

УДК 330.341.1

JEL Classification: L65

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.172152

## АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДАНИХ ЩОДО УКРАЇНСЬКОГО РИНКУ НАНОПОРОШКІВ ТА ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ЙОГО РОЗВИТКУ

Малишев В. В., Кущевська Н. Ф., Коротєєва А. В., Брускова Д.-М. Я., Залюбовський М. Г., Лукашенко Т. Ф.

### 1. Вступ

Галузь нанопорошків є найбільш розвиненим комерційним сектором ринку наноматеріалів. У середньому щорічний приріст складає 15 % [1]. Досягнення в розробці та виготовленні наноструктур здебільшого визначається рівнем розвитку технологій. Такі технології дають змогу отримувати наноструктури необхідної конфігурації та розмірності, а також методів комплексної діагностики властивостей наноструктур, включаючи контроль у процесі виготовлення та управління на його основі технологічними процесами. За багатьма прогнозами саме розвиток нанотехнологій визначить прогрес ХХІ століття, подібно до того, як відкриття атомної енергії, винахід лазера та транзистора тощо визначили прогрес та розвиток ХХ століття.

Важливі наукові та технічні досягнення, які ґрунтуються на аналізі та управлінні процесами на рівні атомів і молекул – нанорівні, проводяться в лабораторіях усього світу. Наприклад, можливість керувати синтезом матеріалів на нанорозмірному рівні вже зараз призводить до створення нових наноматеріалів з новими властивостями. Новизна наноматеріалів полягає в тому, що зі зменшенням розмірів структурних елементів вони набувають принципово нових властивостей. У віддаленій перспективі нанотехнології набудуть ще більш революційних досягнень з можливим впливом практично на всі галузі промисловості, включаючи енергетику, охорону здоров'я, оборону, транспорт, електроніку тощо [2, 3]. Тому, маркетингове дослідження українського ринку нанопорошків є актуальним завданням розвитку нанотехнологічної галузі виробництва.

### 2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є український ринок нанопорошків та прогнози його розвитку. В Україні, як і в інших країнах світу виробляють наночастинки металів, сплавів, оксидів, безкисневих керамік. Найбільш поширеними нанопорошками оксидів в українській промисловості є оксиди силіцію, титану, алюмінію, феруму, цирконію та купруму. Серед металевих наночастинок найбільше застосування мають купрум, ферум, титан, золото, платина та силіцій [4, 5]. Методи одержання нанопорошків систематизовано та розглянуто в [6, 7]. Наявні дані щодо галузі застосування нанопорошків металів та їх оксидів в Україні потребують подальшого аналізу та систематизації.

Одним з найбільш проблемних місць є недостатня кількість літературних джерел, присвячених об'єкту дослідження, не завжди їх доступність та недостовірність.

### **3. Мета та задачі дослідження**

*Метою даного дослідження є всебічний аналіз українського ринку нанопорошків та формування прогнозу його розвитку.*

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі задачі:

1. Систематизувати літературні дані щодо характеристики сучасної української галузі нанотехнологій за найбільш важливими показниками і тенденціями розвитку.

2. Зробити прогноз щодо терміну виходу наноматеріалів на український ринок.

3. Узагальнити основні напрямки науково-дослідних і конструкторських робіт у цій галузі та провести аналіз щодо розподілу підприємств за галузями досліджень у сфері нанотехнологій.

5. На основі системного аналізу українського ринку нанопорошків зробити їх вартісну оцінку та визначити галузі-споживачі нанопродукції в Україні.

### **4. Дослідження існуючих рішень проблеми**

Усі розвинені країни світу оголосили про початок виконання цільових програм у галузі наноструктурних матеріалів і нанотехнологій. Ці програми спрямовано на подальший розвиток нової техніки, медицини, біології, екології тощо. Кінець ХХ століття ознаменувався початком нанотехнологічної революції [8]. Одним з таких напрямків соціально-економічної діяльності суспільства є виробництво нанопорошків [9, 10]. Однією із спроб сучасної класифікації матеріалів та методів нанотехнологій є дослідження [4]. Вже є певні досягнення, але для подальшого розвитку залишається не вирішеним питання маркетингового дослідження ринку нанопорошків [11, 12]. Загальні характеристики металевих та неметалевих нанопорошків, галузі їх застосування наведено в [13, 14].

В роботі було використано досвід маркетингових досліджень в індустрії, які представлено в [15, 16].

Сучасний рівень наукових досліджень в галузі наноматеріалів та нанотехнологій, планування державних програм та заходи щодо їх виконання в країнах світу наведено в [17, 18]. Розгляду же концепцій розвитку наноіндустрії та формуванню найближчих перспектив цієї галузі присвячено роботи [19, 20]. А економічні аспекти розвитку галузі (бізнес та ціноутворення) розглянуто в [21, 22]. Але дані щодо планування і виконання державних програм концепцій розвитку та економічних аспектів наноіндустрії потребують подальшої систематизації.

