

## Київська лекція Рюджі Нойорі

(до 75-річчя нобелівського лауреата)

22 липня 2013 р. у Великому конференц-залі НАН України відбулася лекція «Наука формує наше майбутнє» («Science Shapes Our Future») лауреата Нобелівської премії в галузі хімії за 2001 р., професора Університету м. Нагоя (з 1972 р.), президента Хімічного товариства Японії (з 2001 р.), керівника Інституту фізико-хімічних досліджень (з 2003 р.), голови Комітету з науки і технологій Міністерства освіти, культури, спорту, науки і технологій Японії (з 2005 р.) Рюджі Нойорі (Ryūji Noyori).

Візит професора Нойорі в Україну і його лекція були організовані посольством Японії в Україні спільно з Президією НАН України.

Р. Нойорі прибув до України на запрошення надзвичайного і повноважного посла Японії в Україні Тоїчі Сакати. Професор Нойорі згадував про нього у своїй лекції не тільки у зв'язку з цією обставиною, але й як про одного з керівників проекту створення суперкомп'ютера *K* продуктивністю понад 11 петафлопс (квадрильйонів операцій за секунду). Проект з розробки суперкомп'ютера *K* було розпочато 2006 р., його бюджет перевищував 1 млрд американських доларів. Складання системи, що включає близько 90 тис. процесорів, здійснено в 2010–2012 рр. у місті Кобе в Інституті фізико-хімічних досліджень (скорочено RIKEN), очолюваному професором Р. Нойорі.

RIKEN, цей найбільший у Японії (і один з найбільших у світі) науково-дослідний інститут, можна зіставити з державними академіями наук інших країн, його бюджет перевищує бюджет НАН України, він має п'ять відділень у країні та низку зарубіжних підрозділів. Інститут, створений у 1917 р., досяг значних успіхів у різних галузях — фізиці, хімії, біології, медицині, інженерній справі. Нинішній посол Японії в Україні причетний також до створення в RIKEN'і рентгенівського лазера XFEL (X-ray Free Electron Laser) з най-

коротшою довжиною хвилі та прискорювача третього покоління SPring-8 (Super Photon ring -8) з найвищою енергією 8 Гев. Професор Нойорі у своїй лекції висловив вдячність присутньому дипломату, ученому та організатору науки Т. Сакаті за його, як було сказано, героїчні зусилля в цій справі. Звичайно, заслуга у здійсненні цих проектів Р. Нойорі, як директора RIKEN, була не менш значущою.

Самого професора Р. Нойорі представив академік-секретар Відділення хімії НАН України академік Владислав Володимирович Гончарук. Деякі факти з життя гостя і його заслуги перед наукою та суспільством відзначили також віце-президент НАН України академік Антон Григорович Наумовець і посол Тоїчі Саката. Про історію свого життя докладно розповів і сам професор Нойорі, пов'язуючи життєві обставини з вибором професії та науковими досягненнями. Його автобіографію представлено також на сайті Нобелівського комітету\*; де розміщена і його Нобелівська лекція з викладом основних наукових результатів\*\*, які Р. Нойорі узагальнив також в інших працях\*\*\*, \*\*\*\*.

Рюджі Нойорі народився 3 вересня 1938 р. у передмісті Кобе. У 1957 р. поступив до Університету Кіото, 1961 р. отримав ступінь бакалавра, 1963 р. — магістра, 1967 р. — докторський ступінь (DEng).

1966 р. разом з співробітниками Р. Нойорі зробив відкриття, яке стало першоосновною результатом, удостоєних згодом Нобелівської премії: у ході дослідження ефектів перехідних металів у карбенових реакціях було отримано *оптично активні* похідні циклопропану\*\*\*\*\*.

