

УДК 330.341.1

JEL Classification: L650

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.167234

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ, ТЕНДЕНЦІЙ ТА СТРУКТУРИ СВІТОВОГО РИНКУ НАНОПОРОШКІВ

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ, ТЕНДЕНЦИЙ И СТРУКТУРЫ МИРОВОГО РЫНКА НАНОПОРОШКОВ

Мальшев В. В., Кущевская Н. Ф., Коротеева А. В., Брускова Д.-М. Я., Лукашенко Т. Ф., Залюбовский М. Г.

INVESTIGATION OF STATE, TRENDS AND STRUCTURE OF THE WORLD MARKET OF NANOPOWDERS

Malyshev V., Kushchevska N., Korotyeeva A., Bruszkova D.-M., Lukashenko T., Zalubovskiy M.

1. Вступ

Нанопорошок – маса з сухих наночастинок із зовнішніми розмірами у всіх трьох вимірах нанодіапазону, приблизно від 1 нм до 100 нм. На відміну від інших видів наноматеріалів (нанотрубок, фулеренів, нанопор тощо) нанопорошки виробляють з багатьох видів сировини. При цьому, нанопорошки можуть мати як подібні до вихідної сировини характеристики, так і особливі властивості, обумовлені розміром і будовою їх частинок. Сукупний світовий обсяг споживання наноматеріалів перевищив показник у 15 млрд. дол. Галузь нанопорошків є найбільш розвиненим комерційним сектором ринку наноматеріалів. В середньому щорічний приріст складає 15%. Тому маркетингове дослідження ринку нанопорошків є актуальним завданням розвитку нанотехнологічної галузі виробництва.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є стан тенденцій та структури світового ринку нанопорошків.

Розрізняють такі основні види наночастинок [1]:

- металеві наночастинок – наночастинок з металів (сплавів), зокрема, титану, заліза, міді, алюмінію, золота, срібла тощо;
- наночастинок оксидів – наночастинок оксидів алюмінію, титану, заліза, цинку, цирконію тощо, які використовуються, наприклад, при формуванні об'ємних оксидних керамік і покриттів, у полірувальній, косметичній та іншій продукції;
- наночастинок безкисневих керамік – наночастинок на основі карбідів, нітридів, силіцидів, інших сполук, які використовуються, наприклад, при

формуванні об'ємних безкисневих керамік і покриттів, у полірувальній, антифрикційній та іншій продукції.

На відміну від інших видів матеріалів (нанотрубок, фулеренів, нанопористих матеріалів тощо) нанопорошки виробляють з багатьох видів сировини.

У табл. 1 представлено відомості про найбільш поширені у світовому просторі нанопорошки металів і оксидів.

Таблиця 1

Галузі застосування нанопорошків металів і оксидів

Сполука	Формула	Галузь застосування нанопорошків
1	2	3
Оксид силіцію	SiO_2	– електроніка; – оптика; – обробна промисловість (абразив); – виробництво ЛФМ (лако-фарбові матеріали); – в якості пластичного наповнювача, покриття, ґрунтовки для будівельних матеріалів, як водовідштовхувальний засіб тощо
Оксид титану	TiO_2	– обробна промисловість; – виробництво фарб; – оптика (фотокаталізатори, покриття лінз); – захист навколишнього середовища (очищення стічних вод, повітряні фільтри); – виробництво будівельних матеріалів; – виробництво пластмас (білі барвники); – виробництво скла, дзеркал; – утилізація боєголовок хімічних ракет
Оксид алюмінію	Al_2O_3	– обробна промисловість (абразив, струминне очищення); – електроніка (притирання, полірування, виробництво конденсаторів); – оптика (протирання, полірування); – очистка повітря (каталізатор); – виробництво конструкційної кераміки
Оксид феруму	Fe_2O_3 Fe_3O_4	– виробництво скла та кераміки, каталізаторів хімічних реакцій, магнітів і запам'ятовуючих пристроїв; – очищення води
Оксид цинку	ZnO	– виробництво полімерів, водневих паливних елементів і сонячних батарей; – косметологія; – текстильне виробництво
Оксид церію	CeO_2	– виробництво водневих паливних елементів і скла; – оптика (протирання, полірування)
Оксид цирконію	ZrO_2	– виробництво кераміки; – виробництво водневих паливних елементів
Оксид ітрію	Y_2O_3	– вогнетривка кераміка; – виробництво люмінесцентних ламп; – виробництво водневих паливних елементів; – дисплеї та монітори; – датчики в автомобілебудуванні

Продовження таблиці 1

1	2	3
Оксид міді	CuO	– електроніка; – оптика; – біологія; – медицина
Оксид магнію	MgO	– виробництво антибіотиків, покриттів, пов'язок, полімерів, сплавів і металів; – текстильне виробництво; – виробництво фунгіцидів; – електроніка; – оптика; – біологія; – медицина
Оксид неодиму	Nd ₂ O ₃	– електроніка (керамічні конденсатори, люмінофори, електроди, магніти); – оптика; – виробництво скла
Оксид європію	Eu ₂ O ₃	– електроніка (люмінофори кольорових телевізорів і рентгенівських екранів); – оптика; – виробництво графітових стрижнів ядерних реакторів
Оксид диспрозію	Dy ₂ O ₃	– електроніка; – оптика; – виробництво магнітів і запам'ятовуючих пристроїв; – виробництво галогенних ламп

Примітка: систематизовано та узагальнено авторами на основі прогнозованих літературних даних [2, 3]

У формі порошків випускають практично всі види твердих металевих елементів. Витрати при виробництві однорідних порошків металів із високим ступенем чистоти є значно вищими, ніж при виробництві оксидів металів. У табл. 2 наведено дані про застосування чистих металів у різних галузях.