В Україні розвинені електрохімічні нанотехнології, зокрема, електроосадження наноструктурованих покриттів та нанопорошків електролізом іонних розплавів. До першого напрямку можна віднести покриття карбідів молібдену та вольфраму на зерна дисперсних діелектричних та напівпровідникових матеріалів [23, 24]. В другому напрямку визначаються нанопорошки карбідів [25] та силіцидів [26, 27] тугоплавких металів. Значна увага приділяється також технологіям одержання нанопорошків металів [28, 29]. А також інтерметалідів [30, 31]. Використовуються електрохімічні технології для одержання нанопорошків з відпрацьованого інструменту [32, 33]. З метою повернення їх у виробництво, ресурсо- та енергозбереження використовують

нанопорошки твердосплавних матеріалів і для формування композиційних гальванічних покриттів з водних електролітів [34, 35] з метою відновлення деталей машин. Однак, слід зауважити, що зазначені вище технології знаходяться на сьогоднішній день лише на лабораторному та напівпромисловому рівнях. В подальшому впровадження цих технологій сприятиме вмінню керувати процесами росту кристалів при електроосажденні [36, 37].

Нанотехнології в Україні використовуються в галузях охорони здоров'я та довкілля [38]. Зокрема, це виробництво нанопорошків феромагнетиків біомедичного та ветеринарного спрямування [39, 40]. Досягнуто певних успіхів в цьому напрямі.

Також перспективними галузями застосування нанопорошків, як в Україні, так і за кордоном є:

- оптика [41];
- автомобілебудування [42];
- електроніка [43, 44];
- композиційні матеріали [45];
- сільське господарство [46].

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок про те, що український ринок нанопорошків потребує подальшого вивчення та систематизації і значна увага, для розв'язання цієї проблеми, повинна бути приділена нанотехнологічній освіті в Україні [47, 48].

## **5. Методи досліджень**

При дослідженні були використані наступні наукові методи:

- метод пошуку літературних даних з тематики сучасного розвитку нанотехнологій та маркетингових досліджень в цій галузі;
- метод систематизації та класифікації при проведенні дослідження щодо досягнень сучасної науки в галузі наноіндустрії.

## **6. Результати досліджень**

### **6.1. Український ринок нанопорошків**

#### **6.1.1. Огляд українського ринку нанопорошків**

Сучасна українська галузь нанотехнологій характеризується такими показниками і тенденціями розвитку [1, 49]:

- український ринок нанотехнологій знаходиться на початковому етапі свого становлення, на стадії науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) (на відміну від провідних країн з розвиненими нанотехнологіями, які вже приступили до комерціалізації винаходів). Частка України в загальносвітовому технологічному секторі становить близько 0,15 %, а на ринку нанотехнологій – 0,02 %. Це відставання, багато в чому, пов'язано з тим, що Україна розпочала нанорозробки на 7–10 років пізніше, ніж інші країни. Україна значно відстає від світових нанотехнологічних лідерів (США, Японії та ЄС) як за показниками розвитку НДДКР, так і за ступенем комерціалізації винаходів;
- у загальному обсязі інвестицій у нанотехнологічні проекти переважає державне фінансування. Етапи розвитку наноринку в Україні подібні до

пройдених свого часу США, Японією, Німеччиною. У цих країнах на початковому етапі розвитку також переважали державні інвестиції в нанорозробки, які в подальшому стали поштовхом для залучення приватних інвестицій у наногалузь;

– сьогодні Україна значно відстає від розвинених країн за обсягом приватних інвестицій у дослідження в галузі нанотехнологій: їх обсяг становить до 2–5 млн. дол. на рік. Це пов'язано як з наявністю високих ризиків вкладень для економічних суб'єктів, так і з незначним відсотком нанорозробок, які доведено до стадії «старт-ап»;

– комерційний ринок в Україні практично не розвинений: про це свідчить наявність поодиноких впроваджених у виробництво проектів. Деякі компанії одержали дослідні зразки наноматеріалів (нанотрубки, фулерени тощо). У промисловому масштабі продукція нанотехнологій практично не випускається;

– серед основних факторів, які позитивно впливають на український ринок, є державна підтримка сектора, а також значний обсяг державних інвестицій у сектор;

– в Україні лише розпочинається впровадження стандартів нанопродукції та сертифікації діяльності підприємств; статистичні відомості про кількість компаній на ринку відсутні. Також збільшується число підприємств, які використовують термін нано- в маркетингових цілях. Наявний асортимент запропонованих товарів на українському ринку свідчить, що понад 95 % з них не має відношення до нанорозробок;

– 90 % ринку займають державні або приватно-державні компанії; приватний сектор представлено в меншій мірі, що негативно позначається на розвитку комерційного ринку;

– дослідження українських компаній у галузі нанотехнологій спрямовано, головним чином, на модифікацію різних матеріалів: нанокompозити, нанотрубки, фулерени, наночастинки, наномембрани тощо.

Згідно зі станом НДДКР у галузі розробок наноматеріалів можливо передбачити показники терміну виходу їх на ринок, як представлено в табл. 1.

**Таблиця 1**

Термін виходу наноматеріалів на ринок

1–5 роки	5–10 років	10–15 років	Більше 15 років
Косметика	Хімічні каталізатори	Сонячні елементи	Мікропроцесори
Текстиль	Фарби	Компактні енергосистеми	Квантові комп'ютери
Покриття	Лікарські матеріали	Біоматеріали	Молекулярні процесори
Масильний матеріал	Медична діагностика	Імплантанти	Нанобіологія, наномедицина
Дисплеї	Наноматриці	–	Наноелектромеханіка
Сенсори	Упаковка для продуктів	–	Регенерація тканин, органів
Композити	Енергія, паливо, освітлення	–	–

**Примітка:** систематизовано та узагальнено авторами на основі літературних даних [4, 5]

### 6.1.2. Основні напрямки НДДКР

Українські дослідження в галузі нанотехнологій розпочали активно розвиватись після 2000 р. Сьогодні розробками в цій галузі займаються понад 100 наукових організацій. Незважаючи на активний розвиток НДДКР із нанотехнологій в Україні, рівень готовності більшості проектів ще досить далекий від їх комерційної реалізації.

