

# З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



**ЄЛЬСЬКА**

**Ганна Валентинівна** — академік НАН України, доктор біологічних наук, професор, директор Інституту молекулярної біології і генетики НАН України, голова наукової ради Програми

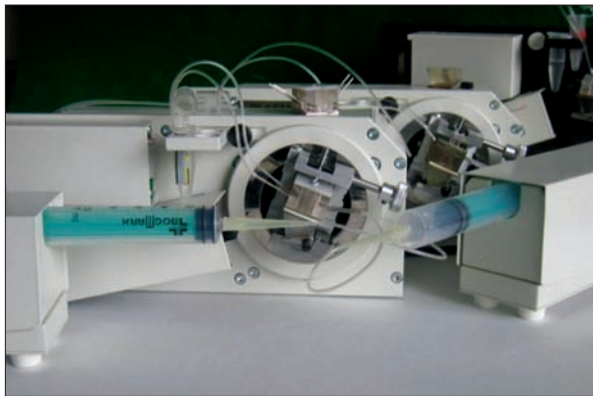
## **ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОГРАМИ НАН УКРАЇНИ «СЕНСОРНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ МЕДИКО- ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ПРОМИСЛОВО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ: МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ДОСЛІДНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ»**

**Стенограма наукової доповіді на засіданні  
Президії НАН України 14 лютого 2018 року**

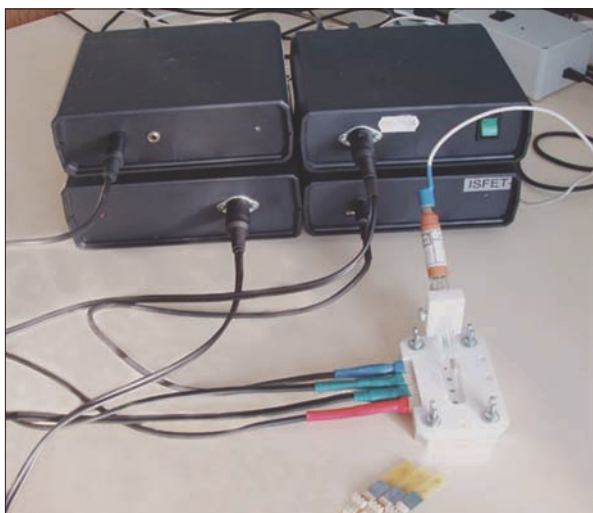
*У доповіді наведено найголовніші результати, отримані під час виконання комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація», обговорено ряд важливих питань, які стосуються створення сенсорних приладів, проведення їх сертифікації та метрологічної атестації.*

Шановні члени Президії!  
Шановні колеги!

Пропоную вашій увазі звіт про виконання комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація», яку можна розглядати як черговий етап розвитку біосенсорики і хемосенсорики в Україні. Розрахована на 2013–2017 рр. Програма була спрямована на доведення до необхідної технологічної кондиції приладів, які ми розробляли впродовж багатьох років. Уже пройдено довгий шлях від отриманих нами результатів фундаментальних і прикладних досліджень до завершення дослідно-конструкторських і технологічних робіт. Далі перед нами стояло завдання з вирішення важливих проблем, пов'язаних із сертифікацією та метрологічною атестацією експериментальних зразків створених нами сенсорних приладів. Процес цей дуже нудний і повільний, забирає чимало сил і часу, але це необхід-



Оптоелектронний біосенсор на поверхневому плазмонному резонансі для виявлення резистентних форм туберкульозу



Мультисенсор на основі ІСПТ для визначення основних метаболітів крові

ний етап впровадження наукових розробок у життя.

Отже, основною метою Програми було розроблення метрологічного забезпечення та дослідна експлуатація робочих експериментальних зразків приладів, готових до впровадження у практику для експресного аналізу в біотехнології, медицині, екології, а також для керування технологічними процесами в промисловості. За Програмою в 2013–2017 рр. було профінансовано 23 наукові проекти, в яких брали участь 14 установ п'яти відділень

НАН України, а саме: хімії; біохімії, фізіології і молекулярної біології; фізики і астрономії; фізико-технічних проблем енергетики; інформатики. Причому більшість проектів мали міждисциплінарний характер і виконувалися спільно фахівцями з різних академічних інститутів. Крім того, додаткове фінансування було залучено в рамках проектів Сьомої рамкової програми ЄС, програми НАТО «Наука заради миру і безпеки», УНТЦ. За результатами досліджень було опубліковано більш як 300 статей у високорейтингових профільних міжнародних журналах та понад 350 тез доповідей на наукових конгресах, конференціях, симпозіумах різного рівня, подано та оформлено близько 80 заявок на патенти.