Таблиця 2

Застосування нанопорошків металів у різних галузях

Метал	Формула	Галузь застосування нанопорошків	Розповсюдження
1	2	3	4
Нікель	Ni	– дешевший замітник платини; – виробництво водневих паливних елементів, покриттів, полімерів і текстилю; – електроніка; – оптика; – медицина	Високе
Мідь	Cu	– біологія; – медицина; – електроніка; – оптика	

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Залізо	Fe	– очистка води; – виробництво магнітів і запам'ятовуючих пристроїв, покриттів, полімерів; – оптика; – біологія; – медицина	Високе
Алюміній	Al	– дешевший замітник титану; – каталізатори; – біологія; – медицина	
Титан	Ti	– біологія; – медицина; – добавки для стабільності при дії УФ- променів; – виробництво покриттів	
Кобальт	Co	– виробництво скла і кераміки; – оптика; – медицина	
Цинк	Zn	– біологія; – медицина; – виробництво полімерів, текстилю, водневих паливних елементів і сонячних батареї	Середнє
Вольфрам	W	– виробництво покриттів; – виробництво полімерів	
Молібден	Mo	– каталізатори (вуглецеві нанотрубки); – виробництво покриттів, полімерів, інгібіторів і лубрикантів	
Срібло	Ag	– біологія; – медицина; – фармацевтика; – текстильна галузь; – покриття; – повітряні фільтри (каталізатори)	Низьке
Золото	Au	– електроніка (дротові контакти, гальванопокриття, захист від інфрачервоного випромінювання); – каталізатори; – медицина; – біологія; – фармацевтика	
Платина	Pt	– електроніка (каталізатор); – виробництво водневих паливних елементів і скловолокна; – автомобілебудування; – нафтогазова галузь; – медицина; – біологія; – фармацевтика	

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4
Кремній	Si	– електроніка (головний компонент напівпровідників, мікросхем і сонячних елементів); – металургія (добавки для забезпечення жароміцності); – виробництво кераміки, піротехніки, цементу і абразивів тощо	Низьке

Примітка: систематизовано та узагальнено авторами на основі прогнозованих літературних даних [2, 3]

Складні оксиди і суміші наночастинок складають відносно невелику частку виготовлених нанопорошків. На відміну від чистих металів та їх оксидів, складні нанопорошки мають обмежену сферу застосування. Існують такі види сумішей і складних оксидів [4]:

– сурм'яно-олов'яний оксид (Sb_2O_3/SnO_2) – використовують в електроніці та оптиці; важливий компонент дисплеїв завдяки антистатичному ефекту; здатність поглинати інфрачервону частину спектру, фотопровідність;

– індіє-олов'яний оксид (In_2O_3/SnO_2) – використовують у виробництві дисплеїв у складі прозорих електропровідних покриттів;

– нітрид кремнію (Si_3N_4) – застосовують при виробництві турбін, деталей двигунів, машин, жароміцних і теплоізоляційних матеріалів, а також тепло- і корозійностійких затискувачів;

– титанат барію ($BaTiO_3$) – використовують в електроніці при виробництві запам'ятовуючих пристроїв, електричних підсилювачів і сегнетоелектричної кераміки;

– наноалмази (C) – застосовують в обробній промисловості для нанесення покриттів на полірувальні й ріжучі інструменти, свердла, для виготовлення змащувальних і зносостійких покриттів; добавки до сталі; виробництво напівпровідників;

– вольфрамо-кобальтовий карбід (WC/Co) – добавки до інструментів, зокрема, металообробних і видобувних.

Порівняно з вихідною сировиною, нанопорошки мають низьку температуру спікання, хімічно активні, мають надлишкову енергію.

Нанопорошки одержують хімічними, фізичними, фізико-хімічними і механічними способами.

Хімічні методи – складаються з декількох послідовних стадій:

– осадження – проводять із розчинів солей за допомогою осаджувачів (розчини лугів – гідроксидів натрію і калію), кислот тощо. Регулювання рН та температури розчину дає змогу керувати процесами кристалізації та забезпечувати високу дисперсність гідроксиду. Гель-метод застосовують для одержання порошків різних металів. Він полягає в осадженні гелів нерозчинних сполук металів з водних розчинів;

– термічний розклад і відновлення – процес після осадження та сушіння нанодисперсних оксидів або гідроксидів. Залежно від вимог до продукту, використовують газоподібні (водень, оксид вуглецю) або тверді відновники. Метод дає змогу одержувати порошки сферичної, голчастої, лускатої або

неправильної форм. Нанопорошки Fe, W, Ni, Co, Cu та інших металів відновлюють у різному середовищі, залежно від поставлених задач.

Фізичні методи – ґрунтуються на випаровуванні металів, сплавів і оксидів з подальшою їх конденсацією при контрольованій температурі та атмосфері. Фазові переходи пар – рідина – тверде тіло або пар – тверде тіло відбуваються в реакторі або на охолоджуваній основі (стінках). Вихідна речовина випаровується при інтенсивному нагріванні та газом-носієм подається в реакційну камеру, де піддається швидкому охолодженню. Нагрівання здійснюють за допомогою плазми, лазерного випромінювання, електричної дуги, печей опору, індукційним струмом тощо.

