

А.Г. НАУМОВЕЦЬ, С.А. БЕСПАЛОВ

**ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ –
ЗАПОРУКА РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**
III Міжнародна наукова конференція «Наноструктурні матеріали – 2012:
Росія – Україна – Білорусь» (НАНО-2012)

На виконання рішення II Міжнародної наукової конференції «Наноструктурні матеріали – 2010: Білорусь – Росія – Україна» (НАНО-2010), яка проходила в Києві в 2010 р., за ініціативою Російської академії наук, Національних академій наук України та Білорусі з 19 по 22 листопада 2012 р. у Санкт-Петербурзі на базі Санкт-Петербурзького наукового центру РАН та Інституту хімії силікатів ім. І.В. Гребенщикова РАН було проведено III Міжнародну наукову конференцію «Наноструктурні матеріали – 2012: Росія – Україна – Білорусь» (НАНО-2012). Мета цього форуму полягала у зміцненні координації зусиль учених трьох країн у галузі вивчення закономірностей наносвіту, розроблення та дослідження новітніх речовин і наноматеріалів, просування нових нанотехнологій на світовий ринок.

Організаторами Конференції виступили Відділення нанотехнологій та інформаційних технологій РАН, Наукова рада РАН з керамічних матеріалів, Санкт-Петербурзький науковий центр РАН, Інститут хімії силікатів ім. І.В. Гребенщикова РАН, Санкт-Петербурзький Академічний університет – науково-освітній центр нанотехнологій РАН, Інститут металургії та матеріалознавства ім. О.О. Байкова РАН. Спонсори заходу – Відділення хімії та наук про матеріали РАН і Російський фонд фундаментальних досліджень.

Проведення Конференції викликало значний інтерес серед наукової громадськості. У її роботі взяли участь понад 500 науковців, з яких більш як 200 учених із Росії, близько 180 – з України, 110 – з Білорусі, а також 10 представників далекого зарубіжжя – Німеччини, Польщі, Сінгапуру, Туреччини, Швеції. Про авторитетність цього річного заходу свідчить той факт, що до складу його Організаційного комітету ввійшли 26 академіків, у тому числі віце-президенти РАН Ж.І. Алфьоров і С.М. Алдошин, віце-президенти НАН України А.Г. Наумовець і В.Д. Походенко, керівник апарату НАН Білорусі П.О. Вітязь.

Від України в програмі Конференції було заявлено близько 140 пленарних, усних та стендових доповідей. Безпосередньо на цьому форумі були присутні близько 40 українських науковців. Загалом на Конференції було заслухано 14 пленарних і 100 усних повідомлень, а також представлено близько 200 стендових доповідей за такими науковими напрямками:

1. Фундаментальні дослідження фізики, хімії та біології наностану.
2. Синтез і технологія наноматеріалів.
3. Різні аспекти використання нанотехнологій:
 - біокаталітичні, біосинтетичні й біосенсорні технології;
 - біомедичні та ветеринарні технології;
 - комп'ютерне моделювання наноматеріалів, нанопристроїв і нанотехнологій;



Організаційний комітет Конференції.

Зліва направо: керівник апарату НАН Білорусі П.О. Вітязь, віце-президент НАН України А.Г. Наумовець, віце-президент РАН Ж.І. Алфьоров, академік РАН В.Я. Шевченко

- технології біоінженерії;
- технології діагностики наноматеріалів та нанопристроїв;
- технології нових і відновлюваних джерел енергії, в тому числі воднева енергетика;
- технології одержання й оброблення конструкційних наноматеріалів;
- технології отримання та оброблення функціональних наноматеріалів;
- технології моніторингу і прогнозування стану навколишнього середовища, запобігання та ліквідації його забруднення;
- технології створення енергоощадних систем транспортування, розподілу та використання енергії.