Як уже зазначалося, значна частина проектів у галузі нанотехнологій в Україні поки що знаходиться на стадії НДДКР. Про це, зокрема, свідчить розподіл заявок на фінансування за типами проектів

За даними опитування, проведеного серед нанокмпаній, більше третини з них проводять дослідження в галузі наноматеріалів (рис. 1).

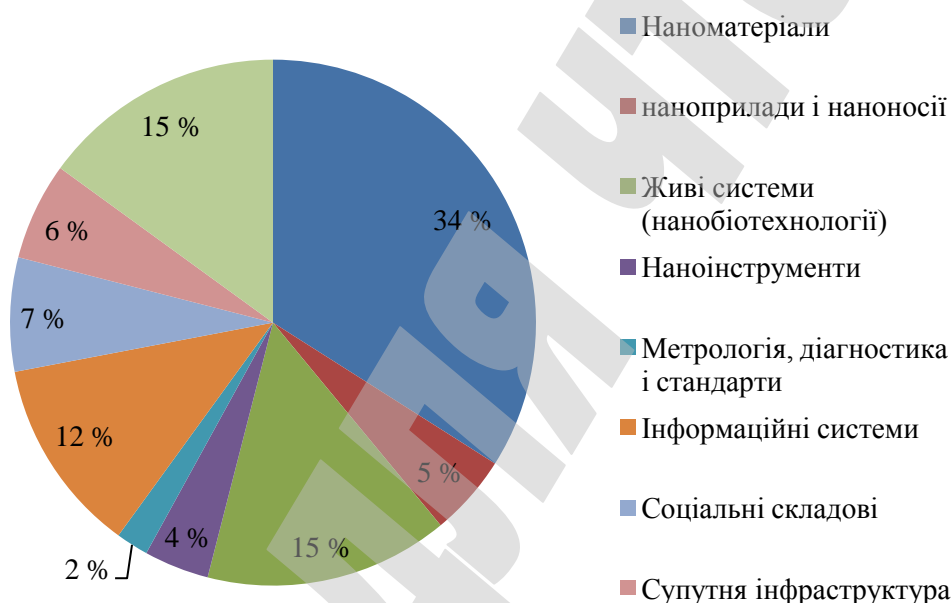


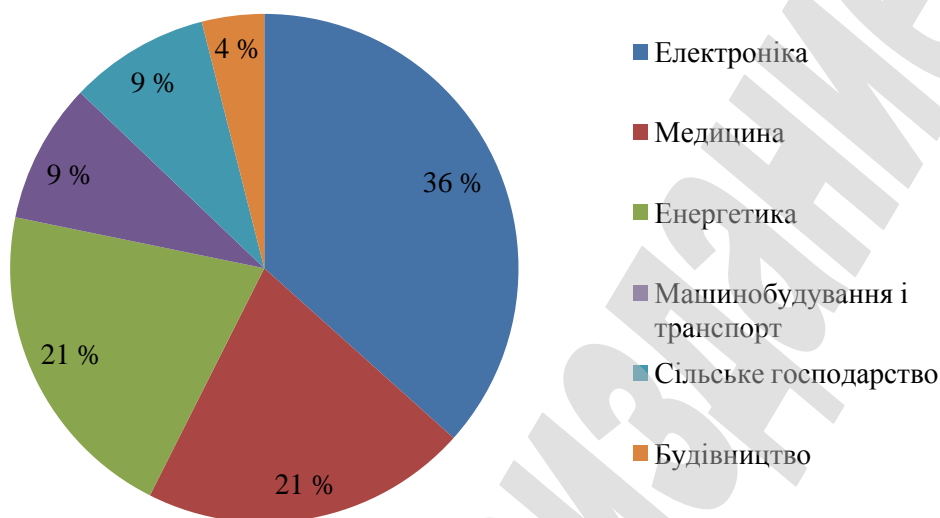
Рис. 1. Розподіл підприємств за галузями досліджень у сфері нанотехнологій [5, 50]

Якщо розглянути структуру НДДКР за галузями, то найбільше поширення дістало впровадження нанотехнологій в електроніці, енергетиці і медицині (рис. 2).

Наукові розробки технологій одержання нанопорошків, а також практичних аспектів їх застосування, проводяться, головним чином, у науково-дослідних інститутах. Одними із перших спроб дослідження українського ринку нанопорошків та бізнесу у нанотехнологіях є роботи [1, 49]. У загальному вигляді виділяють такі напрямки досліджень у галузі нанопорошків [49, 51]:

- металургія (підвищення якості сталей, розробка і виробництво нанокерамік, різних функціональних матеріалів);
- енергетика, зокрема, ядерна (паливні елементи, конструкційні та термоматеріали);
- медицина та фармакологія (ліки і препарати загальної та локальної дії, хірургічні та стоматологічні інструменти);
- газова, гірничо-видобувна та машинобудівна галузі (зносостійке обладнання, покриття газо- і нафтопроводів, сенсори, каталізатори);

– система безпеки (засоби виявлення шкідливих речовин, колективного та індивідуального захисту, життєзабезпечення).



