



ПРЕЗИДІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ПОСТАНОВА

14.01.2015

м.Київ

№ 1

Про виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2009 року № 1231

Заслухавши та обговоривши доповідь співголови Міжвідомчої науково-координаційної ради з організації та супроводу виконання завдань та заходів Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» (далі – Програма) академіка НАН України А.Г.Наумовця, Президія НАН України відзначає, що завдяки виконанню Програми отримано вагомні результати, які сприяли реалізації таких пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, як «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави», «Енергетика та енергоефективність», «Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань», «Нові речовини і матеріали».

Протягом 2010-2014 рр. у виконанні 120 проектів Програми на конкурсних засадах брали участь наукові співробітники 39 наукових установ восьми відділень НАН України: інформатики, фізики і астрономії, фізико-технічних проблем енергетики, фізико-технічних проблем матеріалознавства, ядерної фізики та енергетики, хімії, біохімії, фізіології і молекулярної біології, загальної біології, а також установ при Президії НАН України.

При реалізації Програми одержані такі головні наукові та науково-технічні результати.

Фундаментальні результати, що є основою для розроблення нових наноматеріалів, наноприладів та нанотехнологій:

– створено нові методи керованої функціоналізації поверхонь та наночастинок металів органічними моношарами для їх використання в молекулярно-електронних і електролюмінесцентних приладах та нанобіотехнологіях;

– визначено пороги та діаграми спрямованості випромінювання двовимірних мікролазерів довільної форми, плазмонних нанолазерів, закладено основи для розроблення нових мікролазерів з покращеними характеристиками;

– досліджено напівпровідникові гетероструктури з квантовими ямами та дельта-легованими бар'єрами, які забезпечують можливість керування електричним полем статичного та НВЧ-опору, зокрема реалізацію від'ємної диференційної провідності, що створює основу для розроблення новітніх приладів, генераторів та детекторів у новому – терагерцовому – НВЧ-діапазоні;

– здійснено синтез світловипромінювальних матеріалів $\text{SiO}_2:\text{C}$ у вигляді поруватих шарів і нанопорошків. Наноструктурований $\text{SiO}_2:\text{C}$ є потенційно перспективним матеріалом для використання його як люмінофора для перетворення ультрафіолетового випромінювання на видиме біле світло з високими кольоровими характеристиками;

– на основі досліджень філаментації фемтосекундного випромінювання у твердотільних керрівських середовищах запропоновано новий метод скорочення тривалості імпульсів від 160 до 65 фсек, який впроваджено у дослідницьких прецизійних часороздільних методиках при Центрі колективного користування приладами «Лазерний фемтосекундний комплекс» Інституту фізики НАН України для досліджень швидкоплинних процесів у наноматеріалах.

Наноматеріали:

– досягнуто багаторазове підвищення механічних характеристик, покращення корозійної стійкості, зносостійкості та біосумісності чистого нанокристалічного титану завдяки створенню нової технології, що дозволяє ширше застосовувати титан як функціонально придатний матеріал у медицині (трансплантати, інші вироби медичного призначення) та конструкційний матеріал в аерокосмічній, машинобудівній, оборонній та інших галузях;

– виготовлено нанокерамічні матеріали на основі нітриду кремнію з низьким коефіцієнтом тертя, що подовжує ресурс роботи механізмів у 2–3 рази. Такі матеріали можна експлуатувати при високих температурах та в агресивних середовищах, зокрема в авіадвигунах та турбінах;

– отримано високоентропійні покриття, що підвищують зносостійкість різальних інструментів у 5–7 разів;

– розроблено промислові наноструктуровані цинк-силікатні покриття для протикорозійного захисту металопрокату;

– запропоновано нанонастила на основі графеноподібних дихалькогенідів молібдену і вольфраму, що суттєво підвищують характеристики промислових олиव;

– розроблено дослідно-промислові технології отримання нанопорошків титанату барію, нітридів бору і титану, карбонітриду титану та запропоновано проект ділянки дослідно-промислового виробництва таких порошків.