Відкрив зібрання віце-президент РАН, лауреат Нобелівської премії академік РАН **Жорес Іванович Алфьоров**, який у вступному слові наголосив на тому, що у сучасному світі постійно зростає роль нанотехнологій, які вже знайшли застосування фактично в усіх сферах діяльності людини. Водночас перехід досліджень на нанорівень виявив багато ще не розкритих проблем, пов'язаних із впливом нанорозмірних ефектів, межі поділу, особливостей наноструктур.

Конференція засвідчила високий рівень представлених результатів досліджень і розробок, виявила тенденції до комплексності

підходів і широкої інтеграції фізики, хімії, матеріалознавства, біології, медицини у вирішенні питань, пов'язаних із діагностикою наносистем, вивченням закономірностей створення і функціонування наноматеріалів, впровадженням наукових розробок у практику.



Віце-президент РАН, лауреат Нобелівської премії академік РАН Ж.І. Алфьоров



Керівник апарату НАН Білорусі
академік НАН Білорусі П.О. Вітязь

У доповідях було проаналізовано досягнення світового рівня в галузі нанотехнологій, представлено оригінальні результати досліджень фізико-хімічних і біологічних процесів, обговорено проблеми методів синтезу, діагностики і властивостей нанорозмірних систем різної природи, впливу технологічних і зовнішніх факторів на їхню структуру та стабільність. На основі проведених фундаментальних досліджень значною мірою було розширено уявлення про природу самоорганізації, будову і властивості наносистем, розглянуто перспективи створення нових класів матеріалів і новітніх технологій та застосування їх у різних галузях економіки, таких як машино- і приладобудування, електроніка, медицина, інформаційна техніка тощо. Конференція сприяла широкому обміну концепціями і поглядами на сучасні проблеми вивчення нанорозмірних систем між представниками різних наукових шкіл, дала можливість ученим обговорити нові результати й охопити найважливіші фундаментальні, прикладні й технологічні аспекти цієї проблематики.

Серед представлених наукових повідомлень особливу увагу учасників Конференції привернули пленарні та усні доповіді, у

яких йшлося про вирішення конкретних прикладних завдань, що стоять перед промисловістю. Частина таких розробок уже впроваджено у виробництво.

Пленарна доповідь академіка НАН Білорусі **Петра Олександровича Вітязя «Синтез та застосування наноструктурних матеріалів та покриттів»** була яскравим прикладом взаємодії науки й виробництва за умови підтримки держави. У Білорусі є 28 державних науково-технічних програм і 17 державних програм наукових досліджень. Установи НАН Білорусі беруть участь у виконанні відповідно 25 та 17 програм. Державними замовниками-координаторами виступають відповідні міністерства і відомства Білорусі. Курирують ці програми, на відміну від українських державних науково-цільових програм, заступники Прем'єр-міністра.

Академік П.О. Вітязь повідомив про здобутки підпрограми «Наноматеріали та нанотехнології» Державної програми наукових досліджень «Функціональні та машинобудівні матеріали і технології, наноматеріали та нанотехнології в сучасній техніці». Слід зазначити, що із 130 завдань 75 (58%) спрямовано на виконання прикладних досліджень, 42 завдання (32%) — це орієнтовані фундаментальні дослідження, а решта (10%) — фундаментальні дослідження.

Представлені результати переважно відображали досягнення в галузі наноматеріалознавства, спрямовані на вирішення конкретних завдань промисловості та інших галузей народного господарства. Більшість результатів було презентовано в такій послідовності: фундаментальні (або прикладні) дослідження; отримані результати; практичне застосування; впровадження у виробництво.

