

---

---

## II. Прогнозні матеріали розвитку матеріалознавства

---

---

УДК 388.485.5

### ПРОГНОЗНЕ БАЧЕННЯ ПРОВІДНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На основі матеріалів, наданих експертною групою з тематичного напрямку “Лазерні, електронно- та іонно-променеві технології, гібридно-променеві процеси. Нанотехнології, функціональні матеріали” (Керівник напрямку — академік НАН України Скороход В.В.).

*Приведені прогнозні матеріали оптимістичного та песимістичного варіантів розвитку в Україні матеріалознавства функціональних матеріалів на довгостроковий (15–20 років) та короткостроковий (3–5 років) періоди. Надані основні тематичні напрями науково-технологічних досліджень та конкретні технології, що сприятимуть інноваційному розвитку української економіки. Запропоновані заходи державної підтримки науково-технологічної та інноваційної діяльності в Україні.*

*Ключові слова: оптимістичний та песимістичний варіанти прогнозу, розвиток матеріалознавства в Україні, довгостроковий та короткостроковий періоди, інноваційна політика, державна підтримка.*

Експертам з даного тематичного напрямку підтверджено, що одним із головних факторів зростання економіки в Україні повинен стати науково-технологічний прогрес та втілення його результатів в інноваційному розвитку промисловості.

Вони зазначають, що вже сьогодні вчені України з ряду напрямів фундаментальних досліджень займають провідне місце у світі. Серед таких напрямів названо матеріалознавство.

Матеріалознавство є найбільш потужним напрямом сучасної науки в Україні й вагомою часткою національного багатства, яка в найближчу перспективу повинна неухильно зростати. Гарантом цього виступає сконцентрований в багатьох наукових академічних і галузевих інститутах та університетах інтелектуальний потенціал українських вчених, який широко визнається у всьому світі.

Аналіз результатів трьох циклів опитування експертів та обговорення результатів опитування на засіданні „круглого столу” підтверджують, що українські вчені з ряду галузей матеріалознавства, які входять до даного тематичного напрямку, мають роботи світового рівня або можуть вийти на нього в найближчий час.

З таких розробок, як сцинтиляційні, сегнетоелектричні, сенсорні, надтверді, радіопоглинаючі матеріали, електронно-променеві технології, процеси вирощування монокристалів та синтезу нанопорошків, українські вчені займають провідне місце у світі.

На світовому рівні українські матеріалознавці працюють у вирішенні таких проблем, як розвиток технології лазерної обробки матеріалів, технології штучних імплантатів і функціональної кераміки.

## Прогнозна оцінка досліджень, що будуть значно впливати на економіку країни в довгостроковий період (15–20 років)

Вчені прогнозують, що в найближчий час і на перспективу вирішальним фактором, який визначатиме рівень різних галузей економіки, будуть розробка та впровадження нанотехнологій та наноструктурних матеріалів. Експерти вважають, що стратегічний напрям в матеріалознавстві „Нанонауки, нанотехнології, нові матеріали і технології їх виробництва та обробки” необхідно внести до Закону України „Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки”. Формулювання, яке пропонується, близьке до формулювання відповідного напрямку Сьомої рамкової програми Євросоюзу, а це стратегічно важливо. Більше того, акцент на терміни „нано” і „нові матеріали” відкриває можливість комплексування з іншими пріоритетними (стратегічними) напрямками: фундаментальними природничими дослідженнями; з енергобезпеки і енергозберігання, захисту довкілля, захисту здоров’я, біології та біомедицини, інформаційних технологій. Також стратегічно важливо, щоб державні науково-технічні програми за цими напрямками виконувалися комплексно, взаємодоповнювально, мультидисциплінарно.

Це допоможе диверсифікувати економіку, сприятиме заміні брудних виробництв сучасними чистими технологіями, становленню бізису такої економіки, яка ґрунтується на знаннях.

З пріоритетного стратегічного напрямку розвитку науки і техніки в Україні „Нанонауки, нанотехнології, нові матеріали і технології їх виробництва та обробки” необхідно сформулювати середньострокові пріоритетні піднапрями розвитку науки і техніки загальнодержавного значення:

- нові матеріали функціонального і конструкційного призначення, технології їх виробництва та обробки, включаючи технології збільшення ресурсу роботи існуючих матеріалів;
- матеріали і нанотехнології систем для виробництва та збереження енергії, включаючи нові водневі технології (збереженні та використання водневого пального);
- наноприлади, наноматеріали та нанотехнології біомедичного призначення для поліпшення здоров’я людей, діагностики і попередження захворювань;
- матеріали і технології для захисту навколишнього середовища;
- матеріали і наноприлади для забезпечення інформаційних систем і комунікацій.

