

## МІЖ ХІМІЄЮ, ПОЕЗІЄЮ ТА ФІЛОСОФІЄЮ

### Про візит нобелівського лауреата Роалда Гофмана в Україну

*Наприкінці вересня цього року в Україну до Львова завітав лауреат Нобелівської премії в галузі хімії, професор Корнельського університету Роалд Гофман. Уродженець України, видатний учений, поет, драматург і філософ з нагоди присвоєння йому звання Doctor Honoris Causa Львівського національного університету імені Івана Франка прочитав відкриту лекцію «Протохімія як місток», під час якої поділився своїми міркуваннями про те, як хімія поєднує минуле й сучасне і як далеко може сягнути думка науковця.*

З 29 вересня по 2 жовтня 2015 року в Україні з візитом перебував відомий хімік, лауреат Нобелівської премії, професор Корнельського університету (США) Роалд Гофман (Roald Hoffmann).

Ім'я Роалда Гофмана стало широко відомим світовій науковій спільноті ще в середині 60-х років минулого століття, коли він разом із Робертом Вудвордом (Robert Woodward), намагаючись пояснити дещо несподівану реакцію, виявлену при синтезі вітаміну  $B_{12}$ , визначив закономірності, що спираються на закони квантової механіки і дозволяють передбачати, чи будуть продуктивними реакції для певних комбінацій хімічних реагентів, чи ні. Правило Вудворда–Гофмана відоме тепер кожному студенту-хіміку. Принцип збереження орбітальної симетрії полягає в тому, що узгоджені хімічні реакції відбуваються легко, якщо є відповідність між характеристиками орбітальної симетрії заповнених молекулярних орбіталей вихідних реагентів і продуктів, а якщо такої кореляції немає, то перебіг реакції стає ускладненим. Це відкриття і подальше узагальнення професором Гофманом квантової теорії атомних і молекулярних зіткнень спричинило справжній переворот у хімічних науках, оскільки забезпечило хіміків-синтетиків потужними засобами теоретичного розрахунку і прогнозування. У 1981 р. Роалда Гофмана і японського вченого Кен'їті Фукуї «за розроблення теорії перебігу хімічних реакцій, створену ними незалежно



Професор  
Корнельського університету  
Роалд Гофман (Roald Hoffmann)

один від одного» було удостоєно Нобелівської премії з хімії.

Крім найвищої — Нобелівської нагороди, видатний учений має безліч інших престижних наукових премій і відзнак, є членом Американської академії мистецтв і наук, Національної академії наук США та багатьох академій інших країн. Він пишається тим, що був першим, хто здобув нагороди Американського хімічного товариства за досягнення як в органічній, так і в неорганічній хімії.

До України у Роалда Гофмана особливе ставлення. Він народився 1937 року в містечку Золочів на Львівщині в єврейській родині. «Темні дні Європи» не оминули його. Ще дитиною він на власні очі бачив усі жахи нацистських гетто і концтаборів, усю міру добра і зла, що міститься в людській душі. «Я тут народився і хочу, щоб в українців усе було добре», — зізнався пан Гофман в одній з численних бесід зі львівськими журналістами. У 2013 р. він одним із перших підписав звернення світової наукової спільноти на підтримку Євромайдану, нещодавно в інтерв'ю канадській громадській організації *Ukrainian Jewish Encounter* висловив думку, що Андрей Шептицький заслуговує на звання «Праведник народів світу».

Уже понад 30 років нобелівський лауреат співпрацює з хіміками Львівського національного університету імені Івана Франка. Напередодні його візиту наукова спільнота Університету ухвалила рішення про присвоєння професору Роалду Гофману звання *Doctor Honoris Causa* ЛНУ імені Івана Франка за визначний внесок у зміцнення авторитету України в міжнародному співтоваристві та активну співпрацю з кристалохімічною школою Львівського університету. «Львівська кристалохімічна школа працює в напрямі кристалохімічних досліджень інтерметалічних сполук, — прокоментував цю подію проректор Університету член-кореспондент НАН України, професор Роман Євгенович Гладішевський. — Це насамперед пошук і синтез нових сполук, які можуть стати основою створення сучасних матеріалів, вивчення їх фізичних і хімічних властивостей. Наша школа зосереджує свою діяльність на

експериментальній роботі, а група професора Гофмана досліджує ці сполуки в більш широкому аспекті, пояснюючи хімічний зв'язок у них, моделюючи різноманітні кристалічні структури, прогножуючи гіпотетичні сполуки».

Професор Гофман взяв також участь у роботі Міжнародного конгресу «Сучасні напрями в хімії, біології, фармації та біотехнології», який у ці дні проходив на базі Національного університету «Львівська політехніка», де виступив із науковою доповіддю, присвяченою впливу тиску на властивості різних хімічних елементів.