**Рис. 2.** Структура проектів за галузями досліджень у сфері нанотехнологій [5, 50]

Дослідження у галузі нанопорошків знаходяться на досить значно вищому рівні порівняно з іншими галузями української наноіндустрії. Саме цей вид наноматеріалів поступово завойовує ринкові позиції.

### 6.1.3. Огляд українського ринку нанопорошків

Нанопорошки відносяться до групи матеріалів, які не є продуктом кінцевого споживання. Вони використовуються для виробництва різних видів нанопродукції. Учасники ринку зазначають, що на сьогодні інвестори виявляють інтерес до кінцевих видів продукції на основі порошків або до технологій їх використання.

Виробництво нанопорошків розпочалося в Україні ще в середині ХХ століття. Тривала історія досліджень у даній сфері призвела до того, що сьогодні нанопорошки і технології їх одержання є одним з найбільших комерційних сегментів наноіндустрії в Україні. Практичне ж застосування нанопорошків у тих чи інших галузях виробництва незначне.

До комерційних товарів, виготовлених із використанням нанопорошків, відносять зносостійкі покриття, протизношувальні препарати, керамічні вироби, композитні матеріали, а також медичну продукцію.

Сьогодні виробництво нанопорошків в Україні складає близько 50 т/рік. Реальний обсяг виробництва набагато менший. За експертною оцінкою він знаходиться на рівні 5–10 т/рік. З урахуванням динамічного розвитку глобального сектора наноматеріалів частка України на світовому ринку надзвичайно мала і становить близько 0,001 %.

Значну частину нанопорошків виготовляють дослідними партіями для власних дослідницьких цілей або за спеціальним замовленням і лише невелика

кількість продається на ринку. Основні виробники нанопорошків – науково-дослідні інститути та вузи. Попит на нанопорошки на внутрішньому ринку ще досить обмежений, лише невелика кількість підприємств використовує їх при виготовленні власної продукції. В основному, нанопорошки купують різні наукові організації для проведення власних досліджень.

Як у світі, так і в Україні, найбільш розвиненим є виробництво оксидних нанопорошків. Другий популярний напрямок – виготовлення нанодисперсних алмазів.

Позитивному розвитку на ринку сприяє державна підтримка у галузі нанотехнологій, а також значний обсяг інвестицій, який надходить із різних урядових програм.

Має місце властива українському бізнесу інертність, не сприйняття інновацій і обмежений обсяг приватних вкладень українськими компаніями у проведення наукових досліджень.

Зі зростанням зацікавленості до нанотехнологій в Україні, все більше компаній використовують слово «нано» в маркетингових цілях. Потенційний обсяг українського ринку нанопорошків оцінюють в 5–15 тис. т/рік:

- на підприємствах електроніки для використання в якості конденсаторних порошків металів – 5–10 т/рік;

- в автомобілебудуванні для виготовлення каталізаторів доокиснення монооксидукарбону – до 5 тис. т/рік;

- на підприємствах військового комплексу для виготовлення сенсорів – 50–250 кг/рік.

В цілому, можна вважати, що при збереженні існуючої державної та інвестиційної підтримки сектора нанотехнологій, ринок наноматеріалів в Україні здатен розвиватися значними темпами, порівняно зі світовим. Зовнішню торгівлю нанопорошками практично не розвинено. Обсяг на експорт нанопорошків у загальній кількості незначний та складає менше 0,1 %.

#### **6.1.4. Учасники ринку**

Серед українських підприємств, які працюють на ринку порошкових матеріалів та виробів з них, є завод «Дніпроспецсталь» у Запоріжжі та Кременецький завод порошкової металургії.

#### **6.1.5. Вартісний аналіз**

Більшість українських виробників зазначають лише орієнтовну вартість нанопорошків. Їх вартість включає в себе багато факторів, серед яких визначальним є чистота вихідного матеріалу та обсяг замовлення. Визначається вартість нанопорошків і розміром його частинок. Так, вартість нанопорошку міді з середнім розміром частинок 70 нм вища, ніж із розміром 90 нм, практично на 30 %.

Середня вартість нанопорошків оксидів металів на українському ринку, дол/кг: оксидцирконію – 290, оксид алюмінію – 125, титанат барію – 95, оксид міді – 90, оксид заліза – 85.

Висока вартість нанопорошків характерна також і для світового ринку, що обумовлено як низьким обсягом виробництва, так і високою вартістю вихідної сировини.

### 6.1.6. Галузі-споживачі в Україні

Серед основних потенційних споживачів нанопорошків в Україні є металургія, електроніка, енергетика, медицина, машинобудування і транспортна галузь.

*Металургія.* Сфера металургійної галузі – створення конструкційних матеріалів із використанням нанопорошків. Потенціал попиту на нанопорошки у цій галузі пов'язаний з тим, що резерви підвищення механічних характеристик сталей різних структурних класів із використанням легуючих елементів практично вичерпано. Потенційний ринок нанопорошків – практично вся металургійна галузь. У 2015 р. у світі було вироблено 1,5 млрд. т сталі, з яких в Україні – 80 млн. т. За умов заміщення традиційного легування наномодифікуванням, обсяг ринку нанопорошків у даному сегменті може досягти 60 млн. дол.