Для реалізації перелічених напрямів необхідна розробка 5-6 державних програм розвитку, які слід частково підпорядкувати Національній академії наук і відповідним міністерствам з тим, щоб сформулювати регіональні, галузеві та місцеві пріоритети.

Прогнозується, що в рамках цього стратегічного напрямку зусилля вчених будуть спрямовані також на:

- розробку нових систем озброєння та безпеки на основі нанотехнології;
- створення і розвиток виробництва в основному з української сировини технічної кераміки, композитів, функціональних, конструкційних, інструментальних матеріалів для всіх галузей машинобудування, енергетики, медицини, сільського господарства, будівництва;
- розробку нанобіотехнологій і розвиток матеріалознавства для медицини, створення комплексу інструментів та елементів пристроїв і приладів медичного призначення, розробку нових медичних діагностичних систем;
- розробку наноприладів, нанороботів (наноботів), в тому числі для хірургічних операцій в судинах та окремих клітинах організму.

Експерти вважають цілком реальним за умови вагомого фінансування з боку держави вихід українських вчених на світовий рівень досліджень і розробок у найближчі роки в таких наукових напрямках, як технології наноструктурних компонентів альтернативної енергетики, нанобіотехнології і матеріали для біомедицини, розробка нових медичних діагностичних систем, технології наноматеріалів для захисту навколишнього середовища.

### **Прогноз розвитку найбільш результативних напрямів науково-технологічних досліджень у середньостроковий період (3-5 років)**

Максимально ефективними з точки зору впливу на розвиток економіки країни в середньостроковій перспективі експерти вважають дослідження та інноваційну діяльність в галузі матеріалознавства за такими напрямками:

- організація промислового випуску конкурентоспроможних на сучасному світовому ринку матеріалів та виробів з них — сцинтиляційних, надтвердих, п'єзокерамічних, радіо поглинаючих, ударостійкої й антифрикційної кераміки та композитів, сонячних елементів та інших функціональних матеріалів;
- створення та розвиток промислових технологій переробки й утилізації відходів та виробництва матеріалів із вторинної сировини;
- створення і організація виробництва наноструктурних компонентів альтернативної енергетики (сонячні батареї, суперконденсатори, паливні комірки та інше);
- розробка новітніх матеріалів та методу захисту деталей і вузлів від зносу та корозії в екстремальних умовах експлуатації.

Перспектива реалізації цих інноваційних програм підтверджується наявними науково-технологічними розробками, потужним кадровим потенціалом.

Деякі експерти прогнозують також альтернативні напрями розвитку науково-технічної та інноваційної діяльності в рамках даного тематичного напрямку, такі як:

- розвиток галузі „Фотоніка” і визнання її одним з пріоритетних напрямів розвитку вітчизняної науки та промисловості;
- створення принципово нових генераторів тепла та електроенергії при використанні променевого процесів (горіння пилегазових сумішей в промінні сонця, лазера, іонному потоці);
- подальший розвиток лазерних, променевого, іонно-променевого технологій та гібридно-променевого процесів, розробка для них відповідного обладнання, що забезпечить їх широке використання при створенні та обробці нових матеріалів і виробів;
- створення бази виробництва сучасного та перспективного покоління функціональних матеріалів.

Наведена прогнозна оцінка розвитку матеріалознавства на найближчий час і перспективу є його **оптимістичним варіантом**. Він можливий за умов розробки та реалізації науково-технологічної та промислової політики України, яка включає в першу чергу фінансування науково-технічних розробок на рівні, який характерний для розвитку країн світу (2,7–2,8% ВВП). При цьому на основні напрямки досліджень й розробок та використання інновацій (аерокосмос, нанонауки і нанотехнології, біотехнології, технології захисту довкілля та деякі інші) повинно виділятися біля 50% всіх витрат на науку.