Про актуальність цієї тематики та її відповідність світовим науково-технічним тенденціям сьогодення переконливо свідчить той факт, що 15 науковців, задіяних у виконанні Програми, мають індекс Гірша понад 10 і входять до рейтингу найцитованіших учених Академії:

Ельська Г.В.	h = 38	4115 цитувань;
Солдаткін О.П.	h = 34	3105 цитувань;
Сибірний А.А.	h = 29	7877 цитувань;
Дзядевич С.В.	h = 28	2400 цитувань;
Кальченко В.І.	h = 28	2340 цитувань;
Гончар М.В.	h = 18	1075 цитувань;
Пуд О.А.	h = 17	1311 цитувань;
Сергеева Т.А.	h = 17	1106 цитувань;
Литовченко В.Г.	h = 16	1260 цитувань;
Рачков О.Е.	h = 16	1197 цитувань;
Корпан Я.І.	h = 16	858 цитувань;
Архипова В.М.	h = 16	716 цитувань;
Чегель В.І.	h = 15	933 цитування;
Солдаткін О.О.	h = 14	576 цитувань;
Борисова Т.О.	h = 12	405 цитувань.

Під час виконання Програми було створено цілу низку експериментальних зразків сенсорних приладів. За браком часу я не зможу розповісти про кожен з них, тому приверну вашу увагу лише до окремих прикладів, які якнайкраще ілюструють їх важливість і значення для медицини, охорони довкілля, харчової промисловості тощо.

Отже, почнемо з біосенсорів для потреб медичної діагностики.

За даними ВООЗ, у 2014 р. приблизно 9,6 млн людей у світі захворіли на туберкульоз, а 1,2 млн людей померли від цього захворювання. В Україні, як ви знаєте, ситуація з туберкульозом є вкрай незадовільною. Однією з головних проблем на сьогодні є поширення резистентних форм туберкульозу, стійких до одного або навіть кількох протитуберкульозних препаратів. У 2014 р. у світі було діагностовано приблизно 480 тис. випадків хіміорезистентного туберкульозу, можливості лікування якого часто обмежуються малодоступністю і складністю його діагностики. Тому для ефективного лікування дуже важливо відразу з'ясувати, яка саме форма *Mycobacterium tuberculosis* у пацієнта.

Традиційні методи діагностування туберкульозу не дають змоги ефективно і швидко виявити резистентні форми. Так, метод вирощування культури Левенштейна–Єнсена дозволяє виявити стійкість *Mycobacterium tuberculosis* до антибіотиків лише через 4–6 тижнів; імуноферментний аналіз крові на наявність антитіл до *Mycobacterium tuberculosis* дає змогу тільки встановити факт зараження пацієнта і стадію розвитку хвороби; імуносенсори для розпізнавання збудників туберкульозу здатні розпізнавати їх, але не можуть визначити стійкість бактерій до антибіотиків; методи діагностування на основі ПЛР (полімеразна ланцюгова реакція) характеризуються складністю розпізнавання точкових мутацій і тривалістю дослідження продукту ПЛР.

Фахівці Інституту молекулярної біології і генетики НАН України та Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України розробили оптоелектронний біосенсор на поверхневому плазмонному резонансі для виявлення резистентних форм туберкульозу, який дозволяє швидко (за кілька годин) виявити, чи є в гені та сама специфічна мутація, яка призводить до резистентності, чи ні. Створено експериментальний зразок такого біосенсора і зараз тривають його метрологічні дослідження.

Інший приклад. У всьому світі хронічна хвороба нирок є серйозною медико-соціальною проблемою, яка набуває особливої актуальності



Портативний комбінований програмно-апаратний комплекс для ЕКГ та пульсової діагностики



Фотоплетизмограф «Гемодин», призначений для діагностики мікроциркуляторної ланки кровообігу

ті з огляду на стабільне (до 7% щороку) зростання кількості хворих, які потребують лікування методами замісної ниркової терапії — гемодіалізу. Основними показниками, за якими можна оцінити стан таких пацієнтів і необхідність проведення гемодіалізу, є концентрації сечовини та креатиніну в крові. Визначення цих показників за допомогою традиційних методів аналізу (спектрофотометричні, хроматографічні, ферментативні, інструментальні





Апарат для неінвазивної експрес-діагностики гелікобактеріозу шлунка «Гелікобактер»



Сенсорний прилад для аларм-терапії «Індикатор вологи ЕН»

тощо) пов'язане з цілою низкою труднощів: необхідність попередньої підготовки проби, значна трудомісткість і тривалість аналізу, висока вартість обладнання, недостатня селективність і чутливість, неможливість вимірювання в режимі реального часу та неможливість одночасного визначення двох метаболітів.