В залежності від виду вихідного матеріалу та одержаного продукту, випаровування і конденсацію проводять у вакуумі, потоці інертного газу або в плазмі. Розмір і форма частинок залежить від температури процесу, складу атмосфери і тиску в реакційному середовищі. Наприклад, в атмосфері гелію частинки мають менший розмір, ніж в атмосфері більш щільного газу – аргону. Метод дає змогу одержувати порошки Ni, Mo, Fe, Ti, Al із розміром частинок у нанометровому діапазоні.

Відомий спосіб одержання наноматеріалів електричним вибухом провідників. Дріт металу діаметром 0,1–1,0 мм розміщують у реакторі між електродами, на які подають потужний імпульс струму $1,04\text{--}1,06 \cdot 10^8 \text{ A/m}^2$. Відбувається миттєвий розігрів і випаровування дротів. Пари металу розлітаються, охолоджуються і конденсуються з утворенням нанопорошку. Процес проводять в атмосфері гелію або аргону. Так одержують нанопорошки металів (Ti, Co, W, Fe, Mo) та оксидів (TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2) із розміром частинок до 100 нм.

Механічні методи – це подрібнення матеріалів у млинах (кульових, планетарних, відцентрових, вібраційних), гіроскопічних та інших пристроях. Механічне подрібнення застосовується при виробництві нанопорошків металів, кераміки, полімерів, оксидів, інших крихких матеріалів. Ступінь подрібнення залежить як від природи матеріалів, так і від обладнання, яке використовують.

Механічний метод є найпростішим, продуктивним і доступним. В основному, одержують порошки сплавів металів. Недоліки – ймовірність забруднення при одержанні порошків у нанодисперсному стані та складність регулювання складу продукту.

Однією з основних проблем у виробництві нанопорошків є схильність наночастинок до утворення агрегатів та агломератів, які ускладнюють одержання компактних матеріалів. Для подолання сил агломерації потрібно прикладати механічне зусилля або підвищувати температуру спікання.

Наявні дані щодо галузі застосування нанопорошків металів та оксидів потребують подальшого всебічного аналізу світового ринку для більш детального розкриття теми і мети дослідження.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даного дослідження є всебічний аналіз світового ринку нанопорошків.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Здійснити пошук потенційного попиту, а також обсягу ринку нанотехнологій різних країн.
2. Узагальнити стан і тенденції розвитку світового ринку нанопорошків.
3. Здійснити ціновий аналіз ринку нанопорошків.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Досягнення в розробці та виготовленні наноструктур значною мірою визначаються рівнем розвитку технологій, які дають змогу отримувати наноструктури необхідної конфігурації і розмірності. Необхідною вимогою є розробка методів комплексної діагностики властивостей наноструктур, включаючи контроль у процесі виготовлення (*insitu*) і управління на його основі технологічними процесами. За багатьма прогнозами саме розвиток нанотехнологій визначить прогрес в ХХІ столітті, подібно до того, як відкриття атомної енергії, винахід лазера і транзистора визначили прогрес в ХХ столітті [2, 5].

В даний час ця галузь потужно розвивається за трьома напрямками:

- 1) виготовлення електронних схем (у тому числі і об'ємних) з активними елементами, розміри яких є співставними з розмірами одиничних молекул або атомів;
- 2) розробка і виготовлення наномашин, тобто механізмів та роботів молекулярних розмірів;
- 3) виробництво нанопорошків [6, 7].

Серед основних напрямків вирішення проблеми маркетингового дослідження нанопорошків, виявлених в світових ресурсах наукової літератури, можуть бути виділені роботи [8, 9]. А також відомі роботи [10, 11]. Але в даних літературних джерелах недостатньо розглянуто питання отримання нанопорошків металів та їх оксидів електролізом іонних рідин. Авторами робіт [12, 13] зроблено перші спроби систематизації методів одержання нанопорошків та маркетингове дослідження ринку нанопорошків. Останнім часом значне використання нанопорошків має місце в біології та медицині [5, 14]. Деякі спроби маркетингового дослідження ринку нанопорошків та дизайнерські рішення (склад, будова, розмір частинок) було зроблено в роботах [15, 16].

В даній роботі використано загальноприйняті підходи до маркетингових досліджень в індустрії, які представлені в [17, 18]. В роботах [19, 20] наведено перспективні напрямки в сфері індустріального маркетингу. Останні спроби щодо узагальнення характеристик існуючих металевих нанопорошків та галузей їх застосування представлено в [21, 22]. Огляд статей та патентів в цьому питанні зроблено в роботах [23, 24]. В роботі [25] детально розглянуто основні характеристики нанопорошків (в тому числі нітриду та карбонітриду титану, одержаного плазмохімічним синтезом). Перспективним є використання нанопорошків алюмінію та його сполук в якості високоенергетичних матеріалів [26, 27]. Додавання наночасток оксидів в полімерні матриці є важливим для галузей оптики та електроніки [28]. Значний розвиток нанотехнології має галузь електроніки [29, 30]. Відоме перспективне використання новітніх технологій в галузях ядерної енергетики [31] та харчової галузі [32].

Роботи [33, 34] присвячено розробці концепцій розвитку, досягненням та найбільш перспективним напрямкам розвитку в галузі нанотехнологій. Рівень

досліджень за цією галуззю в різних країнах та існуючі державні програми розвитку галузі наведено в [35, 36]. Особливу увагу останнім часом приділено охороні навколишнього середовища [37] та розвитку біомедицини [38]. Деякі спроби розгляду питань бізнесу та ціноутворення в галузі нанотехнологій зроблено в [39, 40].