Крім того, експерти вважають, що для державної підтримки науково-технологічної та інноваційної діяльності необхідні:

- визначення довготермінових пріоритетів розвитку економіки, оснований на науково-інноваційних пріоритетах світового розвитку з врахуванням особливостей і власних пріоритетів розвитку економіки України;
- створення Державного фонду фундаментальних та прикладних досліджень (ДФФПД), безпосередньо підпорядкованого Кабінету Міністрів України. Створення законодавчої бази фінансування ДФФПД та науково-технічної експертизи проєктів, програм та результатів їх виконання;
- розробка та реалізація державної програми (програм), виділення бюджетних асигнувань та стимулювання внутрішніх і зовнішніх інвестицій в науку, що забезпечує розвиток експериментальної бази досліджень;
- виділення додаткового фінансування на забезпечення інститутів сучасним обладнанням в рамках створення центрів спільного користування унікальним обладнанням;
- підготовка для даного тематичного напрямку висококваліфікованих спеціалістів у сферах науки, технології і менеджменту, включаючи стажування за кордоном, забезпечення їх гідною заробітною платою, соціальними пільгами;
- стимулювання діяльності технопарків та інших інноваційних структур або надання (повернення) їм пільг, що були передбачені законодавством України, та інших форм заохочення потенційних інвесторів;
- збільшення частки високотехнологічної продукції в структурі експорту.

Виконання прогнозу за оптимістичним сценарієм дає можливість розробки новітніх технологій та матеріалів з унікальним комплексом властивостей, освоєння промислового виробництва яких для різних галузей економіки буде сприяти створенню конкурентоспроможних на зовнішньому та внутрішньому ринках устаткування, апаратів, машин, побутової техніки і товарів.

За умови недостатнього фінансування науково-технічної та інноваційної діяльності та відсутності державної підтримки ініціативи вчених щодо корінної перебудови в науці буде реалізовуватись **песимістичний варіант** розвитку: тільки часткове вирішення окремих науково-технологічних задач цього новітнього, чи не найбільш високотехнологічного і надзвичайно перспективного напрямку, або повна зупинка ряду багатообіцяючих досліджень, неосвоєність в промисловості готових розробок. Це загрожуватиме серйозним відставанням у технологічному розвитку країни: продовження виробництва застарілих матеріалів, використання малоефективних технологій позначиться на рівні конкурентоспроможності вітчизняного устаткування і товарів, зумовить його падіння. Це призведе також до зниження кількості ефективно працюючих підприємств в галузях металургії, машинобудування, енергетики, електроніки, що буде супроводжуватися зростанням безробіття, погіршенням життєвого рівня громадян України, зниженням боєздатності її збройних сил.

### Обґрунтування можливих пріоритетів

#### Нові речовини і матеріали

Необхідність виділення даного пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки диктується наявністю в Україні унікального, принаймні для Європи, науково-технічного потенціалу матеріалознавства та багатих природних ресурсів, необхідних для практичної реалізації його можливостей.

На початку XXI століття різко зростають потреби господарського комплексу України — атомної та теплової енергетики, транспортних систем, авіації, ракетно-та суднобудування, машино- та приладобудування, медичної техніки, електроніки,

хімічного машинобудування тощо — в металевих та неметалевих матеріалах, які здатні працювати за високих та низьких температур, у вакуумі та в агресивних середовищах, тривалий час витримувати статичні та динамічні навантаження. Ці вимоги можна задовольнити лише суттєвим удосконаленням існуючих технологічних процесів, а також пошуком та розробкою нових, більш прогресивних засобів як створення, так і виробництва матеріалів із заданими властивостями, а також конструкцій з них для різних галузей господарства.

Хоча в найближчі 25–30 років прогнозується збільшення частки неметалевих матеріалів, обсяг металів серед всього масиву конструкційних матеріалів збережеться на рівні 70–75%. На сьогодні в країнах СНД з металів (сталь, сплави алюмінію, титану) виготовляється 96–98% конструкцій; у США, Японії, країнах ЄС цей показник становить 85–90%. Аналітичні дослідження підтверджують пряму залежність між збільшенням споживання сталі та загальним економічним рівнем країн, які мають високі темпи росту валового внутрішнього продукту. Прогрес у цьому напрямку полягає у розширенні застосування високоміцних мало легованих, а також легованих і високолегованих сталей, алюмінієвих сплавів, сплавів на основі титану та інших конструкційних матеріалів. Домінуючі позиції при виготовленні металевих конструкцій посідають технології зварювання.

Значні перспективи має розвиток технологій створення композитів, кераметів та керамічних матеріалів, що дозволяє значно зменшити матеріалоємність кінцевих виробів, розширити температурний діапазон експлуатації, відкрити дорогу для широкого використання виробів із новітньої кераміки за рахунок суттєвого підвищення її надійності. Важливим напрямком є розвиток нових технологій отримання матеріалів інструментального призначення.