Розроблений в Інституті молекулярної біології і генетики НАН України та Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України мультисенсор на основі іон-селективних польових транзисторів (ІСПТ) для визначення основних метаболітів крові — глюкози, сечовини, креатиніну — дає змогу

проводити експрес-вимірювання безпосередньо біля ліжка хворого (є можливість створення приладу і для домашнього використання). На сьогодні виготовлено експериментальний зразок мультисенсора і проведено його метрологічну атестацію.

В Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України розроблено кілька приладів для діагностики стану серцево-судинної системи:

- портативний комбінований програмно-апаратний комплекс для ЕКГ і пульсової діагностики (виготовлено дослідну партію, проведено метрологічну атестацію та клінічні випробування);
- фотоплетизмограф «Пульсодин» для діагностики судин та стану людини, яка перебуває під впливом різних негативних факторів, зокрема пов'язаних з бойовими діями (виготовлено дослідну партію, проведено метрологічну атестацію та клінічні випробування);
- фотоплетизмограф «Гемодин» з пневматичним пристроєм для перетискання судин, призначений для діагностики мікроциркуляторної ланки кровообігу (виготовлено дослідну партію, проводиться метрологічна атестація та випробування);
- фотогомометр — портативний неінвазивний гемоглобінометр для визначення рівня гемоглобіну в тканинах людини (виготовлено дослідну партію, проводиться метрологічна атестація та випробування).

В Інституті біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України розроблено й виготовлено дослідну партію, проведено сертифікацію сенсорного приладу для неінвазивної експрес-діагностики гелікобактеріозу шлунка «Гелікобактер» (ТУ У 26.5-05417288-010:2014), а також виготовлено експериментальну партію апарата для лікування енурезу «Індикатор вологи ЕН» (ТУ У 26.5-05417288-011:2016), зараз завершується процес його сертифікації. Обидві розробки впроваджуються у виробництво.

Кілька слів про розроблені за Програмою біосенсори для екологічного моніторингу довілля та промислових зон.

Співробітники Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України та

Інституту органічної хімії НАН України розробили прилад для детектування наявності летких токсичних сполук у повітрі — так званий «Електронний ніс». Уже виготовлено експериментальний зразок та проведено метрологічну атестацію приладу.

Крім того, в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України у співпраці з Інститутом фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України створено та виготовлено експериментальний зразок сенсорного оптоелектронного газоаналізатора-течущукача для оцінки рівня загазованості гептилом, амілом та амоніаком з метою виявлення витоків компонентів ракетного палива. Проект виконується за підтримки Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля».

Науковці Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України розробили та виготовили лабораторні прототипи оптичного сенсора для виявлення вибухонебезпечних і токсичних газів, а також сенсорів для експресного визначення вмісту кисню і токсичних елементів у рідких середовищах з використанням інверсійного електрохімічного методу.

Дуже корисною на сьогодні для України є спільна розробка Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України та Інституту молекулярної біології і генетики НАН України — мультибіосенсор для визначення як загальної токсичності стічних вод, так і окремих токсичних речовин у них, зокрема орґанофосфорних пестицидів, іонів важких металів тощо (виготовлено експериментальний зразок та проведено метрологічну атестацію). Проблема виявлення пестицидів і агрохімікатів у сільськогосподарській продукції постає особливо гостро у зв'язку з необхідністю посилення контролю за якістю агропродовольчих товарів на внутрішньому ринку та з огляду на розширення експорту української аграрної продукції до ЄС, де контроль за цими речовинами є дуже жорстким. На вирішення цієї нагальної проблеми спрямовано також роботи, які проводяться в Інституті біоколоїдної хімії



Прилад для детектування наявності летких токсичних сполук у повітрі — «Електронний ніс»



Сенсорний оптоелектронний газоаналізатор-течущукач для виявлення витоків компонентів ракетного палива

ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України і стосуються дослідної експлуатації та атестації експресних біосенсорних аналізаторів для визначення стану ґрунтів сільськогосподарського призначення та якості аграрної продукції за показниками забрудненості органічними і неорганічними поліютантами.

Крім того, фахівці Інституту молекулярної біології і генетики НАН України та Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України створили портативну сенсорну систему на основі полімерів-біоміметиків (молекулярно-імпринтованих полімерних мембран) з каталітичними властивостями для визначення фенолів. Ця система має високі аналітичні характеристики і дуже проста в експлуатації, оскільки концентрація сорбованого з водних розчинів фенолу легко визначається за ступенем забарвлення мембрани. Вже виготовлено експериментальний зразок та проведено метрологічну



Оптичний сенсор для виявлення вибухонебезпечних та токсичних газів



Електрохімічний триелектродний мультисенсор для експресного визначення вмісту кисню і  $\text{Se(IV)}$  у рідких середовищах

атестацію цього приладу. Контроль за вмістом фенольних сполук у доквіллі дуже важливий, оскільки феноли, потрапляючи з промисловими викидами в повітря, природні води, ґрунти, згубно впливають на флору і фауну.