Значна кількість матеріалів, про які йшлося в доповіді, — це здобутки в галузі трибології і трибоматеріалознавства (у Білорусі є дуже потужна школа трибологів). Показано, що модифікування полімерів та оксидокераміки нанотрубками й наноалмазами (до речі, власного виробництва, чому було присвячено низку ілюстрацій), додавання в металеві покриття нанорозмірних алмазно-

графітових добавок дають змогу значно зменшити коефіцієнт тертя і в кілька разів збільшити зносостійкість деталей навіть за умов контактної взаємодії без змащування. Ці розробки впроваджено у виробництво. Зокрема, використання на ВАТ «Завод «Промбурвод» створених науковцями НАН Білорусі технологій нанесення композиційних хромалмазних покриттів на деталі заглибного відцентрового насоса, які працюють в умовах тертя, дозволили майже вдвічі зменшити товщину захисного покриття за зниження коефіцієнта тертя на 30%, а інтенсивності зношування – у 3 рази. Крім істотного покращення експлуатаційних властивостей, це забезпечило значну економію витратних матеріалів. До того ж, використання технологій нанесення хромалмазних покриттів на різальні металообробні інструменти, блоки циліндрів та деталі паливної системи двигунів внутрішнього згоряння в перспективі уможливить підвищення їхнього ресурсу в 2–8 разів. Такі технології планують використовувати на машинобудівних заводах країни.

Розроблення співробітниками НАН Білорусі трибопар підвищеної роботоздатності на основі модифікування поверхонь тертя та мастильних матеріалів вуглецьвмісними наноконцентрами сприяло винайденню комплексного літійового мастила з багатофункціональним пакетом нанорозмірних добавок ИТМОЛ-150Н, яке за своїми характеристиками перевершує найпоширеніше в СНД універсальне пластичне мастило Літол-24, а також широко застосовуване за кордоном для важконавантажених вузлів тертя мастило Shell Retinax EP 2. Цю розробку впроваджено у виробництво на ОДО «Спецмазки», споживачами продукції є низка машинобудівних підприємств Білорусі.

У пленарній доповіді одного з авторів цієї статті (академіка НАН України **Антон Григоровича Наумовця**) «**Нанорозмірні системи та наноматеріали: стан та перспективи розвитку досліджень в Україні**» було представлено основні досягнення виконавців наукових проектів Державної цільової



Віце-президент НАН України
академік НАН України А.Г. Наумоєць

науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» і цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій».

За час виконання зазначених програм вітчизняні науковці отримали низку вагомих результатів. Зокрема, в галузі фундаментальних досліджень створено так званий «саєр» — генератор терагерцових когерентних акустичних фононів, аналог оптичного лазера. Висока проникна здатність випромінювання дозволяє використовувати його в різноманітних пристроях сканування закритих об'ємів, у дефектоскопії з нанометровою роздільною здатністю, модуляторах світла та інших акустично-оптичних приладах. Вивчено стимульований електричним полем ефект перемикавання в моношарах діарилетену, який завдяки електронній структурі молекул, залежно від напруженості електричного поля, може бути використаний у молекулярно-електронних пристроях. Розроблено апаратуру і технології напилювання наногетероструктур, утворених шарами феромагнітного 3d-перехідного і благородного металів або кремнію, що чергуються.



Академік РАН В.Я. Шевченко

Такі структури мають широкі перспективи для практичного використання в сенсорах магнітного поля, середовищах для термомагнітного запису інформації тощо.

У галузі синтезу і технологій наноматеріалів створено нові й удосконалено наявні технології виробництва високопродуктивних нанофазних каталізаторів для захисту навколишнього середовища та водневої енергетики. Синтезовано каліксарени, які слугують перспективними «молекулярними платформами» для створення ліків нового покоління і можуть застосовуватися як антитромботичні препарати, а також у лікуванні порушень скорочувальної функції гладеньких м'язів. Винайдено ефективний механохімічний метод одержання оксиду графену з різним ступенем окиснення, який дає змогу відмовитися від агресивних середовищ. Розроблено технології зварювання жароміцних сплавів та інтерметалідних матеріалів на нікелевій і титановій основах із використанням композиційних наносхаруватих покриттів та фольги, що дає можливість істотно покращити якість виготовлених деталей газотурбінних агрегатів нового покоління. Створено технологію електронно-променевого осадження високодемпфівувальних наноструктурованих покриттів, яка значно поліпшує демпфувальні властивості та підвищує міцність лопаток газотурбінних двигунів. Запропоновано пілотну лінію з виробництва оксидних

нанопорошків заданого фазового і хімічного складу, що забезпечує отримання частинок із заданим розміром від 5 до 50 нм та вузьким розподілом за розмірами. Консолідовані матеріали, створені на основі цих порошків, мають рекордні зносостійкі й корозійні характеристики і знайшли своє застосування на низці підприємств України.

