нього перспективи за умов нинішніх глобальних світових змін?

НАРОДЖЕННЯ НОВОЇ ФІЛОСОФІЇ

На початку 90-х років минулого століття з ініціативи адміністрації президента США Б. Клінтона відділ з токсикології та запобігання забрудненню Агенції США з охорони навколишнього середовища (*U.S. EPA Office of Pollution Prevention and Toxics*) організував заходи щодо поєднання розробок цієї Агенції з технологіями стійкого розвитку, що обумовило виникнення поняття «зелена хімія», яке є, по суті, своєрідною філософією. На відміну від більшості національних та міжнародних програм, спрямованих на вирішення проблем боротьби з існуючим забрудненням довкілля, «зелена хімія» робить унікальний акцент на попередженні цих забруднень на початкових стадіях планування та здійснення хімічних процесів.

Абсолютно новим кроком, зробленим «зеленою хімією», можна вважати те, що у рівнянні «ризик = небезпека Ч експозиція» було запропоновано знизити ризик за рахунок зменшення небезпеки, а не тривалості її дії, іншими словами, зробити більш безпечними реактиви та процеси. Звідси народилося формальне визначення «зеленої хімії»: «Спосіб одержання хімічних речовин, що зменшує або виключає використання й виробництво небезпечних сполук».

Однією із важливих інновацій «зеленої хімії» став Е-фактор — співвідношення «побічні продукти/кінцевий продукт». Цей фактор, що був введений професором біокаталізу та органічної хімії Роджером Шелдоном з Технологічного університету Делфта (Нідерланди), характеризує кількість втрат на 1 кг цільового продукту, дозволяє порівнювати між собою технології виробництва хімічних речовин, а також відіграє важливу роль у приверненні уваги світової хімічної



БАГАТО З ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ У РОЗВИНЕНИХ КРАЇНАХ ПОЗИТИВНО СПРИЙНЯЛИ ЗАПРОПОНОВАНИЙ НОВИЙ ПІДХІД Й НЕВДОВЗІ ДОСЯГЛИ ПЕВНИХ УСПІХІВ У ПІДВИЩЕННІ БЕЗПЕКИ СВОЇХ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

промисловості, зокрема фармацевтичної, до проблеми відходів.

У чому ж полягає різниця між наукою про навколишнє середовище й «зеленою хімією»? Обидва ці напрями спрямовані на пошук шляхів, які зроблять наш світ кращим. Вони є взаємопов'язаними, однак перша з них встановлює джерела забруднень, пояснює механізми й оцінює проблеми довкілля, у той час як друга — шукає шляхи вирішення цих проблем, вказуючи багатьом галузям науки й промисловості на ті напрями розвитку, які сприятимуть створенню процесів без застосування токсичних сполук і без побічних продуктів, що попередить забруднення довкілля. «Зелену хімію» слід скоріше розглядати як новий спосіб мислення хіміків, а не як нову галузь хімії.

ВИНАГОРОДИ ЗА ІННОВАЦІЙНІ ВИРІШЕННЯ

У 1998 р. П. Анастас та Дж. Уорнер у книзі «Зелена хімія: теорія та практика» [1] сформулювали 12 принципів «зеленої хімії», суть яких зводиться до рекомендацій науковцям, промисловцям та представникам державних органів щодо спрямування їхньої діяльності на зменшення або відмови від використання небезпечних матеріалів та хімічних процесів.

Ці 12 принципів, завдяки своїй актуальності, користі та конкретності, зробили певний внесок у розширення та становлення нової філософії.

Багато з промислових підприємств у розвинених країнах позитивно сприйняли запропонований новий підхід й недовзі досягли певних успіхів у підвищенні безпеки своїх хімічних виробництв. Не дивно, що серед таких підприємств були й фармацевтич-

ні, адже, по суті, вони теж є типовими хімічними заводами, де для одержання кінцевого продукту в більшості випадків використовують багатоступеневі хімічні реакції. Так, наприклад, всесвітньо відома фірма Pfizer розробила нову технологію виробництва силденафілцитрату. Якщо стара технологія одержання цього цільового продукту потребувала 1300 л розчинника, що містив хлор, то нова — всього 6,5 л безпечного розчинника. У результаті зазначений вище Е-фактор такого виробництва понизився зі 105 до 6, а сам фармацевтичний велетень отримав премію із «зеленої хімії» від уряду Великобританії [2].