І насамкінець дуже коротко розповім про сенсорні прилади для потреб харчової промисловості та сільського господарства.

Як відомо, стероїдні глікоалкалоїди є натуральними фунгіцидами й інсектицидами картоплі та інших пасльонових культур, проте високі концентрації цих речовин у плодах спричинюють тяжкі отруєння, іноді навіть з летальним результатом. Глікоалкалоїди руй-

нують структуру клітинних мембран, а також інгібують холінестерази, які виконують ключову роль у передачі нервових імпульсів і детоксикації ксенобіотиків. На жаль, в Україні взагалі немає системи контролю за вмістом глікоалкалоїдів у продуктах харчування. Допомогти у запровадженні такого тестування може портативний аналізатор на основі електрохімічного біосенсора для вимірювання концентрації алкалоїдів у сільськогосподарських культурах та виготовлених з них харчовій продукції. Це розробка Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України та Інституту молекулярної біології і генетики НАН України. Можу зазначити, що під час виготовлення експериментального зразка цього приладу та проведення його метрологічної атестації нам неодноразово траплялися дослідні зразки картоплі зі значним перевищенням норми вмісту соланіну (до 250 мг/кг), що зайвий раз підкреслює важливість контролю стероїдних глікоалкалоїдів у продуктах харчування.

Розроблений в Інституті молекулярної біології і генетики НАН України спільно з Інститутом електродинаміки НАН України біосенсор для визначення лактози, мальтози, сахарози та глюкози у харчових продуктах також є дуже важливим для налагодження дієвої системи контролю за якістю харчових продуктів на вітчизняному ринку та за вірогідністю заявленої виробником інформації. За найоптимістичнішими оцінками, в Україні налічується понад 1,2 млн осіб, хворих на цукровий діабет, з року в рік зростає кількість людей, які страждають на непереносимість лактози чи мальтози. Тому мати достовірну інформацію про наявність цих речовин у харчах для них дуже важливо. Вже виготовлено експериментальний зразок та проведено метрологічну атестацію цього біосенсора.

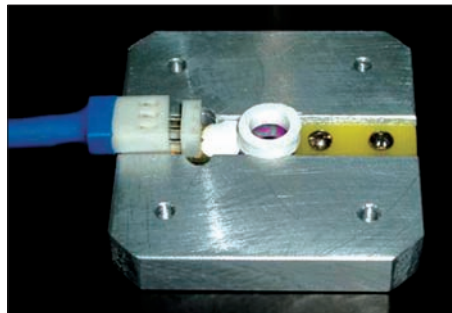
Хочу зазначити, що під час виконання Програми ми не лише зосереджували свої зусилля на процесах стандартизації та метрологічної атестації створюваних зразків сенсорних приладів, а й приділяли велику увагу пошукам партнерів — потенційних виробників цієї про-



дукції. На сьогодні є попередня домовленість з такими підприємствами, як Державний науково-інженерний центр мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України (Київ), Державне підприємство «Науково-виробничий центр «Енергоімпульс» Інституту електродинаміки НАН України» (Київ), СКТБ Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України (Київ), Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля» (Дніпро), Науково-виробниче підприємство «МЕТЕКОЛ» (Ніжин), Науково-виробнича фірма «VD MAIS» (Київ), Науково-виробнича фірма «Інженерна лабораторія» (Львів), Науково-виробниче приватне підприємство «Спаринг-Віст Центр» (Львів) та ін. Ці підприємства можуть і готові виготовляти розроблені нами апарати, але для запуску широкого серійного виробництва сенсорних приладів для медицини, охорони довкілля, харчової промисловості потрібне державне замовлення.

Крім суто прикладних досліджень, пов'язаних зі стандартизацією та метрологічною атестацією наших розробок, ми займалися і фундаментальними дослідженнями. Я лише перелічу окремі напрями, на яких було зосереджено нашу увагу:

- моделювання фізичних ефектів, електрохімічних і фізичних процесів, що лежать в основі функціонування сенсорних систем, розроблення теоретичних моделей функціонування біо- та хемосенсорних пристроїв;
- дослідження особливостей взаємодії біологічних макромолекул з наноструктурами різної природи та функціональних характеристик гібридних наноконструктивів з метою поліпшення аналітичних характеристик сенсорних систем;
- вивчення особливостей взаємодій біологічних макромолекул (ДНК–ДНК, антиген–антитіло, фермент–субстрат–інгібітор, рецептор–ліганд) за допомогою сенсорних методів;
- дослідження просторової будови та фізико-хімічних властивостей каліксаренів і біоміметиків, що імітують роботу біологічних макромолекул;



