



**ТЕРНЕР Ентоні**  
**(Anthony P.F. Turner)** —  
професор Університету  
м. Лінчопінг (Швеція),  
керівник Центру біосенсорів  
та біоелектроніки  
(Biosensors & Bioelectronics Centre,  
IFM, Linköping University)

## СУЧАСНІ БІОСЕНСОРИ І БІОЕЛЕКТРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ

Доповідь з нагоди вручення Золотої медалі  
ім. В.І. Вернадського НАН України

---

Шановні пані та панове!

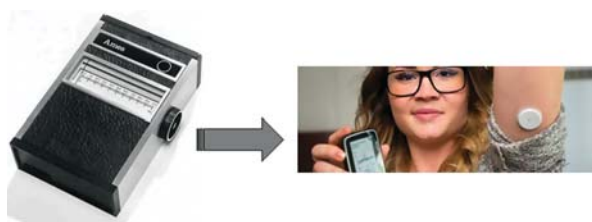
Я маю велику честь бути присутнім сьогодні на цьому високому зібранні і поділитися з вами думками щодо розвитку науки, її сучасного стану і успіхів. Я дуже вдячний за те, що мені присуджено таку високу нагороду. Дякую Академії, комітету з нагородження, вченим, які висунули мене на цю високу нагороду, особливо своїй колезі, професору Ганні Єльській. Я хочу також висловити щиру подяку членам міжнародної команди з Кренфілдського університету у Великій Британії, з якими я співпрацював близько 30 років у різних наукових напрямках, а також моїм нинішнім колегам — команді зі шведського Університету Лінчопінга, з якою я працюю впродовж останніх 5 років. Адже сьогодні науку, насамперед природничу, роблять команди.

Хочу також наголосити на тісних зв'язках, які поєднують мене з Україною. Тривалий час, починаючи з 1998 р., я співпрацюю з українськими колегами, ми маємо багато спільних публікацій. У 1998 р. ми починали з проекту НАТО, а зараз працюємо в рамках гранту від Європейського Союзу. Це такі мої колеги, як Ганна Єльська, Ярослав Корпан, а також Сергій Пілецький, разом з яким ми понад 15 років працювали у Кренфілдському університеті.

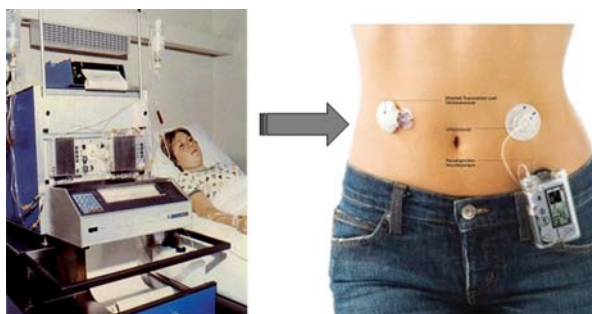
Сьогодні я буду говорити про свою наукову галузь — біотехнологію і розповім про те, що зроблено в напрямі створення біосенсорів. Біосенсори — це новітні прилади, які вже справили значний вплив на розвиток біотехнологій, а в майбутньому матимуть величезне значення. Тож у цій галузі є ще багато роботи. Біосенсори — це легкі та зручні у використанні прилади, що поєднують досягнення біології і фізики. Їх застосовують у різних галузях — від медицини, моніторингу довкілля, визначення якості харчових продуктів до сфери безпеки та оборони. Серед усіх біосенсорів найуспішнішими і найпоширенішими сьогодні є біосенсори з вимірювання вмісту глюкози у крові — глюкосенсори, які зазвичай носять на зап'ястку, а також біосен-



Два найуспішніших на сьогодні види біосенсорів: глюкосенсор (ліворуч) і прилад для біотестування в режимі реального часу



Еволюція глюкометрів від одного з перших приладів вагою близько 1 кг до сучасного біосенсора



Еволюція штучної підшлункової залози від габаритного апарата для стаціонарного лікування пацієнта (1981 р.) до компактного приладу, в якому розміщені під шкірою людини сенсори, що посилають сигнали до інсулінової помпи

сори, призначені для біотестування, що дають змогу здійснювати спостереження в режимі реального часу. Успіх будь-якого наукового досягнення, в тому числі й біосенсорів, можна оцінювати і з комерційного погляду. Наші глюкосенсори, впроваджені у виробництво, вже приносять до 100 млн дол. щороку. Однак це, звісно, не головне. Головним є те, що біосенсори можуть зробити для людства в плані збереження життя і здоров'я.

Ми пройшли довгий шлях. Перші глюкометри 1969 р. важили близько кілограма, а сьогодні це компактні прилади, які можна носити на зап'ястку або, наприклад, прикріпити на плечі. Такі біосенсори можна носити до 14 днів, інформація з них зчитується дуже легко — одним натисканням пальця. Іншим прикладом біосенсорів, важливих для людського життя, є штучна підшлункова залоза. Створення цих приладів також зазнало значного прогресу — від габаритного апарата для стаціонарного лікування пацієнта (1981 р.) до компактного приладу, в якому розміщені під шкірою людини сенсори, що посилають сигнали до інсулінової помпи, що дає можливість імітувати роботу підшлункової залози.

