

ЯК НАРОДЖУЮТЬСЯ ВІДКРИТТЯ

Науку хімію створювали люди наснажені, одержимі – спочатку алхіміки, згодом – лікарі та аптекарі, нарешті, власне хіміки. Вони щиро вірили у своє покликання і не шкодували сил, здоров'я, а часом – і життя в ім'я істини, прагнули відкрити двері в незвідане, щоб одержати нові хімічні речовини і матеріали, конче потрібні людям. Простежити шлях їхніх пошуків, дізнатися про незвичайні подорожі їх життя – не тільки цікаво, а й повчально. Коротенькі розповіді, що розкривають деякі секрети з лабораторії творчості всесвітньо відомих хіміків, – у добірці члена-кореспондента НАН України, заступника директора Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України Г.О. КОВТУНА.

РОЛЬ ЩАСЛИВОЇ ВИПАДКОВОСТІ

Світовій науці відомо чимало випадків, коли наукові відкриття були зроблені в результаті щасливого збігу обставин. Наведемо три приклади з історії створення органічних барвників, хоча таких епізодів набагато більше, вони дбайливо описані біографіями вчених-хіміків зі світовою славою.

1856 року англійський хімік-органік Вільям Генрі Перкін-старший (1838–1907) намагався, за ідеєю свого авторитетного вчителя Августа Вільгельма Гофмана (1818–1892), синтезувати із кам'яновугільної смоли протималарійний препарат – *хінін* (майбутньому великому хімікові тоді було тільки 18!). Ліки не одержав, зате при окисненні неочищеного аніліну біхроматом калію утворилася червоно-фіолетова речовина – барвник *мовейн*. Перкіну поталанило двічі: *по-перше*, він

зробив відкриття, скориставшись хибною ідеєю свого вчителя щодо методики одержання хініну, а *по-друге*, у його розпорядженні був анілін із домішкою толуїдинів (метилзаміщених анілінів), необхідних для утворення барвника.

Цікавий випадок трапився з німецьким хіміком-органіком Генріхом Каро (1834–1910), коли він займався утилізацією побічного продукту – антрахінону, накопиченого на складах відомої і сьогодні фірми BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik). У пошуках розв'язання цієї проблеми Каро змішав антрахінон із щавлевою і сірчаною кислотами, відтак нагрів цю суміш. Однак щавлева кислота розкладалася, так і не встигнувши вступити в реакцію. З якоїсь причини Каро вийшов з хімічної лабораторії, забувши вимкнути пальник. Коли він повернувся, то побачив серед вуглеподібних

залишків реакційної суміші рожевий сплав, який і виявився *алізарином*. Так було відкрито один із способів одержання цього важливого для тих часів барвника.

Тривалий час не вдавалося налагодити синтетичне виробництво ще одного барвника – *індиго*. Над цим питанням мудрувало багато фахівців, але найзначнішим був внесок німецького хіміка-органіка, нобелівського лауреата Адольфа Йоганна фон Байера (1835–1917). Майже два десятиліття він присвятив з'ясуванню структури і пошуку шляхів синтезу індиго, а ще 15 років знадобилося для розробки технології промислового виробництва барвника. Його колега Карл Хейнман запропонував семистадійний спосіб одержання індиго. Однак перебіг першої стадії – окиснення нафталіну – був повільним і з низьким виходом продукту. І тут знову допоміг щасли-

вий випадок. Якось під час експерименту розбився лабораторний термометр, ртуть потрапила до реакційної суміші. І нафталин майже миттєво і з високим виходом

окиснився до цільового продукту — фталевої кислоти. Причиною була каталітична дія сульфату ртуті, що утворився при взаємодії ртуті з гарячою сірчаною кислотою.

Хімія — наука, яка заснована на експериментальному досвіді. Тож і щасливі випадковості відіграють істотну роль у творенні нових хімічних речовин.

ВИМУШЕНИЙ ПОШУК

Історія хімії знає чимало прикладів, коли гостра практична потреба народжувала відкриття, нові оригінальні підходи до розв'язання життєво важливих проблем. Так, у передвоєнній Німеччині, позбавленій доступу до нафтових джерел, назрівав тотальний дефіцит палива, необхідного для функціонування потужної військової техніки. Маючи у своєму розпорядженні значні запаси кам'яного вугілля, Німеччина була змушена шукати шляхи його перетворення на рідке паливо. Цю проблему успішно розв'язала група талановитих хіміків, з яких насамперед слід згадати Франца Фішера, директора Інституту кайзера Вільгельма з вивчення вугілля.