На сьогодні інвестуванням проектів у галузі нанотехнологій займаються представники потужних галузей, зокрема, металургії. Так, у компанії «Запоріжсталь» у рамках власної програми із розвитку нанотехнологій фінансується проект із вивчення впливу нанопорошків тугоплавких сполук (нітридів, карбідів тощо) на підвищення механічних і експлуатаційних властивостей різних конструкційних марок сталей. Надалі планується організація виробництва власної продукції з використанням нанотехнологій.

Частково фінансуються інноваційні дослідження з удосконалення властивостей алюмінію. Одним із пріоритетів є зниження витрат на тону виробленої продукції за допомогою нової технології «інертного аноду». Специфікою цих розробок є використання наноматеріалів і, зокрема, нанопорошків нікелю, в інертних анодах системи  $\text{NiFe}_2\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Ni}$ . Це дало змогу підвищити міцність алюмінію. Введення нанопорошків до електроліту під час гальванічного осадження анодного покриття призводить до багаторазового підвищення корозійної стійкості аноду.

Перешкоджає широкомасштабному впровадженню нанопорошків у металургійну галузь таке:

- зниження обсягу виробництва металопродукції внаслідок економічної кризи, що призвело до зменшення платоспроможного попиту і погіршення кон'юнктури внутрішнього та світового ринків;
- цінові бар'єри – для збільшення обсягу використання нанопорошків необхідно забезпечити їх економічну конкурентоздатність;
- консервативність металургійної галузі, несприйняття інновацій.

*Електроніка.* Українська галузь виробництва електронних виробів відстає у технологічному плані від країн Європи, Північної Америки та Південної Азії. Основним стримуючим фактором галузі є невідповідність українських виробників до конкуренції з імпортною продукцією у співвідношенні вартість/якість, нездатність функціонувати в умовах ринкової економіки, а також низька ефективність приватно-державного партнерства.

*Енергетика.* В енергетиці потенційний попит на нанопорошки мають галузі альтернативної, зокрема, сонячної та водневої енергетики. Так, для виробництва сонячних батарей можливо використання нанопорошків диоксиду титану, як одного з



перспективних наноматеріалів. Це дозволило б знизити собівартість виробленої продукції порівняно з аналогами на основі кремнієвих напівпровідників.

Ще одним напрямком застосування нанопорошків у енергетиці є воднева енергетика і виробництво паливних елементів. Найбільш перспективним є використання нанопорошків паладію. Дослідження в галузі водневої енергетики в Україні проводять науково-дослідні організації. Велика увага приділяється виробництву паливних елементів для автомобілів.

У зв'язку з тим, що ринок альтернативної енергетики в Україні практично не розвинений, потенціал використання нанопорошків досить обмежений.

*Машинобудування.* Застосування нанопорошків у машинобудуванні може призвести до значного економічного ефекту. За оцінкою ЄС, 1 євро, витрачений на покриття для ріжучих інструментів, може призвести до економії 5 євро.

Українська галузь машинобудування характеризується такими негативними показниками:

- низький рівень технологічних розробок;
- низька конкурентоздатність у світі;
- продукція випускається за стандартами, які не відповідають міжнародним вимогам і мають низький рівень уніфікації;
- обладнання не відповідає технічним вимогам сьогодення.

Низьке сприйняття у машинобудуванні, зокрема, українському, інновацій обмежує формування попиту на нанопорошки. Одним із перспективних напрямків застосування нанопорошків у цій галузі є створення наноалмазних ріжучих інструментів для будіндустрії. До кінця 2017 р. в Україні планується освоєння промислового виробництва алмазних ріжучих інструментів, яке здатне забезпечити не менше 20 % від щорічної потреби будівельного комплексу країни, а також експорт продукції. Зокрема, заміна традиційних порошків нанопорошками у покриттях робочих поверхонь поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння зменшує час приробки та значно (на 12–15 %) знижує коефіцієнт тертя.

*Медицина.* Галузі медицини та косметології – одні з найбільших споживачів нанопорошків у світі. В Україні також проводяться дослідження щодо застосування нанопорошків у охороні здоров'я, зокрема:

- в онкології (нанопорошки заліза, платинових металів, церію тощо);
- в хірургії (нанопорошки срібла, заліза тощо);
- для виробництва біоцидних матеріалів;
- у біопротезуванні;
- для генетичної діагностики захворювань з використанням тест-систем.

*Транспорт.* Нанопорошки застосовуються в аерокосмічній промисловості та авіабудуванні. Їх використання дає змогу підвищити, зокрема, міцність і корозійну стійкість конструкційних матеріалів. Важливою розробкою наноіндустрії є керамічний наноцемент (або фосфатна кераміка), який може бути використаним у виробництві високоміцних шпал для швидкісних залізниць, залізобетонних конструкцій мостів і ліній електропередач, тунелів, прокладання підпірних стінок, для заповнення кадастрових пустот у формі гелю тощо.

## 6.2. Прогнози розвитку ринку

Всі види нанопорошків розподіляють на групи залежно від їх перспективності та прогнозованої динаміки розвитку. Найперспективнішими є складні оксиди (сурм'яно-олов'яний, індіє-олов'яний), а також оксид цинку, які використовуються в електроніці. Крім того, до цієї групи відносять кремнезем, глинозем, оксид титану, нанопорошки титану, заліза, титанату барію, наноалмазів, нітриду силіцію, оксидів неодиму, європію, диспрозію тощо. Також попитом користуються порошки оксидів заліза, цирконію, церію, ітрію, магнію, а також чистих металів: нікель, цинк, срібло, золото, алюміній, вольфрам, платина, молібден, кремній. Найменшим попитом користуються, зокрема, сполуки на основі міді, оскільки різке зростання цін на сировину змушує споживачів шукати альтернативні матеріали і технології [52, 53].