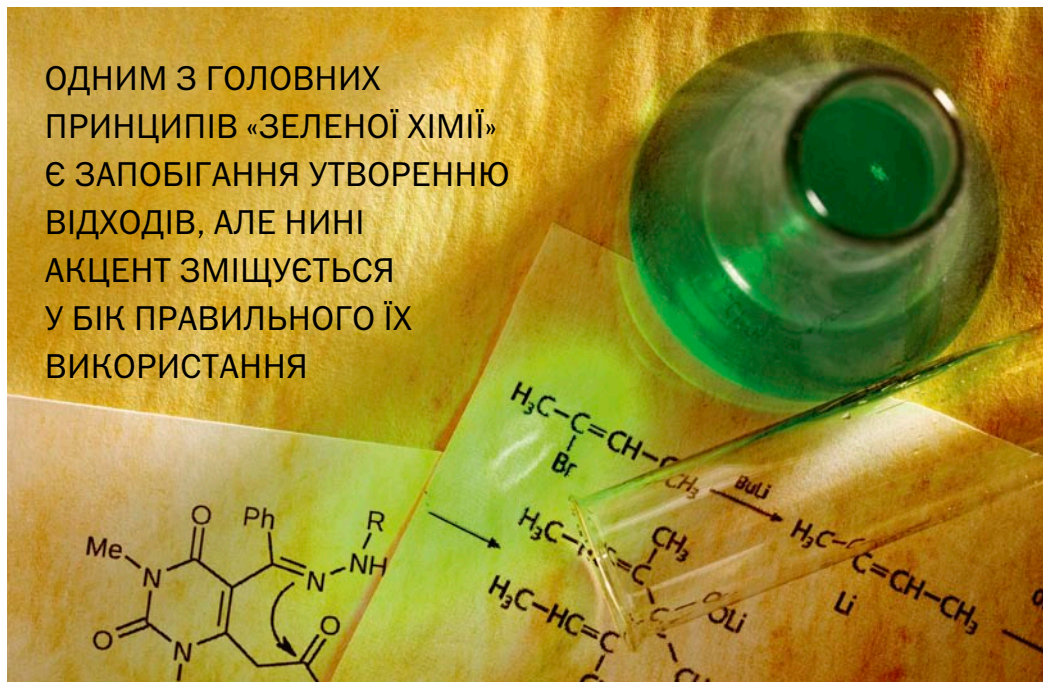
У світі існують й інші премії з «зеленої хімії», що безумовно свідчить про неабияку увагу до цього напрямку. Зокрема, премію президента США вже кілька років поспіль присуджують за інноваційні рішення, які враховують інтереси довкілля. З'явилися також нові журнали із солідним імпаکت-фактором («Green Chemistry», «ChemSusChem», «Green Chemistry Letters&Reviews»), регулярно проводяться науково-практичні конференції, присвячені впровадженню принципів «зеленої хімії» у найрізноманітніші сфери діяльності людини.

СВІТ ЗМІНЮЄТЬСЯ

Незважаючи на певні успіхи, вчені вважають, що нині погляд на «зелену хімію» має дещо змінитися, адже за останню чверть століття світ також помітно змінився. Так, наприклад, виробництво величезного асортименту товарів перемістилося з Європи та США до Китаю і країн Азії. Все менше залишається корисних копалин, нафти, металів тощо, і це відбувається на фоні збільшення населення планети. Отже, потреби зростають, а ресурси зменшуються, й за цих умов хімічна промисловість має забезпечити світ необхідними продуктами виробництва, й зробити це, виключивши небезпечні компоненти, не виробляючи небезпечних відходів й не завдаючи шкоди довкіллю. Поки що ніхто не знає, як розв'язати цю надскладну задачу, але ми мусимо її вирішувати, якщо хочемо, аби зичине для нас суспільство продовжувало існувати. Для одних рішень достатнім буде модернізувати або адаптувати існуючі технології, а також ті, що перебувають на стадії розробки, для інших — потрібні відкриття або принципово нові технології.