Частину своєї кар'єри Роалд Гофман присвятив популяризації науки. Багато років у Корнельському університеті він читав вступний курс з хімії, намагаючись захопити студентів цим предметом. На його думку, усвідомлення і розуміння естетичного аспекту науки набагато швидше, ніж просте нагромадження фактів, веде до відкриття. Він написав кілька науково-популярних книжок (найвідоміша з яких *The Same and Not the Same*), дві книги, що досліджують зв'язок між наукою та мистецтвом. Р. Гофман був співавтором і ведучим 26-серійного навчального телесеріалу «Світ хімії», який і досі використовують у школах і коледжах США. На початку 2000-х років він започаткував успішний науково-популярний проект *Science Cabaret*.

\* \* \*

Отже, 30 вересня професор Роалд Гофман як *Doctor Honoris Causa* Львівського національного університету імені Івана Франка прочитав лекцію *Protochemistries are a Bridge* («Протохімія як місток»). Він розповів про своє бачення хімії не лише як науки, а й як стилю життя, розгорнувши перед слухачами розмаїту картину минулого і сучасного, з усіма загадками і таємницями природи.

На мультимедійному екрані зображення золотих масок та ідолів індіанських племен, саркофагів єгипетських фараонів змінювали зразки давнього текстилю, керамічних виробів, ювелірних прикрас. Складалося враження, що присутні слухають лекцію з історії мистецтва.

А Роалд Гофман переконливо доводив, що впродовж усієї історії цивілізації людство, змінюючи природу навколо себе, розвивало хімію як науку, навіть не здогадуючись про це. Людський досвід, що примножувався від покоління до покоління, врешті-решт уможливив розвиток сучасної хімії. Люди видобували метали, виготовляли зброю, прикраси, косметику, ліки, інші предмети повсякденного вжитку, готували й намагалися зберегти їжу і при цьому виконували безліч хімічних дослідів, опановуючи методи експериментальної протохімії. Вони не називали себе хіміками або вченими, проте саме вони змінили світ.

На прикладі синього барвника Роалд Гофман розповів, як у різних куточках світу люди з давніх-давен намагалися отримати пігмент, який дав би бажаний колір. Ми зустрічаємо його і в давніх настінних розписах, і в тканинах, і в кераміці. Про цей колір згадується у міфах про Геркулеса, слово «тхелет» у Торі вживається на означення синього кольору в одязі первосвящеників, тірський пурпур (*tyrian purple*) в античності був найдорожчим фарбником і використовувався для вбрання римських імператорів під час тріумфів. Пігмент синього кольору можна отримати з природного мінералу ультрамарину. Крім того, у давнину в різних частинах світу його видобували з окремих видів рослин і моллюсків. Роалд Гофман, звертаючись до студентів, жартома зауважив, що вони мають любити хімію хоча б за те, що завдяки їй було винайдено спосіб отримання синтетичного барвника кольору індіго (*indian blue*). Адже як можна уявити сучасну молодь без класичних синіх джинсів? А початок «джинсової культури» заклали саме ті, хто вичавлював пігмент із равликів, відварював листя вайди або індігофери.

Не менш цікавою була розповідь професора і про історію миловаріння, про те, як поступово люди збагнули, що, змішуючи рослинні чи тваринні жири із золою, можна отримати мийний засіб. Професор наголошував, що саме щоденна тяжка і рутинна праця людей, далеких від хімії, заклала підґрунтя для здобутків сучасної науки.

Втручання людини у природу залишає чіткі сліди, які можна розгледіти крізь тисячоліття. Так, нещодавні гляціологічні дослідження зразків льодовикового щита Гренландії виявили два піки накопичення в них свинцю. Один із них хронологічно належить до часів Римської імперії, а інший — до періоду науково-технічної революції в Європі.

На думку професора, протохімія, як активність людства щодо зміни навколишнього світу, була передвісником сучасної науки, своєрідним містком між хімією і культурою цивілізації, адже перетворення матерії є невід'ємною складовою людського буття. Взагалі, вважає Роалд Гофман, наука — це цілком природна сфера діяльності людини, органічно вписана в контекст світової культури.