Наноелектроніка:

– створено технологію формування резонансно-тунельних структур на кремнієвих нанопровідниках та нановіскерах, що дало змогу розробити на основі кремнієвих нановіскерів конструкцію та технологію виготовлення датчика прискорення для надчутливих акселерометрів;

– розроблено технологічні схеми виготовлення діодних чипів з наноструктурованими дифузійними бар'єрами і різними (в тому числі поруватими) бар'єрними шарами, що розділяють активний шар і підкладку напівпровідника. Це дозволило виготовити макети фосфід-індієвих і нітрид-галієвих діодів Ганна з вихідними параметрами на рівні світових аналогів;

– підготовлено конструкторську документацію для побудови субгармонійних змішувачів на діодних бар'єрах Шотткі та виготовлено експериментальні зразки таких змішувачів для робочого діапазону частот 220–325 ГГц і 325–400 ГГц, що призначені для новітніх систем радіолокації, радіонавігації, радіо і телебачення, наукового приладобудування;

– створено технологію інтерференційної літографії на основі реверсивних і перехідних фотостимульованих змін структури шарів халькогенідних стекел, що може бути застосована при виробництві оптичних елементів спектральних приладів, оптичних сенсорів, фотоприймачів, поляризаторів, поляризаційних фільтрів, в інтегральній оптиці тощо;

– реалізовано елементи механічної та електрохімічної нанозондової літографії і маніпулювання нанооб'єктами в галузі наноелектроніки і нанобіосенсорики.

– розроблено технологію двопроменевого імпульсного лазерного нанесення наноструктурованих плівок високотемпературного надпровідника для потреб сучасної електротехніки та електроніки.

Нанохімія:

– розроблено склад і технології виготовлення структурованих нанофазних каталізаторів на основі оксидів металів, сформованих на поверхні вогнестійких керамічних блокових носіїв стільникової структури із синтетичного кордієриту, для комплексного очищення газових викидів від токсичних домішок $\text{CO}/\text{NO}_x/\text{C}_n\text{H}_m$, окиснення

вуглеводневого палива в каталітичних генераторах тепла, одержання водневого палива (синтез-газу);

– підготовлено до впровадження технології одержання нанокompозитних іонітів на основі іонообмінних полімерів, що можна застосувати для водопідготовки, очищення рідких промислових стоків, харчових продуктів, у каталітичних процесах органічного синтезу тощо;

– розроблено наноструктуровані фотополімеризаційноздатні композитні матеріали на основі акрилатних олігомерів різної природи, кремнійорганічних модифікаторів та наночастинок напівпровідників, які можуть бути використані при створенні фотоадгезивів, компонентів маркувальних фарб, захисних покриттів, люмінесцентних матеріалів тощо;

– встановлено можливість застосування нанокompозитних полімерних матеріалів як оптичних клеїв для з'єднання конструкційних елементів оптоелектронних пристроїв.

Нанобіотехнології:

– здійснено синтез нових наноструктурних каліксаренових рецепторів біомолекул, що є основою для виробництва важливих лікарських засобів та виготовлення наноматеріалів біомедичного призначення;

– запропоновано нові підходи до регулювання активності терапевтично значимих протеїнтирозинфосфатаз, які можуть стати основою для створення нових ліків проти діабету 2 типу, ожиріння, раку та імунних захворювань;

– підготовлено проект типового регламенту виробництва біоактивних порошків гідроксоапатиту і трикальційфосфату з адсорбованими на них ліками для клінічного застосування;

– удосконалено технології одержання різних видів наноструктурованої біоактивної кераміки та організовано дослідно-промислове виготовлення імплантатів для відновлення кісткової тканини і адресної доставки ліків;

– отримано біосумісний біметалічний нанокompозит з низьким токсичним впливом на печінку і нирки піддослідних тварин для створення препаратів діагностики та лікування онкологічних захворювань;

– створено тест-систему для ранньої діагностики пухлин молочної залози та хвороби Альцгеймера, що дозволяє детектувати протеїнові маркери цих захворювань у фізіологічних рідинах, таких, як плазма крові та спинномозкова рідина;