За допомогою гвинтової екструзії отримано титанові вироби медичного призначення з ультрадисперсною структурою й підвищеними механічними характеристиками, що використовують в ортопедії і травматології. Створено дослідно-промислове виробництво витих магнітопроводів із аморфних наноструктурних стрічок, які дозволяють зменшити втрати в сердечниках трансформаторів та можуть дати економію потужності на сотні мегават у масштабах України. Розроблено термохімічну технологію гідрофобізації волокнистих матеріалів, що зменшує їх водопоглинання, підвищує мікробіологічну стійкість і вогнетривкість, стабільність теплоізоляційних характеристик за умов високої вологості та перепадів температури. Такі матеріали можна використовувати в будівництві, житлово-комунальному господарстві, на теплотрасах і трубопроводах, для виготовлення холодильного обладнання тощо.

У галузі нанобіотехнологій синтезовано та досліджено низку нанобіоматеріалів, які застосовують для створення нових ліків проти діабету й раку, як складові нового класу антитромботичних препаратів і біо-керамічних імплантатів, як носії фармпрепаратів цільового призначення, протимікробні препарати, для розроблення нових діагностичних і сенсорних тест-систем, у харчовій промисловості, сільському господарстві тощо.

Пленарна доповідь директора Інституту хімії силікатів ім. І.В. Гребенщикова РАН академіка РАН **Володимира Ярославовича Шевченка** мала назву «**Що таке хімічна речовина і як вона утворюється?**». Актуальність цієї теми зумовлена тим, що дослідники нанооб'єктів вивчають і використовують

на практиці такі малі ансамблі атомів, що їхні властивості вже суттєво відрізняються від властивостей звичних нам макроскопічних об'єктів. Закономірності переходу від «нано» до «макро» постійно викликають інтерес науковців різних спеціальностей. Цей перехід відбувається через утворення цілої серії кластерів, причому вирішальну роль відіграють закони симетрії, які є загальними і в математиці, і в усіх природничих науках. У доповіді необхідність глибокого дослідження такого переходу було обґрунтовано як «надзавдання» хімії в ХХІ ст., що матиме фундаментальне значення для всього природознавства.

У доповіді академіка НАН України **Василя Федоровича Чехуна «Нанокompозити як засіб вирішення сучасних проблем в онкології»** наведено результати досліджень, які свідчать про перспективність використання нанокompозитів для підвищення ефективності лікування онкологічних захворювань і подолання лікарської резистентності до цитостатиків. В.Ф. Чехун зазначив, що прискорити вирішення найскладнішої медико-біологічної проблеми дозволить створення не лише нових протипухлинних лікарських препаратів, а й нових форм і засобів їх доставки з використанням сучасних нанотехнологій. Досягти успіху в цьому напрямі можливо тільки на основі міждисциплінарного підходу та глибокого розуміння молекулярно-біологічних механізмів функціонування живих систем. Актуальним напрямом також є створення багатофункціональних нанокompозитів для тераностики, що поєднує терапевтичні та діагностичні властивості в одній наносистемі. Ще один важливий висновок, на якому було акцентовано увагу доповідача, — це роль і місце нанотоксикології в умовах очікуваного впровадження нанотехнологій у різні сфери життєдіяльності людини, головним завданням якої на сьогодні є визначення комплексу методичних підходів для оцінювання безпеки нових матеріалів та технологій отримання наноконструкцій.