Мультибіосенсор для визначення загальної токсичності стічних вод та окремих токсичних речовин (пестицидів, іонів важких металів)

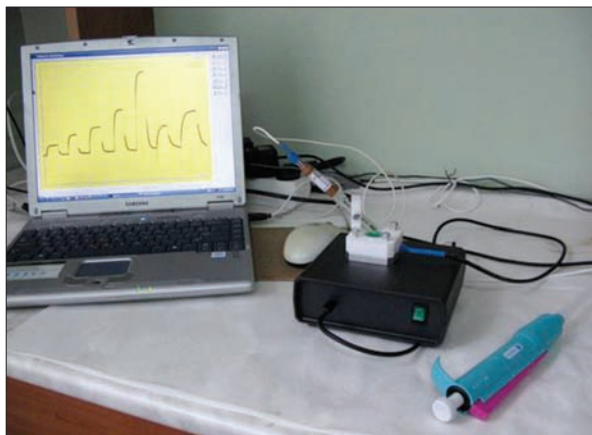


Портативна сенсорна система на основі полімерів-біоміметиків для визначення фенолів

- розроблення структури і архітектури мультисенсорної бездротової мережі для збору та обробки даних у режимі реального часу.

Шановні колеги! Сенсорні технології належать до ключових світових експоненціальних технологій, тобто технологій, параметри яких поліпшуються на десятки чи навіть сотні процентів за рік при незмінному рівні вартості. А якщо при цьому вони поєднуються з іншими технологіями, відбувається запрограмований технологічний вибух.

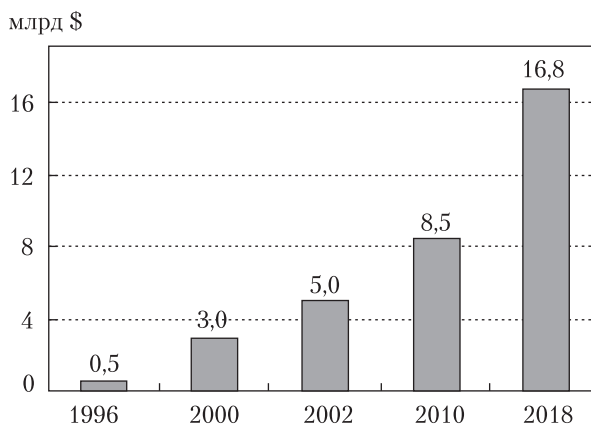
Наприклад, світовий ринок сенсорів за 10 років, починаючи з 2007 р., збільшився в тисячу разів, при цьому їхня вартість зменшилася, а функціональні можливості систем значно



Портативний аналізатор алкалоїдів у сільськогосподарських культурах і харчових продуктах



Біосенсор для визначення лактози, мальтози, сахарози і глюкози в харчових продуктах



Динаміка грошових інвестицій у розроблення біосенсорів у світі добре ілюструє експоненціальний характер розвитку цих технологій

розширилися. Аналіз грошових інвестицій у розроблення біосенсорів у світі добре ілюструє саме експоненціальний характер розвитку цих технологій. Так само за експонентою зростає і кількість публікацій з ключовим словом *biosensor*.

Отже, зважаючи на актуальність та перспективність сенсорних технологій, є пропозиція продовжити дослідження з цього напрямку в 2018–2022 рр. за цільовою програмою наукових досліджень НАН України «"Розумні" сенсорні прилади нового покоління на основі сучасних матеріалів та технологій». Метою нової програми є розроблення «розумних» сенсорних приладів нового покоління на основі сучасних матеріалів і технологій, створення переносних, багаторазових ефективних мініатюрних систем point-of-care (тобто систем, призначених для тестування безпосередньо на місці лікування хворого), готових до впровадження у практику для експресного аналізу в медицині, екології, біотехнології, харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості тощо.

«Розумні» сенсорні системи на основі сучасних матеріалів і технологій можуть якісно змінити організацію систем тестування біологічно активних, хімічних і токсичних речовин, удосконалити контроль параметрів та аналіз даних у системах промислового виробництва, охорони здоров'я та довкілля. Сенсорні прилади нового покоління комбінують біологічні чи біоміметичні чутливі елементи з окремими системами перетворення сигналу і характеризуються високою чутливістю, селективністю, простотою у використанні, швидкістю аналізу, широким діапазоном речовин для визначення.