\* \* \*

«Хімік, який шукає красу і в будові молекули, і в поезії», — так характеризують Роалда Гофмана його колеги. Розповідаючи про цього видатного вченого, не можна обійти увагою ще одну грань його творчості. Саме бажання висловити своє відчуття краси і гармонії в науці спонукало його свого часу, вже у досить зрілому віці, до написання віршів. Роалд Гофман — автор кількох поетичних збірок. З трьох його драматургічних творів найвідомішою стала п'єса *Oxygen* («Кисень»), написана у співавторстві з іншим відомим хіміком, винахідником оральних контрацептивів Карлом Джерассі (*Carl Djerassi*), у сюжеті якої обігрується дискусія, кому віддати пріоритет відкриття і дослідження кисню — Карлу Шеєле, Джозефу Прістлі чи Антуану Лавуазьє.

У 2010 р. у московському видавництві «Текст» вибрані поезії Роалда Гофмана було опубліковано у двомовному (англійською та російською) виданні *Selected Poems* («Избранные стихотворения»). У передмові до цієї книги зазначено, що вірші Гофмана — це живий, рівноправний діалог науки і творчості, в якому аналітичний розум ученого поєднується з тонкою спостережливостю поета.

Пропонуємо увазі читачів журналу «Вісник НАН України» один із поетичних творів нобе-

лівського лауреата, на публікацію якого у нашому виданні він люб'язно надав свою згоду.

## INTUITION

*The red-haired woman  
said glass  
is tense.  
She didn't know  
about disordered  
silica chains, rings  
and structural  
frustration.  
She just looked  
at its fractured  
green  
edge.*

## ІНТУЇЦІЯ

*Мідноволоса жінка  
сказала, що скло —  
напружене.  
Вона нічого не знала  
про заплутані ланцюжки  
і кільця кремнезему,  
про їх структурну  
фрустрацію.  
Вона лише кинула погляд  
на його надламаний  
зелений  
край.\**

**Біографічна довідка**

У 2007 р. у журналі «Вісник НАН України» (№ 7) було надруковано статтю члена-кореспондента НАН України І.С. Чекмана «Американський учений із Золочева», присвячену Роалду Гофману. У ній автор зауважує, що з-поміж нобелівських лауреатів чи не найдраматичніше дитинство припало на долю вихідця з Галичини професора Гофмана.

18 липня 1937 р. у провінційному містечку Золочів на Львівщині, територія якої належала тоді Польщі, у єврейській родині інженера, випускника Львівського політехнічного інституту Гілея Сафрана і шкільної вчительки Клари Розе народився син. Назвали його Роалдом на честь норвезького полярного дослідника Амундсена. Щасливе життя перервалося в 1939 р. з початком Другої світової війни. Галичина увійшла до складу СРСР, потім із заходу, з Польщі почали прибувати біженці, але справжній жах для сім'ї Сафранів, як і всіх єврейських родин, які кілька років жили на цій землі, настав у 1941 р. після окупації міста німецькими військами. З перших днів почалися погроми і вбивства, десятки тисяч євреїв Золочева зігнали у гетто, а потім у трудовий табір, де використовували на примусових роботах. У січні 1943 р. Гілею Сафрану вдалося вивести дружину з сином із табору. Втікачам надала притулок родина Миколи Дюка, вчителя із сусіднього села Унів, переховуючи їх на горищі школи аж до середини літа 1944 р. Важко навіть уявити собі, як могла шестирічна дитина впродовж півтора року просидіти в тісній комірчині, дивлячись на

світ крізь щілину, як вдалося не втратити надію, що коли-небудь цей морок скінчиться. У червні 1943 р. до них дійшла звістка, що німці розстріляли батька за спробу організації чергової втечі з табору. Така сама доля спіткала й більшість близьких родичів — з великої родини Сафранів—Розе вижили лише кілька чоловік.

Наприкінці 1944 р. Роалд з матір'ю перебралися до Кракова, де Клара зустріла Пола Гофмана, дружина якого також загинула в гетто. Невдовзі вони побралися. Кілька років сім'я поневірялася в таборах для переміщених осіб по всій післявоєнній Європі, аж поки в 1949 р. не емігрувала до США. Роалд Гофман тепло згадує свого вітчима: «Він був для мене добрим і лагідним батьком до самої своєї смерті, не доживши всього два місяці до оголошення Нобелівської премії».