Співвідношення оптично активних молекул різного знаку на виході цієї реакції було не 50 на 50, як у звичайних хімічних реакціях, здійснюваних поза організмом, а 55% до 45%. Таке співвідношення стереоізомерів було недостатнім для практичного використання,

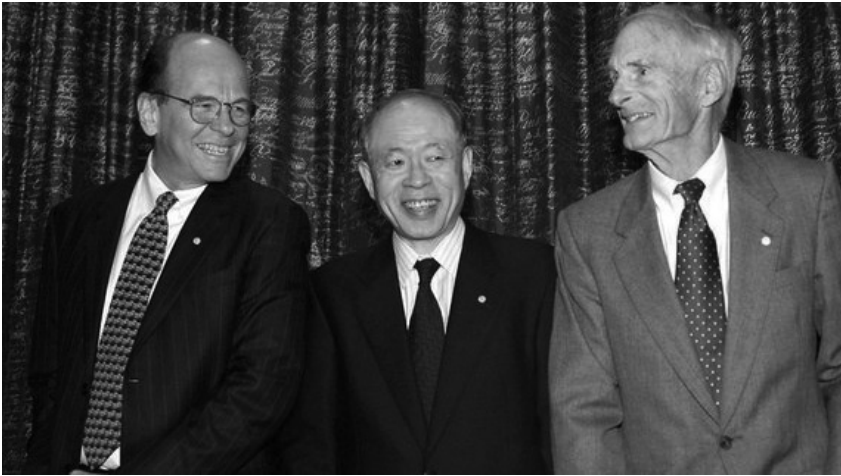
\* *Noyori R.* Biographical. - URL: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2001/noyori-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2001/noyori-bio.html).

\*\* *Noyori R.* Asymmetric Catalysis: Science And Opportunities. Nobel Lecture, December 8, 2001. - URL: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2001/noyori-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2001/noyori-lecture.pdf).

\*\*\* *Noyori R.* Facts are the Enemy of Truth—Reflections on Serendipitous Discovery and Unforeseen Developments in Asymmetric Catalysis // *Angew. Chem. Int. Ed.* — 2012. — 51. — P. 2–16.

\*\*\*\* *Noyori R.* Asymmetric Catalysis in Organic Synthesis. - New York: John Wiley & Sons, 1994. — XVII+378 p.

\*\*\*\*\* *Nozaki H., Moriuti S., Takaya H., Noyori R.* Asymmetric Induction in Carbenoid Reaction by Means of a Disymmetric Copper Chelate // *Tetrahedron Lett.* - 1966. - Vol.7. - Is. 43. - P. 5239–5244.



**Нобелівські лауреати в галузі хімії 2001 р.  
Карл Баррі Шарплесс, Рюджі Нойорі та Вільям Ноулз**

але це був перший відомий випадок штучного асиметричного каталізу з використанням металоорганічних комплексів.

У 1967 р. Р. Нойорі став ад'юнкт-професором Університету Нагої, а в 1969 р. поступив на тимчасову роботу в Гарвард до професора Елайса Джеймса Корі (нобелівського лауреата 1990 р.), де познайомився з багатьма цікавими вченими, включаючи Карла Баррі Шарплесса. Особливо корисним було спілкування з Дж.А. Осборном – колишнім співробітником Джефрі Уїлкінсона (нобелівського лауреата 1973 р.). У Гарварді розпочалися багаторічні дослідження Р. Нойорі в галузі гідрогенізації.

Дещо раніше, 1968 р., Вільям Ноулз опублікував першу працю в галузі асиметричного гідрування. Він винайшов перший хіральний каталізатор, тобто каталізатор, що має стереоізомерну молекулярну структуру і забезпечує синтез оптично активних сполук, у даному випадку – лівообертаючого дигідроксифенілаланіну. (Термін «хіральність» є похідним від слова «рука» грецькою мовою: праві та ліві стереоізомери є ніби дзеркальним відображенням один одного на зразок правої та лівої руки).

Власне дослідження 1966 р., праця В. Ноулза 1968 р. та плідний досвід роботи в Гарварді призвели до довічного захоплення Р. Нойорі проблемами асиметричного гідрування. 1970 р. він повернувся до Університету Нагої, де продовжив ці дослідження; у 1972 р. отримав звання професора.