«Розумною» складовою таких систем є елемент, що відповідає за розпізнавання певних аналітів і пропорційно їхнім концентраціям формує високоселективний сигнал системи. «Розумними» називають матеріали, які отримують, передають або обробляють сигнал і реагують, створюючи корисний ефект. Стимулами при цьому можуть бути тиск, температура, електричні і магнітні поля, хімічні речовини, гідростатичний тиск, ядерне випромінювання. У сенсорних системах використовують, зо-



крема, біологічні молекули (природні або модифіковані), каліксарени, матричні полімери-біоміметики, функціоналізовані наночастинки та комплекси на їх основі.

Ключем до створення «розумних» сенсорних систем є синергізм, який потенційно може привести до технологічного вибуху внаслідок комбінації технологій створення селективних чутливих елементів та фізичних перетворювачів. Це сприятиме появі нових ринків або радикальному трансформуванню старих. У процесі створення «розумних» сенсорних систем інженери-фізики розробляють мініатюрні, більш інтегровані технології; біологи і хіміки — більш селективні і чутливі елементи датчиків; фахівці з матеріалознавства і біотехнологій — засоби їх поєднання, ІТ-спеціалісти — програми для з'єднання сенсорів із системами обробки та візуалізації інформації.

Основними завданнями програми «Розумні» сенсорні прилади нового покоління на основі сучасних матеріалів та технологій» є такі:

- розроблення нових перспективних матеріалів на основі високих технологій, у тому числі «розумних» нано- і біотехнологій;
- створення сенсорних пристроїв нового покоління на основі «розумних» матеріалів;
- широке використання інтелектуальних комп'ютерних мереж при впровадженні сенсорних систем у практику;
- перехід до максимального спрощення та мініатюризації пристроїв, конструювання портативних систем для загальнодоступного використання;
- комбінація сенсорних систем зі смартфонами, GPS-системами та Інтернетом;
- дослідна експлуатація експериментальних зразків приладів у потенційних замовників;
- проведення метрологічних досліджень;
- розширення спектра речовин, які можуть бути визначені за допомогою розроблених систем.

Крім того, до основних завдань програми я б додала ще пошук підходів до отримання сигналу *in vivo* та його реєстрації. Зараз дуже актуальною і цікавою є проблема створення так званих датчиків здоров'я. Вони існують уже

сьогодні, відстежуючи тиск, пульс, температуру тіла, рівень цукру в крові, але тут йдеться про більш складні системи, які зможуть на ранніх стадіях виявляти порушення здоров'я, аналізуючи дані зсередини організму і сповіщаючи про наявність запалення, появу ракової пухлини, змінення у складі крові тощо. Створення датчиків здоров'я дуже тісно пов'язане зі створенням нанороботів, а отже, за цим напрямом ми маємо плідно співпрацювати з програмою Академії «Нанотехнології та наноматеріали».

На сьогодні у світі технологічний прогрес в індустрії та медицині найбільш інтенсивно відбувається насамперед у точках поєднання «розумних» матеріалів, молекулярних машин, наночастинок, нанороботів, сенсорних систем, мікроелектроніки та інформаційних технологій. Усі ці напрями є і досить успішно розвиваються в НАН України, що дає нам усі шанси рухатися далі в руслі світових науково-технічних тенденцій сьогодення і досягти успіхів у розробленні та виробництві «розумних» сенсорних систем.

Дякую за увагу!

## Виступи



### ПАЛАГІН

*Олександр Васильович — академік НАН України, заступник директора Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

В останнє десятиліття у світі на шляху науково-технічного прогресу спостерігається розвиток двох паралельних процесів. Перший з них пов'язаний з посиленням трансдисциплінарності в науці і технологіях. Він розпочався після дуже тривалого періоду диференціації науки і зараз проявляється у створенні кластерів конвергенції науки і технологій. Найвідомішим з них є НБІК-конвергенція — взаємовплив інформаційних технологій, біотехно-

логій, нанотехнологій і когнітивної науки (NBIC — аббревіатуру створено за першими літерами назв галузей: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology, Cognitive science).

Другий процес — інтелектуалізація в галузі засобів інформатики і обчислювальної техніки. Сьогодні цей процес вийшов на новий масштабний рівень, який без перебільшення можна назвати революцією, розширивши простір і функціональність свого застосування в суспільстві. Це вже привело до того, що з'явилися мережі, які добудовують сьогоднішній стандартний Інтернет як угору — до мережі знань, так і вниз — до первинної мережі сенсорної інформації.