Ця галузь викликає загальний науковий інтерес, про що свідчить зростання кількості публікацій. Коли я тільки починав займатися біосенсорами, з'являлося лише 1–2 роботи з цієї тематики на рік, а минулого року їх вийшло понад 5 тисяч. Загальна кількість публікацій уже налічує 65 тис. Говорячи про важливість біосенсорів у гуманітарному плані, ми не маємо забувати про те, що успіх наукової розробки асоціюється також з комерційною складовою. До того ж, лікувальна складова нерозривно пов'язана з комерційною. Потреба в біосенсорах неухильно зростає, постійно підвищуються ринкові вимоги. Сьогодні попит на біосенсори настільки великий, що обсяг їх продажів досягає 13 млрд дол. на рік.

Сьогодні я хотів би ознайомити вас з двома біосенсорними приладами, які ми розробляли спільно з українськими вченими (і цю співпрацю ми плануємо розширювати). Один із них я б назвав головним електрохімічним приладом. Це так званий друкований біосенсор. Те, що раніше виконувалося за допомогою складного й дорогого обладнання, сьогодні ви можете побачити на маленькому аркуші паперу. Технологія виготовлення друкованих біосенсорів полягає у послідовному друкуванні різних шарів. Спочатку — базовий шар, потім — електролітичний, потрібний для екранування, потім шар вуглецю, далі додаються чип та батарея, і нарешті на пристрій наносять графічне зображення.



Друкований біосенсор

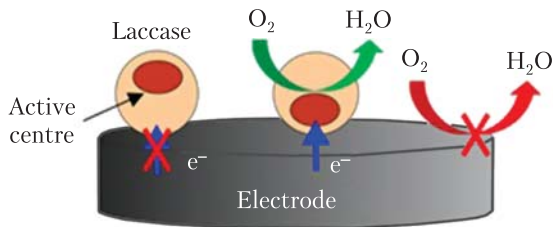


Схема роботи електрохімічного біосенсора, що працює з індивідуальною молекулою ензиму, вимірюючи перенос електрона

Говорячи про фундаментальну науку, слід наголосити, що вона може мати актуальне практичне втілення, зокрема в медицині та біології. Як приклад використання фундаментальних розробок я хотів би навести електрохімічний біосенсор, що працює з індивідуальною молекулою ензиму, вимірюючи перенос електрона. У цій галузі ми також плануємо співпрацювати з українськими колегами як у фундаментальному, так і в практичному напрямі.

Підсумовуючи, слід наголосити, що сьогодні біосенсори досягли високого рівня розвитку як у науковому, так і комерційному плані. Є потреба у нових біосенсорах, які можна легко використовувати вдома або носити на тілі, оскільки вони забезпечують так звану децентралізовану діагностику. Сьогодні ця потреба є нагальною як ніколи. Хотів би поділитися з вами своєю ідеєю про те, що час централізованої, часто-густо формалізованої діагностики минає. З поліклінік і лікарень діагностика переміщується до робочих приміщень і осель.

Сьогодні настав час персоналізованої діагностики з урахуванням індивідуальних потреб, що буде «тригером», тобто поштовхом до розвитку клієнтської діагностики як такої. Я вважаю, що завдяки подальшому розвитку знизуватиметься собівартість таких приладів, зменшуватимуться їх розміри, будуть запропоновані різноманітні формати. З'являться пакети з вбудованими сенсорами, телеметричні стрічки, які можна буде носити на тілі, і навіть аналітичні прилади за індивідуальним замовленням. Безперечно, ця нова парадигма нашої діяльності потребує створення новітніх наукових розробок, пошуку піонерних науково-технічних рішень, нових бізнесових моделей, реорганізації засад взаємодії зі споживачами, щоб виробляти функціональні системи в належному обсязі й за доступними цінами, що принесе користь усьому населенню.

Дякую за увагу.

#### ДОВІДКА

Професор **Ентоні Тернер** є корифеєм у галузі біоелектроніки та біосенсоріки. У його доробку понад 700 публікацій і патентів у галузі біосенсорів та біоміметичних сенсорів. Індекс Хірша професора Тернера становить 68, кількість цитувань — 18533. Е. Тернер є головним редактором провідного в цій галузі журналу *Biosensors & Bioelectronics* (Elsevier). За 35 років своєї академічної кар'єри у Великій Британії Е. Тернер сприяв тому, що Кренфілдський університет, у якому він працював, став однією з ключових установ з ліцензування в галузі біоелектроніки. Е. Тернер є розробником першого комерційного сенсора глюкози для використання в домашніх умовах. У 2010 р. він створив в Університеті м. Лінчопінг (Швеція) Центр біосенсорів та біоелектроніки, який нині є головним центром з біоелектроніки в Європі. Про визнання провідної ролі професора Е. Тернера в цій галузі свідчать численні нагороди та звання. Він є членом Королівської Шведської академії інженерних наук, членом Британського королівського хімічного товариства, почесним доктором Університету Кента (UK), почесним доктором Університету Бедфордшира (UK), іноземним членом Національної академії інженерних наук США, запрошеним професором у багатьох університетах Великої Британії, Італії, Кореї, Японії та Китаю. Професор Е. Тернер неодноразово був організатором всесвітніх конгресів з біосенсорів, останній з яких відбудеться в 2016 р. в м. Гетеборг (Швеція).