Таким чином, результати аналізу літературних даних дозволяють зробити висновок про необхідність подальшої систематизації матеріалу щодо галузі застосування та маркетингового дослідження ринку нанопорошків.

5. Методи досліджень

При дослідженні були використані наступні наукові методи:

- метод пошуку літературних даних з досліджуваної тематики;
- метод аналізу при проведенні маркетингових досліджень в галузі наноматеріалів та нанотехнологій;
- метод систематизації та класифікації при проведенні дослідження щодо досягнень сучасної науки в галузі наоіндустрії.

6. Результати досліджень

6.1. Огляд світового ринку нанотехнологій

Стан і перспективи розвитку ринку нанопорошків пов'язані із загальною динамікою сектора нанотехнологій. Ринок нанотехнологій стрімко розвивається, про що свідчить зростання інвестицій у галузь, а також кількість наукових розробок, патентів і публікацій з даної проблематики. Щорічно збільшується число компаній, які представляють нанотехнології, а також обсяг комерційно-реалізованої продукції. Досягнення нанотехнологій сьогодні використовують різні галузі промисловості [4].

Так, згідно з оцінками консалтингової компанії Lux Research, у 2012 році обсяг ринку нанотехнологій складав 190,3 млрд. дол. [3]. Його щорічний приріст становить 15–17 %. На одержану з використанням нанотехнологій продукцію припадає близько 0,05 % світового валового сукупного продукту, очікується, що вона зросте до 1,5 % до 2020 р. Лідерами світового ринку є США (59 млрд. дол.), Європа (47 млрд. дол.) та Азіатсько-Тихоокеанський регіон (9,4 млрд. дол.). США лідирують як за обсягом комерційного ринку, так і за кількістю публікацій (близько 25000 у 2015 р.) і патентів у галузі нанотехнологій (45 % патентів).

Розподіл сфер впливу в галузі нанотехнологій, за оцінкою US NanoBusiness Alliance, вже відбувається і завершиться до 2020 р. [3]. Прогнозована структура світового ринку при цьому буде виглядати так (рис. 1). Найбільший комерційний сектор у 2015 р. – виробництво наноматеріалів (126 млрд. дол.). Лідером у цьому секторі є виготовлення нанокompозитів, які використовують в автомобілебудуванні та будівництві. На другому місці знаходиться електроніка (45 млрд. дол.). Майже 19 млрд. дол. припадає на сферу охорони здоров'я.

■ США ■ Японія ■ Європа ■ Азія ■ Інші

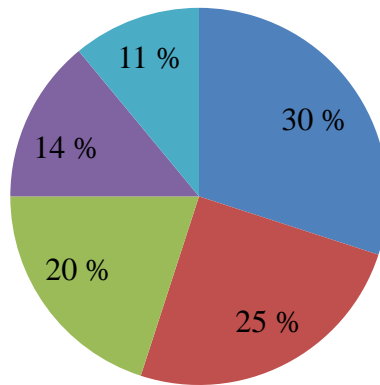


Рис. 1. Прогнозована питома вага різних країн на ринку нанотехнологій у 2020 році [3, 41]

Попит на нанопродукти, згідно з оцінками Lux Research, буде розподілено до 2020 року між напрямками наноринку, як показано на рис. 2. Видно, що найбільшим попитом будуть користуватися наноматеріали і продукція напoeлектроніки. Найбільшим споживачем нанопродукції буде Азіатсько-Тихоокеанський регіон, США та Європа.

За підсумками 2015 р. було вироблено продукції, яка включає розробки в галузі нанотехнологій на суму понад 1,4 трлн. дол. У структурі виробництва нанопродукції лідирує хімічна галузь, наукові дослідження (проміжні продукти, як правило, не серійні) та електроніка.

Має місце тенденція до зростання компаній у секторі нанотехнологій, яка в середньому на 30–40 % перевищує динаміку світового ринку в цілому.

Обсяг світових інвестицій у нанотехнології в 2015 році склав 18,1 млрд. дол. Даний показник зріс, порівняно з 2013 роком, на 18 %. Корпоративні інвестиції (8,6 млрд. дол.) стали головним джерелом фінансування (державні – лише 8,3 млрд. дол.). Питома вага венчурного капіталу знизилася (1,0 млрд. дол.). Найбільший обсяг вкладень надходить у хімічний сектор і в сферу фармацевтики. Згідно із прогнозами компанії Scientifica (рис. 3), до 2018 року дана структура може зазнати деяких змін: лідируюче положення займає фармацевтика – фінансування проектів у цій сфері збільшиться у п'ять разів [3, 41]. Також буде спостерігатися тенденція до подвійного зростання у сфері електроніки. Лідерами за обсягом державних інвестицій є США та ЄС. За оцінками експертів, у перспективі до 2020 року лідерство за обсягом вкладених інвестицій може перейти до Японії. Сьогодні лідером ринку наноматеріалів є США з прогнозованим рівнем доходів на 2018 р. у розмірі 1,46 млрд. дол. Другий за величиною сектор – Західна Європа. Найбільш швидкозростаючим і перспективним сегментом є Азіатсько-Тихоокеанський регіон.