Стратегічна європейська рамкова програма «Горизонт-2020» відкрила еру інтенсивного розвитку так званих смарт-технологій, або «розумних» технологій, інтернету речей, кіберфізичних систем різного рівня і призначення. Для підтримки цього напрямку було створено структуру спільної європейської технологічної ініціативи JTI (Joint Technology Initiative) і потужну асоціацію європейського лідерства ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership). Щороку ECSEL публікує стратегічний план реалізації програми досліджень та інновацій у галузі електронних компонентів, систем і технологій, які забезпечують розвиток основних функціональних доменів діяльності сучасного цифрового суспільства, а це — енергетика, транспорт, виробництво, система охорони здоров'я, екологія, безпека та інші аспекти функціонування суспільства на засадах сталого розвитку. Причому всі ці смарт-системи є результатом трансдисциплінарної взаємодії. До речі, в цьому контексті слово «smart» не лише в перекладі означає «розумний», а й є акронімом, частини якого — це критерії постановки завдань для досягнення цілі — **s**pecific (конкретність), **m**easurable (вимірюваність), **a**ttainable (досяжність), **r**elevant (доцільність), **t**ime-bounded (обмеженість у часі).

Україні конче потрібно знайти своє місце в цих процесах. Нещодавно Кабінет Міністрів

України схвалив Концепцію розвитку цифрової економіки і суспільства України на 2018–2020 рр. та затвердив план заходів з її реалізації. Це фактично дорожня карта цифрової трансформації вітчизняної економіки, яка ґрунтується саме на інтелектуальних інформаційних технологіях (смарт-технологіях). І Програма, яку ми розглядаємо сьогодні, повністю відповідає завданням, поставленим у зазначеній Концепції розвитку цифрової економіки.

Кілька слів скажу про розробки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, виконані в рамках цієї Програми, насамперед про розробки медичного і біологічного спрямування. Це вже згадані в доповіді сенсорні прилади для аналізу електрокардіограм і пульсової діагностики, неінвазивного вимірювання гемоглобіну і кровонаповнення в живих тканинах, дослідження стану мікроциркуляції крові в судинах, прилади на основі поверхневого плазмонного резонансу для біохімічних досліджень та контролю якості продуктів, засоби безконтактного дослідження магнітних властивостей біологічних об'єктів за допомогою СКВІД-сенсорної магнітометричної системи та ін.

Деякі з цих приладів уже успішно застосовуються в Україні і навіть довели свою конкурентоспроможність на світовому ринку. Наприклад, бездротову мультисенсорну мережу підтримки цифрового землеробства на основі приладу «Флоратест» завдяки зовнішнім інвестиціям вдалося довести до серійного виробництва, і тепер система постачається в Німеччину і на Тайвань.

На зразки сенсорних систем, створених за Програмою, лише в нашому Інституті було отримано 21 свідоцтво про державну метрологічну атестацію, за результатами проведених досліджень опубліковано близько 70 наукових статей, одержано 39 патентів, зроблено більш як 80 доповідей на конференціях різного рівня.

Отже, звертаюся з проханням до Президії НАН України підтримати продовження зазначеної Програми на 2018–2022 рр., оскільки створення «розумних» сенсорних приладів нового покоління — це той напрям, який потрібен

Україні сьогодні. Одним із головних завдань Програми є налагодження серійного випуску інноваційної продукції, а саме цього держава зараз і очікує від науки.



**КАЛЬЧЕНКО**  
*Віталій Іванович* —  
член-кореспондент  
НАН України, директор  
Інституту органічної хімії  
НАН України

Як відомо, найвагоміші проривні результати з'являються під час виконання досліджень на стику наук. Обговорювана сьогодні Програма об'єднала науковців різних спеціальностей — біологів, хіміків, фізиків, фахівців з інформаційних технологій, матеріалознавців, конструкторів. І це наша перевага, що в Академії можна залучити до виконання таких великих міждисциплінарних проектів фахівців з практично будь-яких напрямів.

У результаті проведених досліджень було створено низку сенсорних пристроїв, які на сьогодні вже сертифіковані та готові до практичного впровадження. Однак комерціалізація розробок — справа не менш складна, ніж створення самого продукту. І нам цього ще потрібно навчитися.

Важливим результатом Програми, крім розроблення приладів, є отримання нових знань, набуття досвіду, продукування проривних ідей. Нова Програма буде присвячена створенню покоління сенсорних приладів, основаних на так званих смарт-матеріалах і новітніх технологіях, які зараз з'явилися у світі. Головний її пріоритет — вирішення проблем медицини та екології, що надзвичайно актуально сьогодні для нашої країни.