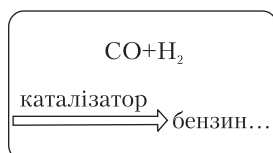
У 1926 році була опублікована праця Ф. Фішера і Г. Тропша «Про прямиий синтез нафтових вуглеводнів за звичайного тиску». У ній повідомлялося, що за умов відновлення воднем монооксиду вуглецю при атмосферному тиску і температурі 270°C у присутності різних каталізаторів (залізо — оксид цинку або кобальт — оксид хрому) виходять рідкі й навіть тверді гомологи метану.

Так виник знаменитий синтез вуглеводнів з монооксиду вуглецю та водню, названий відтоді синтезом Фішера—Тропша. Суміш CO і H₂ у різних співвідношеннях, так званий синтез-газ, легко можна одержати як з вугілля, так і з будь-якої іншої вуглецевмісної сировини.

Слід зазначити, що до розробки синтезу Фішера—Тропша іс-

нував інший спосіб отримання рідкого палива — не із синтез-газу, а безпосередньо з вугілля прямою гідрогенізацією. У цій царині значних успіхів досяг також німецький хімік Ф. Бергіус, який у 1911 р. одержав з вугілля бензин. Задля справедливості підкреслимо, що синтез Фішера—Тропша виник не на порожньому місці — на той час існували наукові передумови, які базувалися на досягненнях органічної хімії та гетерогенного каталізу. Ще 1902 року французькі хіміки П. Сабатьє та Ж. Сандеран уперше одержали метан із CO і H₂. У 1908 р. наш славетний земляк — професор Харківського університету Єгор Іванович Орлов — відкрив, що, пропускаючи монооксид вуглецю і водню над каталізатором, який складається з нікелю і палладію, нанесених на вугілля, можна отримати етилен.

Виробництво штучного рідкого пального особливо інтенсифікувалося в роки Другої світової війни. Досить сказати, що синтетичне паливо майже повністю забезпечувало потреби Німеччини в авіаційному бензині. Після 1945 року, у зв'язку з бурхливим розвитком нафтовидобутку і падінням цін на нафту, відпала потреба у синтезі рідких палив із CO і H₂. Світ охопив нафтохімічний бум. Однак у 1973 р. вибухнула наф-



това криза: нафтодобувні країни ОПЕК (Організація країн — експортерів нафти — Organization of Petroleum Exporting Countries) різко підвищили ціни на сиру нафту. Світова спільнота змушена була усвідомити реальну загрозу виснаження дешевих і доступних нафтових ресурсів.

Енергетичний шок 70-х років відродив інтерес учених і промисловців до впровадження технологій використання сировини, яка була б альтернативною нафті. Тут перше місце, безперечно, належить вугіллю. Світові запаси вугілля величезні, вони, за різними оцінками, більш як у 50 разів перевершують нафтові ресурси, і їх може вистачити на сотні років. Немає жодних сумнівів, що в недалекому майбутньому використання синтез-газу відіграватиме ключову роль не тільки і не стільки у виробництві «вугільних» палив (тут важко поки що конкурувати з нафтовим паливом), а насамперед в органічному синтезі.

Нині у промислових масштабах за методом Фішера—Тропша одержують бензин, газойль і парафіни тільки у Південній Африці. На установках фірми «Sasol» виробляють на рік близько 5 млн тонн рідких вуглеводнів.

Про інтенсифікацію досліджень щодо хімічних синтезів на основі CO і H₂ свідчить, окрім іншого, різке зростання наукових публікацій, присвячених хімії одновуглецевих молекул (так звана C₁-хімія). Отже, ми стаємо свідками прийдешнього ренесансу в історії вуглехімії.

«МЕТОД НАУКОВОГО ТИКУ»

Пошук шляхів розв'язання будь-якої хімічної проблеми, коли ще немає потрібної наукової теорії і доводиться перебирати всі варіанти, хіміки жартома називають «методом наукового тикуну». Є у цього методу і солідніша назва — «скринінг» (від англ. screen — «просіювання»).