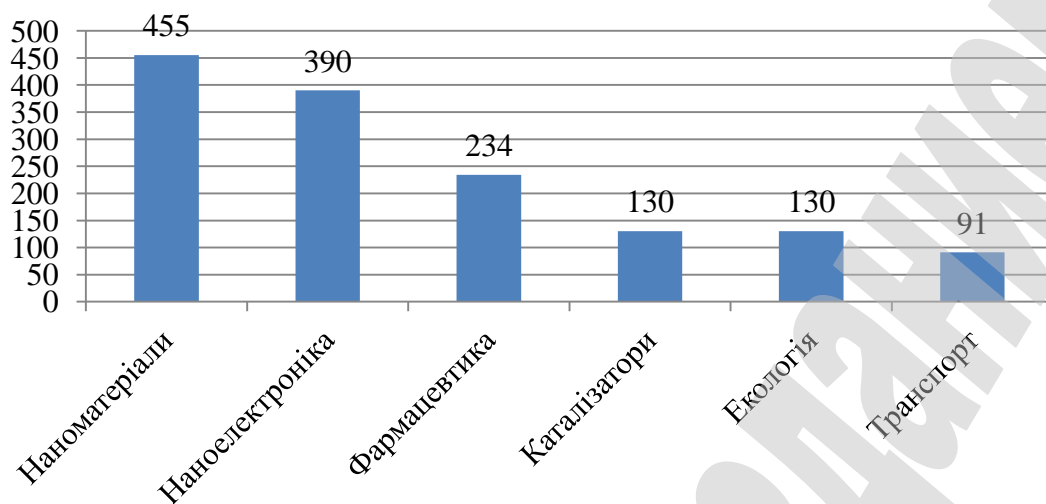


Рис. 2. Потенційний попит на нанопродукти у 2020 році (млрд. дол.) [3, 41]

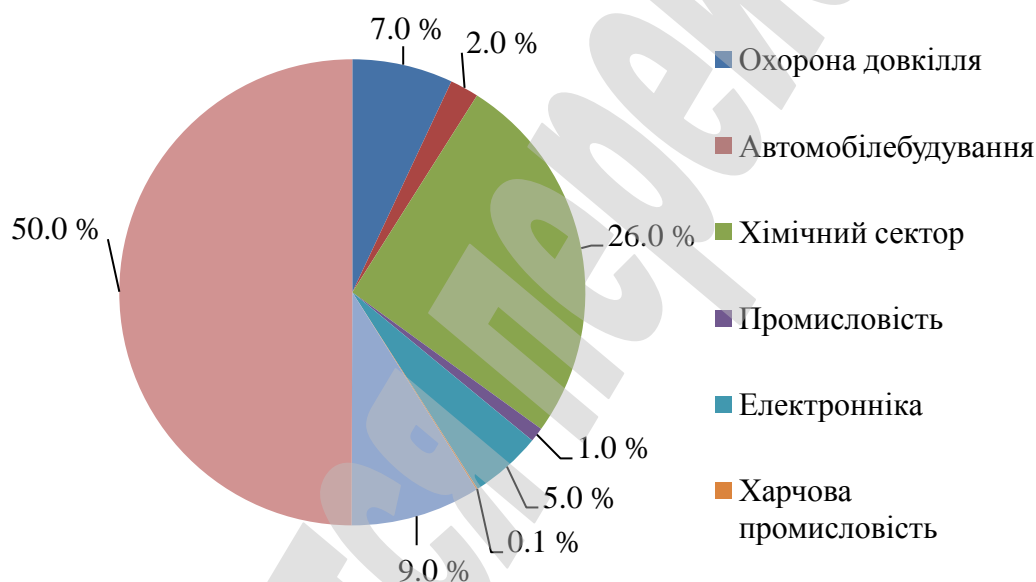


Рис. 3. Структура інвестицій за галузями промисловості [3, 41]

У цілому, варто зазначити, що сьогodнішній обсяг виробництва наноматеріалів не відповідає потребам ринку. Прогнозовані обсяги зростання кожної з складової сфер пов'язані з підвищенням доступності наноматеріалів для кінцевого споживача.

Перспектива ринку нанотехнологій виглядає оптимістично. При цьому, експерти по-різному оцінюють його ємність і динаміку зростання. Обсяг ринку нанотехнологій та його прогноз в трлн. дол. представлений в табл. 3. Видно, що прогноз обсягу глобального наноринку відрізняється. По-перше, не вивчено ризики, пов'язані з виробництвом нанопродукції. По-друге, оцінка перспектив ринку ґрунтується на положенні про можливий «прорив» у деяких галузях, наприклад, винаходи нанокомп'ютерів, нанороботів, вдосконалення та збільшення обсягів випуску нанотрубок, продукції для біомедицини тощо [42].

Таблиця 3

Прогнозований обсяг ринку нанотехнологій, трлн. дол.

Експертна організація	Прогнозований обсяг ринку, трлн. дол.
Mitsubishi Institute, прогноз на 2018 р.	0,19
Єврокомісія, прогноз на 2018 р.	0,26
Iunkett Research, прогноз на 2017–2020 рр.	1,3
Lux Research, прогноз на 2018 р.	3,4
Us NanoBusiness Alliance, прогноз на 2020 р.	1,3
Єврокомісія, прогноз на 2020 р.	2,0

Примітка: розроблено на основі прогнозованих даних [3, 41]

6.2. Стан і тенденції розвитку світового ринку нанопорошків

Промислове виробництво більшості видів нанопорошків розпочалося 10–15 років тому. У промислових кількостях одержували лише кремнезем, глинозем і оксид заліза. Науково-дослідні інститути та університети одержували невеликі за обсягом зразки нанопорошків для проведення досліджень. На сьогодні розроблено технології одержання нанопорошків для виготовлення широкого спектру матеріалів. При цьому, порошки можуть відрізнятися за фракціями і чистотою матеріалу. Виробництво нанопорошків є найбільш масштабним [42, 43], порівняно з виробництвом інших наноматеріалів. Незважаючи на великий асортимент порошків, які є доступними, лише деякі з них виробляють у промислових масштабах [44, 45]. Обсяг світового ринку нанопорошків, які використовують в енергетиці, як каталізатори, у виробництві конструкційних матеріалів, у 2016 р. склав, за оцінкою BCC Research [46], 474,4 млн. дол. Приріст порівняно з 2015 р. – 17 %. При середньому щорічному темпі зростання (CAGR) 38,7 %, до 2020 р. обсяг ринку буде на рівні 1,7 млрд. дол. На ринку виділяють три основних сфери застосування наночасток (табл. 4):

- 1) використання в електричних приладах;
- 2) в якості каталізаторів;
- 3) в конструкційних матеріалах.