Під час виконання попередньої Програми сформувався міждисциплінарні творчі колективи, які за своїм науковим потенціалом здатні створювати такі прилади. Так, зараз ми патентуємо сенсор для визначення амінокис-

лот, який можна використовувати в медичній діагностиці. Це спільна розробка Інституту органічної хімії НАН України, Інституту молекулярної біології і генетики НАН України та Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. Під час роботи ми навчилися не лише визначати амінокислоти, а й розрізняти їх стереоізомерні D- і L-форми. L-форми — це природні амінокислоти, з яких побудовано протеїнові структури всіх живих організмів. Натомість D-форми є неприродними і часто шкідливими стереоізомерами амінокислот. Відомо, що D-амінокислоти трапляються в організмі людини при хворобі Альцгеймера, а також наявні в генно-модифікованих рослинах, зокрема в кукурудзі. Отже, за допомогою розробленого сенсора можна на ранніх стадіях діагностувати хворобу Альцгеймера та перевіряти харчові продукти на вміст ГМО.

І це лише один приклад. У новій Програмі братимуть участь науковці з 15 академічних інститутів. Усі вони мають свої цікаві напрацювання та ідеї. Тому вважаю, що продовження досліджень з цього напрямку матиме величезну користь.



**ЛАМЕКО**  
*Олександр Львович* —  
кандидат технічних наук,  
директор Державного  
підприємства «Науково-  
виробничий центр  
«Енергоімпульс» Інституту  
електродинаміки НАН  
України»

Головною метою діяльності Державного підприємства «Науково-виробничий центр «Енергоімпульс» є організація впровадження результатів цілеспрямованих фундаментальних і прикладних досліджень та розробок учених Інституту електродинаміки НАН України.

За весь період існування нашого Центру ми накопичили величезний досвід з реалізації розробок нестандартної наукової апаратури.

За нашими плечима створення 8 державних метрологічних еталонів, ми маємо досвід



співпраці з Державним підприємством «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля».

Зараз ми долучилися до порівняно нової для нас тематики зі створення біосенсорних систем. Цей напрям робіт виявився дуже цікавим для нас. Уже створено кілька дослідних зразків, проведено їх метрологічну атестацію, порівняння з еталонами.

Ознайомившись із Концепцією нової цільової програми наукових досліджень НАН України «“Розумні” сенсорні прилади нового покоління на основі сучасних матеріалів та технологій» на 2018–2022 рр., ми сприйняли її з інтересом і можемо запевнити, що сьогодні наше підприємство готове брати участь у її реалізації.



#### **КОМИСАРПЕНКО**

*Сергій Васильович — академік НАН України, академік-секретар Відділення біохімії, фізіології і молекулярної біології НАН України, директор Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України*

Хочу привернути вашу увагу до двох аспектів, пов'язаних з обговорюваною сьогодні темою. По-перше, нам, ученим, потрібне чітке соціальне замовлення на необхідні наукові розробки. Таке замовлення зробить наші завдання в рамках Програми більш цілеспрямованими

і, зрештою, більш затребуваними. Для цього слід налагодити тіснішу співпрацю з представниками НАМН України, НААН України, МОЗ України, які можуть запропонувати нам широку панель речовин та мікроорганізмів, шкідливих для людини, тварин і рослин, які необхідно ідентифікувати, зокрема за допомогою біосенсорів. А по-друге, зрозуміло, що всі наші зусилля з впровадження наукових розробок будуть марними без державної підтримки інновацій, насамперед у галузі біотехнологій. Наприклад, всім відомо, що *Helicobacter pylori* спричинює виразкову хворобу шлунка і підвищує ризик розвитку раку шлунка. Дуже важливо діагностувати наявність цих бактерій на самому початку захворювання і охопити скринінгом якомога ширше коло людей. У рамках Програми, яку ми сьогодні обговорюємо, в Інституті біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України створено сенсорний прилад «Геліко-тестер» для неінвазивної експрес-діагностики гелікобактеріозу. Цей прилад простий, дешевий і дуже зручний у застосуванні. Зараз налагоджується його виробництво на профільному підприємстві, але для впровадження апарата у широку медико-діагностичну практику конче потрібна державна підтримка. Без такої підтримки і відповідного соціального замовлення він так і залишиться на довгій полиці наших наукових розробок — важливих, корисних, але не запитаних і не впроваджених.

*За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик*

*A.V. Yel'ska*

Institute of Molecular Biology and Genetics of the National Academy of Science of Ukraine (Kyiv)

ABOUT THE RESULTS OF IMPLEMENTATION OF THE COMPLEX SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAM OF NAS OF UKRAINE “SENSORY DEVICES FOR MEDICAL-ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL-TECHNOLOGICAL NEEDS: METROLOGICAL SUPPORT AND EXPERIMENTAL OPERATION”

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, February 14, 2018

The report presents the main results obtained during the implementation of the complex scientific and technical program of NAS of Ukraine “Sensory devices for medical-ecological and industrial-technological needs: metrological support and experimental operation”, discusses a number of important issues concerning the creation of sensory devices, their certification and metrological attestation.