1974 р. Р. Нойорі розпочав вивчення особливої сполуки, названої BINAP, яка виявилася надзвичайно корисним компонентом для проведення реакцій асиметричного синтезу. Довгий час вихід оптично активних сполук залишався недостатнім, а результати були маловідтворюваними. Проте врешті-решт зусилля саме в цьому напрямку, який спочатку здавався малоперспективним, привели до успіху. 1986 р. було розроблено нові каталізатори на основі бінапу, зокрема його комплекси з дикарбоксилатами рутенію, які виявилися застосовними для відновлення різних типів кратних зв'язків. У 1987–1988 рр. було розроблено загальний метод асиметричного гідрування кетонів з використанням бінапу, що відкрило нові перспективи для синтезу різних оптично активних сполук – ліків, ароматизаторів, смакових добавок тощо.

У 1991–1996 рр. у рамках «Проекту Р. Нойорі з дослідження молекулярного каталізу» (ERATO) було винайдено нові діамінові хіральні каталізатори, використання яких разом з комплексами бінапу дозволило поширити реакції асиметричного гідрування на нові речовини, а самі реакції стали більш продуктивними та стереоселективними, що відкрило шлях для широкого промислового застосування.

Праці В. Ноулза та Р. Нойорі стосувалися асиметричного синтезу в реакціях відновлення. Щодо реакцій окислення подібні ідеї та методи розвинув К. Баррі Шарплесс.

Науковий напрямок, за відкриття якого Рюджі Нойорі був удостоєний Нобелів-

ської премії разом з Вільямом Ноулзом і Карлом Баррі Шарплессом, розвивається швидкими темпами. Вже в 80-х рр. ХХ ст. почалася співпраця між трьома японськими університетами міст Нагоя, Осака та Сідзуока, Інститутом молекулярної науки і компанією Takasago International з метою промислового виробництва оптично активних речовин.

Величезна значимість цих праць для медицини полягає в тому, що всі молекули організму, за винятком найпростіших, є хіральними (ліво- чи правообертаючими), і тому ліки повинні відповідати їм і, отже, мати відповідну молекулярну асиметрію. Інакше ліки можуть виявитися не тільки не корисними, але навіть шкідливими.

Аналізуючи пройдений шлях, професор Нойорі підкреслив у своїй лекції, що вихідне відкриття, зроблене ним у 1966 р., було цілком несподіваним, випадковим і непередбачуваним, і сказав з цього приводу: *«Я вірю в цапливий випадок. Не можна зробити відкриття тільки за допомогою логіки. Тому прогрес науки абсолютно неможливо передбачити. Але, як сказав Пастер, шанс випадає тільки підготовленим людям. Тому наука ніколи не робиться чисто випадково»*. Випадковим саме в такому розумінні був і винахід бінапу як хірального каталізатору реакцій асиметричного синтезу.

Крім неможливості передбачити відкриття, Р. Нойорі підкреслив неможливість передбачити скільки-небудь точно, до чого це відкриття приведе. Протягом лише однієї лекції професор Нойорі кілька разів підкреслив, що він зовсім не уявляв, яким може бути практичне застосування його відкриття 1966 р.

Згодом селективність реакції, яка спочатку давала співвідношення стереоізомерів 55% до 45%, вдалося значно підвищити завдяки багаторазовому повторенню циклу реакції, внаслідок чого цей процес став промислово значущим.

Ще більшого застосування у фармацевтичній і харчовій промисловості набула асиметрична гідрогенізація ненасичених сполук. Ці реакції часто так і називаються: *«асиметрична гідрогенізація Нойорі»*. Зараз вони здійснюються з селективністю, практично рівною 100%, що і є основним досягненням Р. Нойорі з практичної точки зору.

Прямий економічний ефект цих розробок перевищує \$ 3 млрд на рік.

Зокрема, компанія Takasago International налагодила виробництво оптично активно-

го ментолу, і з 1989 р. вона випускає його близько 3 тис. тон на рік.

Успіхи в галузі штучного асиметричного синтезу вплинули на законодавство США, де з 1992 р. діють обмеження щодо випуску ліків, які є рацемічною сумішшю (тобто сумішшю правих і лівих ізомерів), і вимагається виробляти та продавати тільки певні стереоізомери. Виходячи з цього, можна оцінити економічну значимість асиметричного синтезу, враховуючи, що обсяг продажів медикаментів перевищує 1 трильйон доларів на рік.