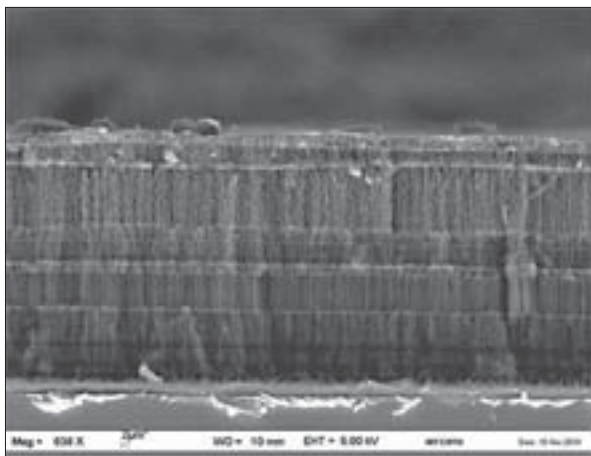


Академік НАН України В.Ф. Чехун



Академік НАН Білорусі В.А. Лабунов

У доповіді академіка НАН Білорусі **Володимира Архиповича Лабунова «Застосування алотропних форм вуглецю для підвищення ефективності пристроїв генерації та зберігання відновлюваної енергії»** йшлося про результати досліджень зі створення конденсаторів надвеликої ємності. Розроблено технологічні основи вирощування спеціальних багат шарових структур. Це розмежовані графеновими прошарками шари вертикально розташованих нанотрубок (див. фото). Можна прогнозувати, що така структура матиме колосальну електричну ємність.



Шестишарова структура
(Labunov V. et al. Phys. Status Solidi A, 2011, 208, 453)

Значний інтерес у присутніх викликала доповідь професора **Анатолія Георгійовича Захарова** з Інституту хімії розчинів ім. Г.О. Крестова РАН (м. Іваново), присвячена розробленню рідиннофазних функціональних матеріалів з використанням електрореологічного ефекту. Його сутність полягає в тому, що під дією електричного або магнітного поля деякі суспензії можуть докорінно змінювати свої механічні властивості. Останнім часом як наповнювач почали застосовувати наночастинки, що значно розширило можливості використання такої технології для гасіння коливань, створення муфт зчеплення, гальм, шарнірів, фотонних кристалів, систем прецизійного оброблення поверхонь, керування потоками рідин тощо.

Активна участь у Конференції наукової молоді залишила в учасників заходу позитивні враження. Молоді вчені представили результати своїх досліджень не лише на стендових сесіях, а й виступили з усними повідомленнями, висвітлюючи серйозні наукові проблеми.

У рішенні Конференції було запропоновано продовжити традицію, яка вже склалася на цей час, і провести наступну конференцію «Наноструктурні матеріали: Білорусь — Росія — Україна» у 2014 році в Білорусі.

За підсумками роботи Конференції можна зробити такі висновки і рекомендації:

- конференції подібного рівня потрібно проводити в Україні, оскільки вони дають змогу поспілкуватися науковцям різних профілів, наприклад біологам і матеріалознавцям;

- доцільно широко залучати до участі в таких заходах представників владних структур, промисловості та бізнесу як спонсорів, учасників, слухачів;

- представлені на Конференції доповіді свідчать про те, що в країнах СНД найбільш активно і плідно розвивають дослідження та створюють розробки в галузі нанохімії, наноматеріалознавства, нанобіотехнологій (передусім медичного спрямування);

- слід звернути увагу на розвиток рідинних нанотехнологій на основі застосування електрореологічного ефекту;

- доцільно вжити заходів для підтримки досліджень і розробок у галузі трибології, яка останнім часом бурхливо розвивається завдяки з'ясуванню механізмів тертя на наномасштабному і молекулярному рівнях;

- з метою залучення талановитої наукової молоді варто запрошувати до участі в конференціях студентів вищих навчальних закладів;

- під час виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» та цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» особливу увагу слід приділяти практичному застосуванню отриманих результатів.