Переховуючись від німців на шкільному горищі, мати не лише навчала сина читати і писати, а й розповідала цікаві речі про навколишній світ, і пізніше вона багато уваги приділяла формуванню його світогляду. У Нью-Йорку Роалд швидко опанував англійську — шосту мову, якою він може вільно спілкуватися. Закінчивши школу для обдарованих дітей, у 1955 р. він вступив до Колумбійського університету на медичний факультет, маючи намір стати лікарем. «Це було бажання матері, — згадував Роалд Гофман в одному з інтерв'ю, — але вона пробачила мені, коли я обрав інший шлях». У студентські роки він вивчав майже всі предмети, зацікавився історією мистецтва, але на старших курсах перемогло захоплення дослідницькою роботою в хімії. Вступивши до аспірантури Гарвардського університету, Роалд Гофман швидко зрозумів, що хіміка-експериментатора з нього не вийде (один із його синтезів навіть завершився потужним вибухом), тому звернувся до теоретичних досліджень. Разом із молодією дружиною Євою Бйорйоссон, з якою він познайомився під час Літньої школи в Уппсалі (Швеція), Роалд Гофман на один рік поїхав до Радянського Союзу в рамках обміну аспірантами між СРСР і США, що тільки-но розпочався. У Московському державному університеті ім. М.В. Ломоносова він виконував дослідження з теорії екситонів під керівництвом видатного фізика, згодом — академіка НАН України Олександра Сергійовича Давидова.

Повернувшись до Гарварда, Роалд Гофман потрапив до групи майбутнього нобелівського лауреата Вільяма Липскома (William Nunn Lipscomb) і

\* Переклад вірша непрофесійний, зроблений редакцією журналу, але узгоджений з автором.

в 1962 р. здобув докторський ступінь. У цей період він працював над застосуванням розширеного квантово-хімічного методу Хюккеля до молекул гідридів бору, а потім спробував використати його для розрахунків на молекулі етану. Це був його перший досвід роботи з органічними молекулами.

Надалі Роалд Гофман зацікавився структурними проблемами в органічних молекулах і, познайомившись з Робертом Вудвордом, з головою поринув у новий для себе напрям з розроблення теоретичних основ органічної хімії. За спогадами Р. Гофмана, це був дуже щасливий період його життя — у нього народилося двоє дітей, він працював над цікавою проблемою у згуртованому колективі однодумців. Роберта Вудворда він характеризує як людину з винятково чітким і ясним мисленням, здатним до найвищої розумової концентрації, вченого з енциклопедичними знаннями і незрівняним естетичним відчуттям хімії. Як уже зазначалося на початку статті, результатом співпраці з Робертом Вудвордом стало формулювання принципу збереження орбітальної симетрії у хімічних реакціях. Далі Роалд Гофман побудував узагальнену квантову теорію атомних і молекулярних зіткнень у хімічних реакціях, за що його і було відзначено Нобелівською премією (на той час йому було лише 44 роки).

У 1965 р. Роалд Гофман перейшов до Корнельського університету й донині залишається його почесним професором. У подальшому він зацікавився механізмами хімічних реакцій між неорганічними й органічними сполуками, взаємозв'язком структури та реакційної здатності неорганічних і металоорганічних молекул. Він передбачив також існування структури нових типів тришарових і порфіринових «сендвічів», які згодом вдалося синтезувати іншим дослідникам.

Свою нобелівську лекцію *Building bridges between inorganic and organic chemistry* («Наводячи мости між неорганічною і органічною хімією») Роалд Гофман присвятив концепції ізоглобальної аналогії,

яка полягає в тому, що в реальних чи гіпотетичних складних молекулах окремі фрагменти є взаємозамінними з точки зору квантової хімії. Така аналогія дозволяє пов'язати структурні принципи органічних, неорганічних та металоорганічних сполук і стає особливо корисною у пошуку структурних подібностей, часто зовсім не очевидних, між органічними й неорганічними молекулами. Свого часу колеги критикували такий підхід Р. Гофмана, вважаючи його надто спрощеним, але цей метод виявився досить ефективним при з'ясуванні реакційної здатності молекул.

Як пояснює професор Гофман, принцип ізоглобальної аналогії — це модель, і, як будь-яка, навіть найдосконаліша модель, вона здатна відтворити лише частину реальності. Однак її привабливою особливістю є те, що цей принцип зводить воедино різні галузі хімії. Органіки, неорганіки, фізхіміки, біохіміки, аналітики розділені й розведені в різні боки тим величезним обсягом знання, яке самі ж і створюють. Однак під цими, здавалося б, глибокими відмінностями має бути прихована спільність, що поєднує їх.

*Редакція журналу висловлює щире подяку проректору Львівського національного університету імені Івана Франка члену-кореспонденту НАН України, професору Роману Євгеновичу Гладішевському за надані матеріали про візит професора Р. Гофмана до Львова і директору Інституту органічної хімії НАН України члену-кореспонденту НАН України Віталію Івановичу Кальченку за допомогу в підготовці цієї статті.*

*За матеріалами прес-служби ЛНУ імені Івана Франка  
<http://lnu.edu.ua>  
та особистого сайту професора Р. Гофмана  
<http://www.roaldhoffmann.com>  
підготувала О.О. МЕЛЕЖИК*