Таблиця 4

Структура ринку нанопорошків за напрямками використання

Застосування	2012 рік		2017 рік		CAGR 2013–2017, %
	млн. дол.	% від загального обсягу	млн. дол.	% від загального обсягу	
Каталізатори	260,1	55,0 %	464,5	26,6 %	12,2 %
Енергетика	76,4	16,1 %	785,5	45,0 %	59,4 %
Конструкційні матеріали	137,2	28,9 %	496,6	28,4 %	29,4 %
Всього	473,7	100,0 %	1746,6	100,0 %	29,8 %

Примітка: розроблено на основі прогнозованих даних [3, 41]

Крім цих галузей, важливим сегментом ринку є використання нанопорошків у електроніці, оптиці тощо.

6.3. Структура ринку

6.3.1. Структура ринку нанопорошків у різних країнах

Основними споживачами нанопорошків у світі є країни з найбільш розвинутою наноіндустрією – США, Японія та ЄС.

Світове виробництво нанопорошків розподілено нерівномірно. Основні виробничі потужності знаходяться в розвинених країнах. У той же час такі країни, як Бразилія, Південна Африка тощо, мають високий сировинний потенціал, але не виробляють нанопорошки у значних обсягах.

Понад дві третини світового випуску нанопорошків виробляється у США, де розташовано майже половину всіх виробників. США забезпечують продукцією споживачів у Європі, в меншій мірі – в Азії.

Разом з тим, багато американських виробників є невеликими інноваційними компаніями або науково-дослідними інститутами, які синтезують нанопорошки для внутрішніх потреб. В Азії, навпаки, невелика кількість учасників ринку має великі обсяги виробництва. Азіатський регіон має величезні запаси рідкоземельних металів, таких як ітрій, цирконій тощо.

У Європі найбільш розвинена наноіндустрія в Німеччині та Великій Британії. Основною проблемою в Європі в недалекому майбутньому може стати дефіцит сировини, оскільки, зокрема, поклади рідкісноземельних металів у регіоні обмежені.

6.3.2. Структура ринку нанопорошків за типами наноматеріалів

Основним видом продукції на світовому ринку нанопорошків є порошки оксидів металів (рис. 4). У товарній групі оксидів металів 4/5 обсягу виробництва припадає на три найпоширеніші види сировини: кремнезем (SiO_2), диоксид титану (TiO_2) і глинозем (Al_2O_3). При цьому, кремнезем займає більше половини всього виробництва, глинозем – 18 % і диоксид титану – 10 %. Найдоступнішими оксидами є оксиди заліза, цинку, церію, цирконію, купруму, магнію, ітрію.

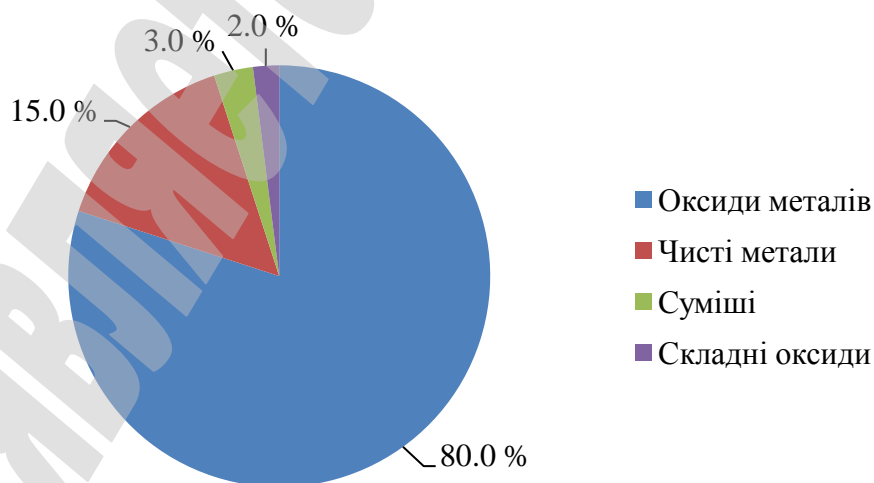


Рис. 4. Структура нанопорошків на світовому ринку [3, 41]

На ринку нанопорошків чистих металів 16,5 % обсягу виробництва припадає, в основному, на порошки нікелю і міді. Серед лідерів за цим показником є залізо, алюміній і титан (від 13 % до 14 %) (рис. 5).

Серед складних оксидів і сумішей найбільше виробляють: сурм'яно-олов'яний оксид, титанат барію, карбід кобальту, нітрид силіцію та індіє-олов'яний оксид.

Аналіз робіт [47, 48], які присвячено дослідженням у галузі нанопорошків показав, що найбільш перспективним напрямком наукових розробок є нанопорошки алюмінію та дорогоцінних металів.