Якщо сьогодні нанопорошки використовуються, в основному, в обробній промисловості, виробництві будівельних матеріалів, електроніці та в багатьох інших галузях, то до 2020 р. їх застосування, ймовірно, зміститься у бік екологічних програм, а в наступні роки – до медицини і біології (зокрема, вдосконалення адресної доставки ліків).

Прогнози виробництва нанопорошків до 2025 р. наведено в табл. 2. Підвищення попиту на нанопорошки сприятиме збільшенню обсягу їх виробництва, і, як наслідок, зниженню їх вартості.

**Таблиця 2**

Прогнози виробництва нанопорошків (т/рік)

Продукція	2010–2015 рр.	2015–2020 рр.	2020–2025 рр.
Нанопорошок нікелю	3500	7500	15000
Нанопорошок оксиду ітрію	2500	7000	7500
Нанопорошок оксиду церію	–	10000	–
Нанопорошок діоксиду силіцію	100000	100000	Більше 100000
Нанопорошок діоксиду титану	5000	5000	Більше 10000
Нанопорошок оксиду цинку	20	–	–

**Примітка:** систематизовано та узагальнено авторами на основі літературних даних [4, 5]

Однак, навіть оптимістичні прогнози ринку вказують на те, що нанопорошки будуть виготовляти у менших кількостях, ніж аналогічні традиційні матеріали. Так, за експертними оцінками, у 2020–2025 рр. у світі буде виготовлено близько 100000 т нанопорошків. Це пов'язано з тим, що основною характеристикою наночастинок буде не їх обсяг, а фізико-хімічні та медико-біологічні характеристики.

Цілком можливо, що в Україні виробництво нанопорошків буде поступово завойовувати ринок їх традиційних аналогів. Варто також враховувати, що широкомасштабному впровадженню нанопорошків у виробництво буде

перешкоджати той факт, що їх використання не завжди призводить до покращення властивостей матеріалів.

Як очікується, основними споживачами буде космічна галузь, літакобудування, автомобілебудування, а також виробництво товарів масового споживання. Найближчими до комерційної реалізації є проекти використання нанопрошків у споживчих товарах – наноструктуровані покриття, продукція в галузі електроніки, виробництво каталізаторів, в біології та медицині тощо.

## **7. SWOT-аналіз результатів досліджень**

*Strengths.* В роботі використано останні літературні джерела з тематики маркетингового дослідження з українського ринку нанопорошків. Поєднання даних щодо технологій та маркетингових досліджень дозволило більш повно розкрити тематику.

*Weaknesses.* Нерозвиненість українського ринку нанотехнологій на сьогоднішньому етапі розвитку.

*Opportunities.* Подальші дослідження будуть спрямовані на використання результатів проведеного у роботі аналізу українського ринку нанопорошків для подальшого прогнозування його розвитку. Досягнення в галузі нанотехнологій є результатом виконання державної програми розвитку нанотехнології. Тому попередній досвід дозволить більш обґрунтовано підійти для формування наступних заходів розвитку галузі.

*Threats.* Бурхливі зміни в напрямках досліджень нанотехнологій та їх впровадження у виробництво іноді значно випереджають планові заходи та показники.

## **8. Висновки**

1. Систематизація літературних даних щодо характеристики сучасної української галузі нанотехнологій за найбільш важливими показниками і тенденціями розвитку показала, що український ринок нанотехнологій знаходиться на початковому етапі свого становлення. У загальному обсязі інвестицій у нанотехнологічні проекти переважає державне фінансування. Сьогодні Україна значно відстає від розвинених країн за обсягом приватних інвестицій і комерційний ринок в державі практично не розвинений.

2. Зі зробленого прогнозу щодо терміну виходу наноматеріалів на український ринок видно, що найближчим часом очікується впровадження наноматеріалів та нанотехнологій для виробництва хімічних каталізаторів, лако-фарбових матеріалів, лікарських препаратів, композитів для енергетичної, паливної та металургійної галузей.

3. Узагальнення основних напрямків науково-дослідних і конструкторських робіт у галузі нанотехнологій показує, що основними підприємствами:

- за галузями досліджень є виробництво наноматеріалів, їх використання в наноприладах та живих системах (нанобіотехнологія), та наноінструментах;
- за галузями досліджень – електроніка, медицина, енергетика, машинобудування та транспорт.

Наукові розробки технологій одержання нанопорошків, головним чином, проводяться в галузях металургії, енергетики, медицини та фармакології, паливно-енергетичних підприємств.

4. Проведений системний аналіз українського ринку нанопорошків показав, що висока вартість нанопорошків на українському ринку обумовлена низьким обсягом виробництва та високою вартістю вихідної сировини та обладнання. Також визначено, що основними потенційними споживачами нанопорошків в Україні найближчим часом є металургія, енергетика, електроніка, медицина, машинобудування та транспортна галузь.