Історія хімії знає чимало кумедних випадків використання «методу тикуну». Ось що, наприклад, трапилося у Великій Британії за часів знаменитої королеви Вікторії (1837—1901). Тоді багато ірландців, за національною традицією, носили (носять і нині) фланелеві нічні сорочки. Оскільки житла у ті часи опалювали відкритими каменями, то це часто призводило до нещасних випадків: якщо хтось раптом задрімав дуже близько біля каміна, ворсиста тканина спалахувала. Ситуація була настільки серйозною, що влада погрожувала заборонити продаж фланелі, якщо не вдасться зробити її вогнетривкою.

Зацікавлені виробники тканини звернулися по допомогу до хіміків. Цю проблему розв'язав відомий англійський хімік-органік Вільям Генрі Перкін-старший (1838—1907), який здобув визнання ще у молодому віці, коли одержав один із перших синтетичних барвників — мовеїн. Він запропонував обробляти фланель нетоксичним водним розчином

хлориду олова SnCl_2 . Коли всюдишці кореспонденти газет запитали Перкіна, як йому вдалося знайти таке неординарне рішення, він посміхнувся і відповів: *«Це навіть дуже просто. Ви знаєте, що в мене велика і добре обладнана лабораторія з безліччю хімічних реактивів на полицях, які розставлені за алфавітом. Я ж розпочав пошуки з «А» і знайшов те, що й шукав, коли вже дійшов до «S» (SnCl_2 з англ. — stannous chloride)».*

Ось ще один приклад. На початку ХХ ст. відомий німецький хімік-органік, лікар-бактеріолог Пауль Ерліх (1854—1915) запропонував шукати шляхи створення нових лікарських препаратів цим же методом скринінгу. Суть його в тому, що широке коло різних хімічних сполук, зокрема вперше синтезованих, перевіряється за допомогою стандартних методик на біологічну активність: вважали, що рано чи пізно на «ситі» блисне самородок — речовина з необхідними медичними властивостями. П. Ерліх у пошуку ефективних ліків від сифілісу особисто синтезував 605 хімічних речовин, однак усі безрезультатно. І лише наступний — «препарат 606» (це був миш'якорганічний сальварсан) — мав потрібні властивості. П. Ерліх публічно переконував, що йому поталанило: *«Я цілком міг знайти те, що шукав, і після синтезу «препарату 6666»».*

Нині кількість синтетичних ліків обчислюється багатьма тисячами. Якщо перше видання популярного довідника М.Д. Машковського *«Лікарські засоби»* (1954) містило відомості про 556 препаратів, то вже чотирнадцяте (2000) — більш як про дві тисячі.

Пошук нових лікарських засобів сьогодні ведуть найбільші наукові центри світу. А метод скринінгу й дотепер не втратив свого значення, хоча він потребує дуже великих затрат праці і часу. За статистикою, новий фармацевтичний препарат одержують лише в одному випадку з десятків тисяч, якщо діяти методом проб і помилок. Але є й інший принцип, який веде до мети набагато швидше, — цілеспрямований синтез, що включає і накопичені за багато десятиліть знання, і власний досвід та інтуїцію дослідника. Досвідчений фахівець, глянувши на структурну формулу, з високою вірогідністю скаже, якого ефекту варто очікувати від цієї хімічної сполуки — судиннорозширювального чи знеболюючого. Відомо також, які хімічні групи і радикали-замісники підсилюють ефект, які — послаблюють. Отож введення у практику кожного нового фармакологічного препарату потребує величезних зусиль багатьох дослідників — хіміків, біохіміків, біофізиків, біологів, лікарів, фармакологів...

КОЛИ ПРИХОДИТЬ ОСЯЯННЯ

Хвилини рідкісного натхнення, коли зенацька з'являється оптимальне рішення (осіяння), детально описують біографи великих хіміків. Так, з історії

відкриттів відомо, що Дмитро Іванович Менделєєв (1834—1907) остаточний вигляд своєї Періодичної таблиці хімічних елементів побачив уві сні. Фрідріх Ав-

густ Кекуле (1829—1896), німецький хімік-органік, запевняв своїх допитливих колег, що структура бензольного кільця постала перед ним саме тоді,