– оптимізовано схему одержання імуноліпосом, навантажених доксорубіцином, і досліджено тканинну локалізацію й динаміку виведення імуноліпосом з організму здорових лабораторних тварин з метою адресної доставки ліків до пухлинних клітин;

- отримано нанотехнології одержання трубчастих футлярів, що можуть використовуватися як дозатори медичних засобів;
- розроблено новий стратегічний підхід і методологію екстракції холестеролу з нервових терміналей головного мозку за допомогою складного комплексу наночастинок магнетиту з наночастинками агрегатів β -циклодекстринів, доведено його нейропротекторний ефект при ішемічних/гіпоксичних ураженнях головного мозку;
- апробовано технологію отримання нанопровідників на основі рослинних вірусів та їх модифікації частинками металів з метою виробництва матеріалів для нано- та оптоелектроніки, медицини, зокрема для створення дешевих чипів пам'яті з високою щільністю запису, сенсорних елементів різного призначення, нанотранзисторів для інтегральних схем, систем технологічного контролю, а також для транспорту терапевтично значимих біологічно активних речовин;
- продемонстровано ефективність використання ліпідних везикулярних наноструктур, одержаних промисловим способом, у харчовій промисловості, сільському господарстві, ветеринарії, а також як харчових добавок у комплексній лікувальній терапії хворих з гострими станами, що потребують тривалого лікування, та хворих з функціональними порушеннями шлунково-кишкового тракту;
- виготовлено дослідні зразки нанокомпозитних амперометричних біосенсорів на основі іммобілізованих оксидоредуктаз для чутливого і селективного детектування глюкози, холіну, метиламіну, формальдегіду та D-амінокислот.

Нанотехнології для енергетики:

- створено гібридні нанокомпозити на основі електропровідних полімерів та сполук перехідних металів, зокрема пентаоксиду ванадію, з високими функціональними електрохімічними характеристиками – питомою ємністю, здатністю до швидкого заряду-розряду, малим опором переносу заряду, що відкриває широкі перспективи для їх використання в літійових акумуляторах нового покоління;
- одержано нанокомпозитні електродні матеріали для суперконденсаторів на основі електропровідних полімерів (поліанілін, поліпірол) та функціоналізованих багатостінних вуглецевих нанотрубок;
- вирішено проблему заміни графіту на кремній в анодах літій-іонних акумуляторів, що дозволяє збільшити ємність промислових літійових акумуляторів типорозміру R18650 від 2,6 до 4,5 А·год зі збереженням робочої напруги 3,8 В;
- розроблено підходи до створення щільних кремнійвмісних електродів, формування стабільної межі поділу «кремнійвмісний електрод/електроліт» і запобігання прямому контакту електроліту з поверхнею кремнію та агрегації наночастинок, а також наукові засади модифікування поверхні нанокремнієвих матеріалів і принципово нову

рецептуру електролітів для літєвих акумуляторів, що дозволило досягти унікально високої зворотності електродів з великими навантажувальними значеннями ємності;

– синтезовано наноструктуровані вуглецеві матеріали, які можуть застосовуватися в пристроях для зберігання енергії (конденсатори подвійного шару, аноди літій-іонних акумуляторів), а також для охорони довкілля (адсорбенти метану, концентратори малих кількостей речовин для їх подальшого аналізу, наповнювачі хроматографічних колонок);

– одержано наноккомпозити і наногетероструктури на основі графену, оксидів Ti, Mn, W і селеніду кадмію для електродів фотоелектрохімічних систем перетворення сонячної енергії.