Роботи в цьому напрямку вже на даному етапі вплинули на природу. Так, виробництво компанії Sumatomo Chemical оптично активної хризантемової кислоти, яка є сильним інсектицидом, значно зменшило кількість москітів у Японії.

У свою чергу це викликало значні зміни у світовому масштабі в боротьбі з малярією, від якої щорічно помирають мільйони людей. Мінімальний економічний збиток, заподіюваний малярією, становить \$ 15 млрд на рік. Компанія Sumatomo поширює, у тім числі безкоштовно, вироблений нею оптично активний перметрин для боротьби з переносниками цієї хвороби.

*«Я розповів вам про мій шлях, розпочатий 47 років тому, що привів мене до Стокгольма. Ніхто не міг навіть уявити, до чого це призведе і як це можна використовувати. Хто б міг подумати, що з цього буде такий внесок!»*.

Рюджі Нойорі відзначав також і в Київській лекції, і в інших працях, що його початкові ідеї в цій галузі були не завжди доречні, і що тільки завдяки подальшим експериментам і роздумам, і не тільки його самого, але й багатьох інших дослідників, вдалося, врешті-решт, досягти нових хімічних понять, методів і методологічних підходів. При цьому він усіяко підкреслював заслуги інших людей, без яких все це не було б досягнуто.

Уявлення про непередбачуваність розвитку науки та її практичних застосувань має в контексті поглядів Р. Нойорі глибокий зміст, висловлений свого часу В.І. Вернадським:

*«Наука єдина і нероздільна. Не можна піклуватися про розвиток одних наукових дисциплін і залишати інші без уваги. Не можна звертати увагу тільки на ті, застосування яких до життя зробилося ясним, і залишати без уваги ті, значен-*



### У день Київської лекції Рюджі Нойорі.

Т. Саката, А.Г. Наумовець, Р. Нойорі, В.В. Гончарук

*ня яких не усвідомлено і не розуміється людством»\*.*

Науковий шлях Р. Нойорі чітко ілюструє це узагальнення, адже досягнення величезної важливості були отримані з результатів, які спочатку видавалися навіть їх першовідкривачеві безкорисними, хоча й цікавими.

Як попереднє узагальнення свого шляху і свого бачення розвитку науки Р. Нойорі сказав також наступне (наводимо в конспектному викладі). Зробити велике відкриття дуже складно. Це вимагає інтелекту, точності, наявності необхідної техніки і технології, удачі. Потрібна впевненість в успіху, навіть якщо ваша робота усіма сприймається безперспективною. Багато вчених важко працюють, і кожен день відкривається безліч фактів. *«Але виявлення цінностей є важливішим, ніж відкриття фактів»*. Потрібні не тільки знання, але й мудрість. Нині вкрай важливими є інші погляди в соціальній сфері. Через 50 років світ буде зовсім іншим. Все зміниться і в Японії, і в Україні, і в усіх інших країнах. Але фундаментальна наука — це першоджерело людських знань і має незмінну культурну цінність. Коли розвиток науки досягає необхідного рівня, технології швидко поширюються по всьому світу. Розвиток технологій також має не тільки утилітарну цінність, але й величезну соціальну значимість. Ін-

новації не тільки забезпечують конкурентоспроможність, але й є внеском у виживання людства. Найважливішими завданнями є: забезпечення людства їжею, продовження життя і підвищення його якості, розвиток високошвидкісних комунікацій. Це може дати тільки розвиток науки і технології. Одночасно розвиток науки має негативні аспекти, що яскраво ілюструється такими подіями, як Хіросіма і Нагасакі, Чорнобиль і Фукусіма. Тому багато людей боїться, що сучасне суспільство — це початок кінця. Негативні аспекти пов'язані також із зростанням населення, змінами у стилі життя. Виснаження ресурсів та зміни у природі ведуть до криз. Навіть якщо ми виживемо, то створимо проблеми для майбутніх поколінь. Тому потрібно жити більш скромно й у злагоді з природою. Думка, що потрібно прагнути до рівня життя таких країн, як США, є хибною, оскільки для цього потрібна була б не одна Земля, а п'ять таких планет. Тому необхідно змінювати спосіб мислення, і, отже, вкрай важливою є система освіти, яка повинна розвиватися і якісно змінюватися. Дуже важливим є міждисциплінарне навчання. Підготовка вчених та інженерів повинна орієнтуватися не тільки на отримання знань, але й на підготовку нових лідерів суспільства. Споживацьке ставлення до науки принесло багато не-