коли він задрімав у кріслі біля каміна. Рівно через 25 років після відкриття вчений так описував народження знаменитої формули: «...Моя хімічна лабораторія містилася у провулку. І навіть удень у ній панував напівморок. Однак для хіміка, котрий проводить цілі дні в лабораторії, це не було перешкодою. Я тривалий час працював над своїм «Підручником з органічної хімії», але щось мені завадило сконцентруватися. Мої думки десь витали. Я повернув крісло до каміна і задрімав. Раптом атоми затанцювали перед моїми очима. Цього разу маленькі групи атомів вуглецю та водню трималися скромно на другому плані. Мій погляд, загострений від миготіння одних і тих самих образів, зосередився на більших фігурах різної форми. Довгі ланцюжки дуже часто зближалися і перетворювалися на трубку, нагадуючи двох змій. Але що це? Одна з них учепилася зубами у власний хвіст, продовжуючи глумливо кружляти перед моїми очима. Я раптово прокинувся, а залишки ночі обмізковував висновки, що впливали із моєї гіпотези про будову молекули бензолу». Начебто все і просто. Однак це лише позірна простота. Кому ще можуть наснитися атоми, які кружляють у танці, як не людині, котра тривалий час затято і болісно розмірковує над пов'язаною з ними проблемою. Відкриттю Кекуле передувало виснажливий науковий пошук. Упродовж багатьох років він спав по дві години на добу. Вчений згадував: «Одна ніч, проведена без сну, не береться до уваги. Тільки дві або три ночі постіль без сну я вважав своєю заслугою».

Швейцарський хімік Альфред Вернер (1866–1919), нобелів-

ський лауреат, творець знаменитої координаційної теорії, прокинувся вночі від того, що вся теорія зненацька вишикувалася в його мозку.

Тож, як бачимо, найчастіше геніальні рішення осявають дослідників під час сну, але відомі й інші випадки.

Фізикові М. Планку квантова гіпотеза з'явилася посеред дня, як спалах блискавки. Широко відома легенда про те, що І. Ньютон відкрив закон всесвітнього тяжіння, коли йому на голову впало стигле яблуко.

Можна припустити, що біографи великих учених, бажаючи ефектніше подати сам факт того чи іншого наукового відкриття, підвищену увагу приділяють опису щасливого осяння. Однак спокійні розмірковування спонукають до дещо інших висновків. Справді, всі люди лягають уночі спати. Чому ж Періодична система хімічних елементів насилася саме Д. Менделєєву, а не комусь іншому? Вирішальну роль хвилинних осянь спростовують і самі автори відкриттів, скромно і стримано пояснюючи, що ж насправді було потужним джерелом: «Увесь час думав про це, тому й відкрив» (Ньютон); «Трудився, трудився, все життя трудився. Шукав, отож і знайшов» (Менделєєв); «Навіщо стільки слів? Я просто не відступав у своїй роботі. Ось і все» (Ейнштейн); «У кожному генії лише 1 % генія і 99 % — потіння» (Едісон).

Тут мимоволі хочеться провести аналогію із тим, як знаходять потрібне рішення письменники, художники чи музиканти. Для порівняння візьмемо випадки, коли митець не сам ставить собі завдання, а воно пропонується

йому у сформульованому вигляді. В одному з радіоінтерв'ю композитор Р.К. Щедрін розповідав, як 1999 року йому зателефонували із Нюрнберга (Німеччина) і запропонували написати вступ до знаменитої дев'ятої симфонії Бетховена. Музиканти оркестру мали виконувати твір — вступ і саму симфонію — без перерви. Безумовно, завдання надзвичайно складне і вельми відповідальне. Осяння прийшло до композитора у той момент, коли під час руху по шосе його машина забуксувала і з'їхала у кювет. Разом із почуттями крайнього роздратування і прикrostі раптом висвітлювалася шукана ідея. Її втілення, на думку автора, є кращим із усього того, що він написав у 1999 р. Рекламна подача цієї події наголошує на хвилинній втраті керування автомобілем, але розважливі роздуми спонукають до іншого висновку. Головне те, що композитор надто довго розмірковував у пошуку необхідного рішення, а дорожня пригода відіграла роль спускового гачка.

Шлях, який веде до осяння, очевидно, у більшості творчих особистостей напрочуд схожий. Вислови талановитих людей, далеких від природничих наук, підтверджують це. Відомі рядки В.В. Маяковського: «Поезія — той же видобуток радіо...», визначення А.П. Чехова: «Талант — це праця, важка, завзята і повсякденна». За цими афористичними фразами прихована одна суттєва деталь: напружена праця творчої думки — це процес не за примусом «від» і «до», а органічна потреба допитливого розуму, природне прагнення творця знайти давно шукане рішення.