На думку вчених, найперспективнішим напрямом розвитку «зеленої хімії» є виробництво багатьох хімічних речовин не з нафти, а з поновлювальною сировини. Ця тема є надзвичайно цікавою для африканських країн, адже там досі залишається

ОДИМ З ГОЛОВНИХ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ» Є ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ ВІДХОДІВ, АЛЕ НИНІ АКЦЕНТ ЗМІЩУЄТЬСЯ У БІК ПРАВИЛЬНОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ



нерозвиненою хімічною промисловістю, й її розвиток, за відсутності нафти та з урахуванням місцевих кліматичних умов, звичайно буде пов'язаним із застосуванням рослинної сировини та сонячної енергії. Так, наприклад, 2010 р. в Аддис-Абебі відбувся перший Африканський конгрес із «зеленої хімії» за участі понад 300 учасників з Африки та Європи, на якому було відзначено значну зацікавленість у «зеленому» виробництві [2].

АКЦЕНТИ ЗМІЩУЮТЬСЯ

Одним з головних принципів «зеленої хімії» є запобігання утворенню відходів, але нині акцент зміщується у бік правильного їх використання, адже деякі з відходів немінуче утворюються. Перш за все йдеться про сільськогосподарську біомасу, тобто органічні відходи, що залишаються після того як з рослин вилучили все те, заради чого їх виростили. Цю біомасу, так само як і тверді побутові відходи, можна перетворювати у найрізноманітніші хімічні продукти. Зрозуміло, що зазначену проблему мають вирішувати не лише хіміки, але й біологи, технологи та представники багатьох інших спеціальностей.

Сільськогосподарських відходів багато й вони різні, але їх можна поєднати у чотири великі групи за типом сировини, яку з них можна отримати: полісахариди, лігнін, тригліцериди (з жирів та масел), білки. На жаль, ефективної технології розщеплення лігніну на корисні ароматичні фрагменти досі не існує. Проте подальша обробка полісахаридів, тригліцеридів та білків дозволяє отримати ті складові блоки, з яких вони побудовані, — моносахариди, жирні кислоти, гліцерин та амінокислоти [3].

ПРОСТІР ДЛЯ ТВОРЧОСТІ

Нині доведено, що екологічно сприятливі альтернативи технологіям є також економічно вигіднішими та функціональнішими, ніж їхні токсичні аналоги. Коли небезпечні матеріали виводять з виробництва, всі витрати, пов'язані з цими сполуками, також відповідають, що сприяє значному здешевленню обробки матеріалів, їх транспортуванню та утилізації. При цьому зникають загроза отруєнь та захворювань людей на різних ділянках виробництва й, відповідно, необхідність витрат на лікування та реабілітацію постраждалих. Якщо існує вибір між традиційним й «зеленим» вирішенням проблем будь-якого хімічного виробництва, то пріоритети останнього є очевидними. На жаль, поки що створено не так багато технологій, які повністю відповідали б вимогам «зеленої хімії», але тут приховано величезні невикористані можливості для винахідницького розуму представників різноманітних галузей промисловості, у тому числі, як було зазначено вище, не в останню чергу й фармацевтичної.

Підготував
Руслан Примака, канд. хім. наук

Література

1. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. — New York: Oxford University Press, 1998.
2. Bourne R.A., Poliakov M. Green chemistry: what is the way forward? // Mendeleeve communication. — 2011; Vol. 21: 235–238.
3. Tuck C.O., Perez E., Horvath I.T. et al. Valorization of Biomass: deriving more value from waste // Science. — 2012; Vol. 337, 6095: 695–699.