### Література

1. Коротеєва А. В., Кущевська Н. Ф., Малишев В. В. Дослідження ринку нанопорошків: прогноз обсягу виробництва та розвитку, структура ринку, ціновий аналіз // Маркетинг в Україні. 2015. № 5 (92). С. 29–33.
2. Мелихов И. В. Тенденции развития нанохимии // Российский химический журнал. 2002. № 5 (46). С. 7–13.
3. Сергеев Г. Б. Размерные эффекты в нанохимии // Российский химический журнал. 2002. № 5 (46). С. 22–29.
4. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии. М.: Биномная лаборатория знаний, 2008. 431 с.
5. Маркетинговое исследование рынка нанопорошков (версия 4. Хронология исследования: 2005–2009 годы с прогнозами до 2018 года). Аналитический отчет, 2010. 130 с.
6. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 240 с.
7. Жоаким К., Плеввер Л. Нанонауки. Невидимая революция. М.: Колибри. 2009. 240 с.
8. Drexler E. K., Peterson C., Pergamit G. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. New York: Quill Books, 1993. 166 p.
9. Regis E., Chinsky M. Nano: The emerging science of nanotechnology. New York: Little Brown and Co., 1996. 416 p.
10. Фейнман Р. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики // Химия и жизнь. 2002. № 12. С. 20–26.
11. Головин Ю. И. Введение в нанотехнологию. М.: Машиностроение, 2003. 112 с.
12. Андриевский Р. А., Рагуля А. В. Наноструктурные материалы. Москва: Academia, 2005. 187 с.
13. Dzidziguri E. L. Dimensional characteristics of nanopowders // Nanotechnologies in Russia. 2009. Vol. 4, Issue 11-12. P. 857–870. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078009110147>
14. Production technology, characteristics, and some applications of electric-explosion nanopowders of metals / Lerner M. I., Svarovskaya N. V., Psakhie S. G., Bakina O. V. // Nanotechnologies in Russia. 2009. Vol. 4, Issue 11-12. P. 741–757. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078009110019>
15. Palmer M., Truong. Y. Introduction to the special issue on the nature of industrial marketing work // Industrial Marketing Management. 2019. Vol. 2. P. 350–368. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.02.004>

16. Naudé P., Sutton-Brady C. Relationships and networks as examined in Industrial Marketing Management // *Industrial Marketing Management*. 2019. Vol. 79. P. 27–35. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.03.006>
17. Ghazinoory S., Ameri F., Farnoodi S. An application of the text mining approach to select technology centers of excellence // *Technological Forecasting and Social Change*. 2013. Vol. 80, Issue 5. P. 918–931. doi: <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.001>
18. Frima H. J., Gabellieri C., Nilsson M.-I. Drug delivery research in the European Union's Seventh Framework Programme for Research // *Journal of Controlled Release*. 2012. Vol. 161, Issue 2. P. 409–415. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.01.044>
19. He X., Hwang H.-M. Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment // *Journal of Food and Drug Analysis*. 2016. Vol. 24, Issue 4. P. 671–681. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.06.001>
20. Morris J. E. Nanopackaging: Nanotechnologies and Electronics Packaging // *Nanopackaging*. Cham: Springer, 2018. P. 1–44. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-319-90362-0\\_1](http://doi.org/10.1007/978-3-319-90362-0_1)
21. Di Benedetto C. A., Lindgreen A. The Emergence of Industrial Marketing Management as the Leading Academic Journal in Business-to-Business Marketing // *Industrial Marketing Management*. 2018. Vol. 69. P. 5–12. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.01.023>
22. Nilsson T. How marketers argue for business – Exploring the rhetorical nature of industrial marketing work // *Industrial Marketing Management*. 2018. Vol. 20. P. 5–17. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.10.004>
23. Review of the electrodeposition of molybdenum carbide on the surfaces of disperse dielectric and semiconductor materials / Malyshev V. V., Gab A. I., Shakhnin D. B., Ambrova M., Danielik V., Fellner P. // *Acta Chimica Slovaca*. 2012. Vol. 5, Issue 2. P. 139–144. doi: <http://doi.org/10.2478/v10188-012-0021-3>
24. Electrodeposition of tungsten and molybdenum carbide onto the surfaces of disperse dielectric and semiconductor materials / Malyshev V. V., Gab A. I., Pisanenko A. D., Soloviev V. V., Chemenko L. A. // *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*. 2014. Vol. 45, Issue 1. P. 51–56. doi: <http://doi.org/10.1002/mawe.201400189>
25. High-Temperature Electrochemical Synthesis of Nanopowders of Tungsten Carbide in Ionic Melts / Malyshev V., Gab A., Shakhnin D., Lukashenko T., Ishtvanik O., Gaune-Escard M. // *Nanochemistry, Biotechnology, Nanomaterials. And Their Applications. Springer Proceedings in Physics*. 2017. Vol. 214. P. 311–321. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-319-92567-7\\_19](http://doi.org/10.1007/978-3-319-92567-7_19)
26. Production of Dispersed Powders of the Silicides of Metals from Group VI-B by the Electrolysis of Halide-Oxide Melts / Malyshev V. V., Hab A. I., Shakhnin D. B., Schuster D. // *Materials Science*. 2017. Vol. 52, Issue 4. P. 550–558. doi: <http://doi.org/10.1007/s11003-017-9989-6>
27. Синтез дисперсных порошков силицидов металлов VI – В группы электролизом галогенидно-оксидных расплавов / Молотовская Л. А., Шахнин Д. Б., Ускова Н. Н., Малишев В. В. // *Вопросы химии и химической технологии*. 2016. Т. 1 (105). С. 66–71.
28. Refractory metal nanopowders: Synthesis and characterization / Won C. W., Nersisyan H. H., Won H. I., Lee J. H. // *Current opinion in solid state and materials science*. 2010. Vol. 14, Issue 3-4. P. 53–68. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cossms.2009.10.001>
29. Ecologically safe and resource-saving methods for recycling waste tungsten, niobium carbide-cobalt cermets and extraction of tungsten and niobium from concentrates / Onischenko V.,

Soloviev V., Solianyuk L., Malyshev V. // *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*. 2016. Vol. 47, Issue 9. P. 852–857. doi: <http://doi.org/10.1002/mawe.201600501>

30. Rafailovic L. D., Minic D. M. Deposition and characterisation of nanostructured nickel-cobalt alloys // *Chemical Industry*. 2009. Vol. 63 (5a). P. 557–567.