Сучасні технології виготовлення композиційних та порошкових матеріалів дозволяють отримати нове покоління матеріалів фрикційного та антифрикційного призначення, забезпечити високу питому жорсткість, демпфуючу здатність та інші спеціальні властивості.

Одним із важливих напрямів є створення оптичних і скінтіляційних матеріалів з широким комплексом функціональних властивостей для комп'ютерної томографії, цифрової рентгенівської і гаммарадіографії, дефектоскопії, нейтронної спектроскопії, твердотільних лазерних джерел світла.

Важливим напрямком є розробка нових матеріалів та технологій біомедицинного призначення з метою розширеного використання біомедицинних виробів вітчизняного виробництва.

Створення нових економічно доцільних воднево-енергетичних технологій неможливе без розроблення низки високоефективних дешевих матеріалів: металогідридів, накопичувачів водню, матеріалів паливних елементів, низько- та високотемпературних іонних провідників, електродів, сенсорів водню, стійких у водні конструкційних матеріалів і методів їх з'єднання.

Перспективним є отримання матеріалів у наноструктурному стані: нановимірних порошоків, тонких плівок, шаруватих структур. Тому важливим є розвиток нанотехнологій, створення багатофункціональних матеріалів з надвисоким рівнем властивостей для електроніки, біомедицини, енергетики.

Сучасна промисловість вимагає від конструкційних, композитних та функціональних матеріалів та їх з'єднань точного дотримання форм і розмірів, заданого рівня експлуатаційних властивостей, а також спеціальних властивостей поверхонь матеріалів. Висока локальність і щільність енергії лазерного випромінювання та електронного пучка дозволяють значно підвищити продуктивність обробки і досягти якісно нових рівнів властивостей матеріалів, які обробляються. Принципово новий рівень

властивостей поверхонь виробів досягається за рахунок нанесення покриттів, які можуть мати зносостійке, антифрикційне, оптичне, захисне призначення.

Особливого значення для України набувають проблеми залишкового ресурсу. За оцінкою спеціалістів, технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж в основних галузях економіки досяг критичної межі, що загрожує її сталому функціонуванню, підвищує імовірність виникнення аварій і надзвичайних ситуацій техногенного характеру. З огляду на надзвичайно низькі темпи відновлення першочерговим завданням є забезпечення надійної експлуатації існуючого фонду споруд і конструкцій, розробка методологічних основ оцінки і технічної діагностики стану та обґрунтування безпечного терміну експлуатації, розробка ефективних методів, технічних засобів, матеріалів і технологій для оцінки та продовження ресурсу техногенно- та екологічно небезпечних об’єктів, від яких залежить задоволення базових потреб життєдіяльності країни.

Виходячи з цього, у середньостроковій перспективі пропонується визнати пріоритетними дослідження у таких галузях матеріалознавства:

- металеві конструкційні матеріали, технології їх одержання, з’єднання і обробка;
- нанотехнології та нові матеріали, створені на їх основі;
- функціональні матеріали і методи їх одержання, технології виробництва ударо- і зносостійких композитів, надтвердих матеріалів;
- фізико-хімічна механіка руйнування та міцності матеріалів і їх нероз’ємних з’єднань;
- фізичні основи технології діагностування властивостей матеріалів;
- моніторинг технічного стану та визначення залишкового ресурсу конструкцій;
- нові високоефективні технології обробки матеріалів і нанесення покриттів з особливими властивостями;
- перспективні матеріали для потреб водневої енергетики;
- матеріали біомедичного призначення та нові технології нероз’ємного з’єднання живих тканин.

*Приводятся прогнозные материалы оптимистического и пессимистического вариантов развития в Украине материаловедения функциональных материалов на долгосрочный (15–20 лет) и краткосрочный (3–5 лет) периоды. Представлены основные тематические направления научно-технологических исследований и конкретные технологии, которые будут способствовать инновационному развитию украинской экономики. Предложены мероприятия по государственной поддержке научно-технологической и инновационной деятельности в Украине.*

*Ключевые слова: оптимистический и пессимистический варианты прогноза, развитие материаловедения в Украине, долгосрочный и краткосрочный периоды, инновационная политика, государственная поддержка.*

*There are shown forecast materials of optimistic and pessimistic versions of materials science of functional materials in Ukraine for long-term (15–20 years) and short-term (3–5 years) periods. Main thematic directions of scientific and technological investigations and real technologies are demonstrated. There are proposed activities on state support of scientific and technological and innovation policy in Ukraine.*

*Keywords: optimistic and pessimistic versions of forecast, development of materials science in Ukraine, long-term and short-term periods, innovation policy state support.*