Структура виробництва нанопорошків у регіонах є приблизно однаковою. Так, в Європі виробляється більше за обсягом порошків оксидів металів (більше 90 %), а в Азії – порошків чистих металів (до 25 %).

П'ять провідних виробників із Північної Америки (наприклад, American Elements) виробляють понад 20 видів нанопорошків, у той час, як у Європі та Азії асортимент рідко перевищує 10 найменувань (найчастіше – 1–5 найменувань). Велику частину порошків випускають в обмеженій кількості через замовлення для дослідницьких цілей.

Розмір частинок нанопорошків не є основним фактором при ціноутворенні. Більше половини всіх нанопорошків (до 60 %) мають розмір частинок менше 60 нм, а приблизно 40 % – менше 30 нм (рис. 6)

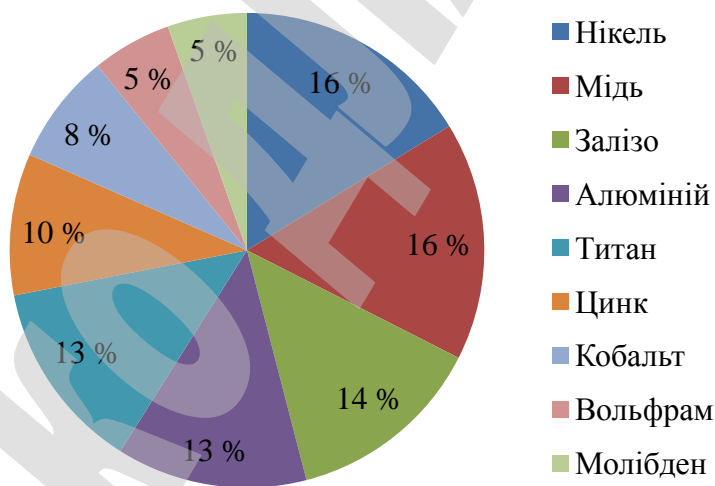


Рис. 5. Світовий обсяг виробництва порошків чистих металів [3, 41]

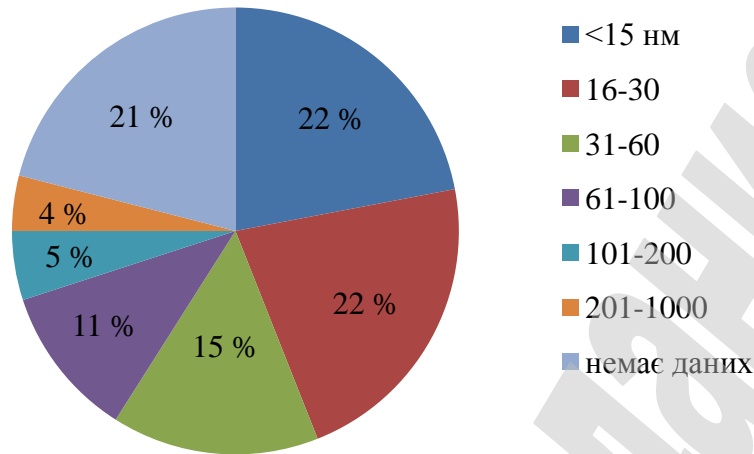


Рис. 6. Структура виробництва нанопорошків за розміром наночастинок [3, 41]

6.4. Ціновий аналіз

Ринок нанопорошків є складним для цінового аналізу, що пояснюється такими причинами [4, 41]:

- виробники співпрацюють з певними галузями промисловості, тому випускають нанопорошки з різними характеристиками (фракція, чистота тощо);
- при виробництві нанопорошків із керованими властивостями при визначенні ціни велике значення має показник обсягу партії.

Вартість нанопорошку при укладанні кожного контракту визначається індивідуально. Орієнтовну вартість деяких найпоширеніших нанопорошків представлено на рис. 7.

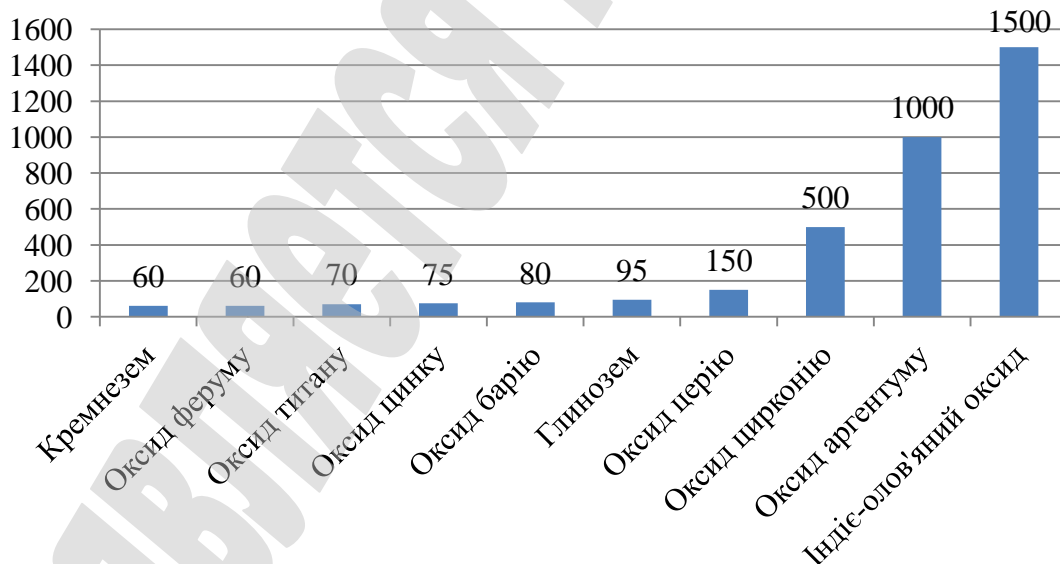


Рис. 7. Середня вартість нанопорошків, дол./кг [3, 41]

Так, висока вартість нанопорошків оксиду цирконію, оксиду срібла та індіє-олов'яного оксиду визначається високою вартістю вихідної сировини і малим обсягом виробництва. Вартість у виробників відрізняється на 25–30 % і залежить також, зокрема, від транспортних витрат при доставці їх споживачеві.