31. Electroplating of Co-W and Co-Mo Alloys from Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Ionic Melts / Malyshev V., Gab A., Survila A., Donath C., Neacsu E. I., Popescu A. M., Constantin V. // *Revista de Chimie*. 2019. Vol. 70, Issue 93. P. 871–874.

32. Малишев В. В., Кущевська Н. Ф. Одержання порошків вольфраму та його карбиду // *Порошкова металургія*. 2019. № 1. С. 3–10.

33. Трахтенберг І. М., Дмитруха Н. М. Наночастинки металів, методи отримання, сфери застосування, фізико-хімічні та технічні властивості // *Український журнал з проблем медицини*. 2013. № 4 (37). С. 62–74.

34. Hussain C. M. *Handbook of nanomaterials for industrial applications*. Elsevier, 2018. P. 1077.

35. Malyshev V. V., Shakhnin D. B. Corrosion Resistance of Nanopowders of Borides and Carbides of the Metals of Groups IV–VI Bin Nickel-Plating Electrolytes // *Materials Science*. 2013. Vol. 49, Issue 3. P. 356–360. doi: <http://doi.org/10.1007/s11003-013-9622-2>

36. Wautelet M., Dauchot J. P., Hecq M. Size effects on the phase diagrams of nanoparticles of various shapes // *Materials Science and Engineering: C*. 2003. Vol. 23, Issue 1-2. P. 187–190. doi: [http://doi.org/10.1016/s0928-4931\(02\)00266-7](http://doi.org/10.1016/s0928-4931(02)00266-7)

37. Budevski E., Staikov G., Lorenz W. J. Electrocrystallization. Nucleation and growth phenomena // *Electrochimica Acta*. 2000. Vol. 45, Issue 15-16. P. 2559–2574. doi: [http://doi.org/10.1016/s0013-4686\(00\)00353-4](http://doi.org/10.1016/s0013-4686(00)00353-4)

38. Лукашенко Т., Кущевська Н., Малишев В. Забезпечення здоров'я та безпеки, охорона навколишнього середовища – особливі аспекти стандартизації нанотехнологій і наноматеріалів // *Строительные материалы и изделия*. 2014. № 2 (77). С. 26–27.

39. Дорошенко А. М., Чекман І. С. Магнітні наночастинки: властивості і біомедичне застосування // *Український медичний часопис*. 2014. № 4 (102). С. 10–13.

40. Чекман І. С., Дорошенко А. М. Клініко-фармакологічні властивості наночастинок заліза // *Український медичний часопис*. 2010. № 3 (77). С. 44–50.

41. Haynes C. L., Van Duyne R. P. Nanosphere Lithography: A Versatile Nanofabrication Tool for Studies of Size-Dependent Nanoparticle Optics // *The Journal of Physical Chemistry B*. 2001. Vol. 105, Issue 24. P. 5599–5611. doi: <http://doi.org/10.1021/jp010657m>

42. Балабанов В. И. Эффект лотоса в автомобильной промышленности // *Нанотехнологии, производство, экология*. 2009. № 1. С. 82–86.

43. Глинчук М. Д., Рагуля А. В. *Наноферроики*. Киев: Наукова думка, 2010. 381 с.

44. Любченко В. Е., Митягин А. Ю., Поморцев Л. А. Алмаз – перспективный материал для наноэлектроники // *Инженерная физика*. 2003. № 5. С. 51–58.

45. Малинецкий Г. Г., Митин Н. А., Науменко С. А. *Нанобиология и сенергетика // Проблемы и идеи*. Москва, 2005. 31 с.

46. Ерохин М. Н., Балабанов В. И., Стрельников В. В. *Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии*. М.: МГАУ, 2008. 300 с.

47. Мороз І. О. *Нанотехнології в освітній галузі*. Суп ДПУ, 2016. 244 с.

48. Дидактические особенности подготовки будущих инженеров химических специальностей на примере курса «Неорганическая химия» / Лукашенко Т. Ф., Малышев В. В., Габ А. И., Брускова Д.-М. Я. // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 3 (45). С. 177–180.

49. Нанонаука і нанотехнології: технічний, методичний та соціальний аспекти / Патон Б., Москаленко В., Чекман І., Мовчан Б. // Вісник НАН України. 2009. № 6. С. 18–26.

50. Нанотехнології та підготовка сучасного інженера в світлі реалізації принципів і завдань Болонського процесу / Малышев В. В., Лукашенко Т. Ф., Липова Л. А., Сущенко А. М. // Освіта регіонів. 2011. № 5. С. 52–58.

51. Фостер Я. Ю. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. Москва: Техносфера, 2008. 352 с.

52. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 256 с.

53. Третьяков Ю. Д., Гудилин Е. А. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. 2009. Т. 78, № 9. С. 867–869.