\* Вернадский В.И. Избранные научные труды академика В.И. Вернадского. Т.8. Труды по истории, философии и организации науки. — К.: Феникс, 2012. — С. 517.

щастя. Потрібно прагнути не тільки до підвищення конкурентоспроможності, але й до більш стійкого розвитку. Дуже важливою проблемою є бідність. Розвиток науки має зміцнювати базові права людини на життя. Ключем до майбутнього є радикальна зміна наших власних цінностей. Необхідним є розвиток культурного розмаїття. Як сказав Пастер: *«У науки немає кордонів, але у вчених є батьківщина»*. Учені нового століття повинні створити цивілізацію, у якій будуть шановані різні культури. Співпраця особливо необхідна у зв'язку з обмеженістю ресурсів. Навіть багаті країни не можуть існувати самі. Основним шляхом до взаємодії країн і культур є взаємодія між конкретними людьми. Наука об'єднує людей, оскільки вона важлива для всіх. Коли вчені різних країн збираються разом, це надихає їх на нові пошуки. Ми просто зобов'язані рухатися в напрямку розвитку науки для майбутніх поколінь. Але наука і технологія самі по собі не зможуть змінити суспільство; необхідні відповідні політичні зусилля; саме політики здатні швидше всіх зрушити нашу точку зору, але для цього, у свою чергу, необхідні знання, а отже – освіта.

*«Світ єдиний, і всі ми єдині. Дякую за увагу!»* – так закінчив Ріоджі Нойорі свою Київську лекцію, яку розпочав також з привітання українською мовою.

Крім науково-просвітнього значення візит професора Нойорі в Україну слугував поглибленню контактів між НАН України та японськими науковцями і взагалі поглибленню співпраці між Україною та Японією. Проведення лекцій такого високого рівня є важливою формою здійснення інтеграції української науки у всесвітню наукову систему.

Слід відзначити високий організаційний рівень підготовки та проведення лекції, на яку Посольство Японії вело попередній запис на своєму сайті. Працівники низки наукових закладів, у тім числі ЦДПІН ім. Г.М. Доброва НАН України, були запрошені спеціально. Крім науковців України на лекції було багато іноземних гостей, а також представників засобів масової інформації.

Лекція мала виражену наукознавчу спрямованість. Це було відзначено й у вступному слові академіка А.Г. Наумовця, який, зокрема, сказав: *«Зараз ми наполегливо підкреслюємо, що наш вибір – європейський, але це не означає, що ми не повинні запозичувати все важливе з Азії та інших регіонів, бо в них багато чому можна навчитися. Тут присутній професор Б.А. Малицький – директор Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України. Він написав книгу «Прикладне наукознавство», у передмові якої зазначено цікавий факт, що перша наукознавча праця В. Оствальда «Великі люди» була виконана за державним замовленням Міністерства освіти Японії»*. І далі він процитував слова з цієї книги: *«У світлі сказаного більш зрозумілими стають сьогоднішні успіхи Японії в науково-технологічному розвитку, яка вже на початку ХХ ст. вирішила проводити активну державну науково-технічну політику»\**.

Академік В.В. Гончарук, закриваючи захід, також зазначив: *«Лекція професора Ріоджі Нойорі показує, наскільки важливим є розвиток фундаментальної науки для розвитку суспільства. Тільки країни, де підтримуються фундаментальні науки, досягають успіху на цьому шляху. Прикладом є Японія»*.

**О.П. Пилипенко,**  
науковий співробітник ЦДПІН ім. Г.М. Доброва НАН України

\* Малицький Б.А. Прикладне наукознавство. – К.: Фенікс, 2007. – С.3.