Нанодіагностика:

– розроблено методи високороздільної рентгенівської дифрактометрії для аналізу деформаційного стану, компонентного складу та визначення густини, товщини і шорсткості поверхні наноматеріалів;

– створено вітчизняну технологію виготовлення підкладок для виконання поверхнево-підсиленої раманівської спектроскопії, що дозволяє в 10^4 - 10^6 разів підвищити чутливість виявлення ультрамалих кількостей різних хімічних сполук. Організація виробництва таких підкладок в Україні дасть можливість відмовитися від імпорту зарубіжних аналогів, вартість яких становить ~50 \$ за 1 шт.;

– розроблено та атестовано Державним підприємством «Укрметртестстандарт», а також впроваджено в Інституті напівпровідників ім.В.Є.Лашкарьова НАН України методику вимірювання товщинного розподілу елементного складу та товщини багатошарових твердотільних покриттів нанометрових розмірів методом мас-спектрометрії вторинних нейтральних частинок для діагностики наноматеріалів, наноструктур та аморфних сплавів;

– організовано випробувальну лабораторію вимірювань геометричних параметрів поверхні відповідно до вимог УкрСЕПРО, яка атестована Державним підприємством «Укрметртестстандарт». Виконується діагностика поверхонь на замовлення Казенного підприємства «ЦКБ Арсенал», Спеціалізованого підприємства «Голографія» та інших науково-дослідних установ і підприємств. Лабораторія тісно співпрацює з вищими навчальними закладами у підготовці спеціалістів у галузі високих технологій.

Найвагоміші результати Програми, впроваджені у виробництво:

– створено старт-ап компанію ТОВ «Нанотехцентр» для виробництва до 350 тонн нанопорошків на рік (Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України);

– технологію отримання нанодисперсного діоксиду цирконію для зносостійких сопел гідрозбивачів окалини, плунжерів шахтних гідронасосів і маслостанцій (Донецький фізико-технічний інститут ім.О.О.Галкіна НАН України) впроваджено на Маріупольському металургійному комбінаті ім.Ілліча, шахті ім.О.Ф.Засядька;

– промислову технологію виробництва нанокристалічних стрічкових магнітопроводів (Інститут металофізики ім.Г.В.Курдюмова НАН України) впроваджено на підприємстві ТОВ «Мелта»; з їх використанням виготовлено близько 1 млн. одиниць високоекономічних компактних трансформаторів і дроселів на електротехнічних та приладобудівних підприємствах «Олтест», «Біонтоп», «Хартрон-Плант», «Запорізький завод Перетворювач», «Київський завод автоматики ім.Г.І.Петровського», «Радар», «Аеротехніка-МЛТ»;

– створено дослідно-промислову установку одержання високоефективного наносаруватого нафтосорбенту продуктивністю 4–5 м³ за годину, а також розроблено автономну самохідну установку на шасі вантажного автомобіля ГАЗ-66 для одержання 3–4 м³ такого нафтосорбенту за годину безпосередньо на місцях аварійного розливу нафти та нафтопродуктів (Інститут газу НАН України);

– на Новокраматорському металургійному заводі виконано дослідно-промислову перевірку розробок Інституту електрозварювання ім.Є.О.Патона НАН України, яка підтвердила підвищення функціональних властивостей зварних з'єднань високоміцних низьколегованих сталей та зниження ризику їх крихкого руйнування завдяки позитивному впливу наноутворень на умови формування мікроструктури металу зварних швів;

– технологію нанесення надтвердих покриттів TiN на плунжери паливної апаратури для літаків впроваджено на Харківському машинобудівному заводі «ФЕД» (ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України);

– в Інституті технічної теплофізики НАН України на основі дискретно-імпульсного введення енергії розроблено технологію одержання ліпідних наноструктур і підтверджено ефективність їх використання у рослинництві при обробці насіння та вегетуючих рослин (впроваджено на ДП «Київська лісова науково-дослідна станція» і ТОВ «НДІ сої»), у ветеринарії для лікувального і профілактичного харчування тварин препаратом «Мембраностабіл» (підтверджено Національним університетом біоресурсів і природокористування, впроваджено на ТДВ «Терезине» та ТОВ «Стейкагро»); визначено оптимальні режими аерації та реагентної обробки, а також знезалізнення води (впроваджено на ПАТ «Закарпатнерудпром»).

Важливим результатом виконання Програми є також збереження і зміцнення кадрового потенціалу НАН України в галузі нанонаук і нанотехнологій, про що свідчить захист протягом звітнього періоду 22 докторських та 63 кандидатських дисертацій за відповідними

спеціальностями. Автори проектів опублікували 57 монографій, 42 огляди, 2126 статей, зробили понад 2 тисячі доповідей на наукових конференціях, отримали 164 патенти та подали 127 заявок на винаходи. Інститути-виконавці Програми організували близько 90 міжнародних та вітчизняних конференцій, симпозіумів та семінарів з нанотематики. Проведено 2 міжнародні технологічні зустрічі «Нанотехнології та наноматеріали для бізнесу і виробничої сфери», мета яких – оперативне донесення інформації до представників бізнесу та виробничої сфери про перспективні розробки вчених НАН України, сприяння комерціалізації і впровадженню науково-технічних результатів. За результатами такої зустрічі в 2014 році опубліковано збірник «Нанотехнології та наноматеріали», в який увійшло понад 100 описів наукових розробок українською та англійською мовами. Створено бізнес-портал «Нанотехнології та наноматеріали», який містить інформацію про технологічні розробки за результатами виконання Програми та встановлює нові стандарти взаємодії між науковцями та бізнесом шляхом надання їм інтегрованих web- та бізнес-рішень. Результати роботи за Програмою відображені у колективній монографії «Наноразмерные системы и наноматериалы: исследования в Украине», що видана у паперовій та електронній версіях (Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2014, 768 с.), а також у низці публікацій у пресі та радіо- і телепередачах.

Разом з тим Президія НАН України відзначає, що рівень впровадження одержаних результатів далеко не відповідає їх інноваційному потенціалу, а також потребам економіки України. Це вимагає подальших зусиль, спрямованих на ширше інформування урядових структур, представників бізнесу та широкої громадськості про результати виконання Програми. Необхідно прискорити виконання завдань Концепції розвитку НАН України на 2014–2023 рр. щодо удосконалення інноваційної діяльності та комерціалізації розробок. Слід також активізувати участь НАН України у підготовці удосконаленого законодавства України у сфері науково-технічної діяльності, державно-приватного партнерства та міжнародного наукового співробітництва.

Президія НАН України постановляє:

1. Доповідь співголови Міжвідомчої науково-координаційної ради з організації та супроводу виконання завдань та заходів Програми академіка НАН України А.Г.Наумовця взяти до відома. Відзначити важливість отриманих результатів для вирішення стратегічних завдань науки і техніки та розширення бази фундаментальних знань, необхідних для подальшого розвитку нових нанотехнологій, створення нових приладів та матеріалів для застосування їх в електроніці, інформаційних технологіях, біоінженерії, медицині, приладобудуванні тощо.

2. Схвалити діяльність Міжвідомчої науково-координаційної ради з організації та супроводу виконання завдань і заходів Програми щодо забезпечення координації досліджень у рамках Програми, здійснення необхідних заходів для обміну між виконавцями науковою інформацією та одержаними результатами.

3. Співголові Міжвідомчої науково-координаційної ради з організації та супроводу виконання завдань і заходів Програми академіку НАН України А.Г.Наумовцю забезпечити:

3.1. Підготовку звіту про виконання Програми державному замовнику-координатору відповідно до наказу Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 04.12.2009 № 1367.

3.2. Аналіз отриманих результатів з метою підготовки та подання до урядових структур доповідних записок про ті з них, впровадження яких може мати важливе значення на державному чи регіональному рівні.

3.3. Організацію експозиції результатів виконання програми на виставці науково-технічних розробок НАН України та інших виставкових заходах.

3.4. Публікацію в журналі «Вісник Національної академії наук України», а також у ЗМІ та Інтернеті інформації про результати виконання Програми.

4. Контроль за виконанням цієї постанови покласти на Секцію фізико-технічних і математичних наук НАН України.

Президент
Національної академії наук України
академік НАН України

Б.Є.Патон

В.о.головного вченого секретаря
Національної академії наук України
член-кореспондент НАН України

В.Л.Богданов