6.5. Особливості споживання нанопорошків

Нанопорошки не завжди є кінцевою продукцією, а використовуються у різних виробничих процесах. Відповідно, на обсяги споживання нанопорошків впливає та чи інша галузь їх використання.

Сьогодні нанопорошки регулярно використовують у двох ключових галузях: в електроніці (в основному, кремнезем) та в обробній промисловості. У інших галузях попит на нанопорошки існує у формі одноразових замовлень.

Структуру споживання нанопорошків за галузями на світовому рівні представлено на рис. 8. Видно, що попит на нанопорошки формує, в основному, електроніка та обробна промисловість. Способи використання нанопорошків у цих галузях практично однакові, наприклад, їх застосовують як абразив.

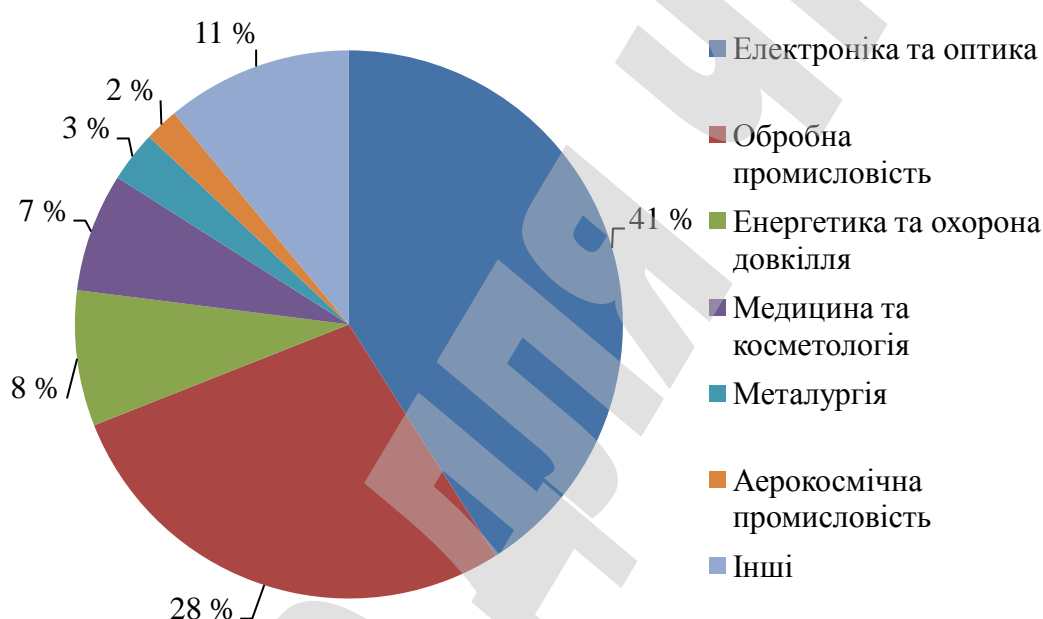


Рис. 8. Споживання нанопорошків за галузями [3, 41]

В табл. 5 систематизовано галузі застосування нанопорошків з класифікацією їх використання, стадії розробки, запропонованих форм на ринку.

Таблиця 5

Галузі практичного використання нанопорошків

Галузь застосування	Стадія розробки	Форми, пропонувані на ринку	Використання
1	2	3	4
Енергетика	Нанокристалічні нікель, мідь і гідриди металів для хімічних джерел струму; сонячні батареї; акумулятори водню; твердооксидні паливні елементи	Каталізatori навколишнього середовища, оксид церію в дизелях	Автомобільні каталізatori

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
Охорона здоров'я та медицина	Нанокристалічні лікарські препарати; наносфери з використанням біосумісного кремнію; прискорювачі росту кісток; виявлення вірусів і використання квантових точок; засоби при лікуванні онкології; покриття для імплантів	Сонцезахисні фільтри з використанням ZnO і TiO ₂ ; молекулярне маркування: квантові точки, CdSe; носії для препаратів з низькою розчинністю у воді	Au, Ag, Pt, ZnO, Fe, хірургія, онкологія, терапія тощо
Інжиніринг	Ріжучі частини інструментів з: WC, TaC, TiC, Co; свічки запалювання; діелектрики; доставка гербіцидів і пестицидів; датчики; молекулярні сита	Абразивно-стійкі покриття з Al ₂ O ₃ і Y-Zn ₂ O; полімерні композити, армовані наноглинами; мастила; пігменти; самоочисне скло з TiO ₂ ; реактивне паливо	Структурне нарощування полімерів і композитів; газотермічні покриття на основі: TiO ₂ , TiC-Co тощо; чорнило
Споживчі товари	–	Протиконтрафактні пристрої	Спортивні товари; упаковка; покриття
Екологія	–	Наноструктурні покриття; фотокаталітична очистка води	Плитка з покриттям; санітарні товари; відновлення ґрунту (з Fe, Al, Ce)
Електроніка	Нанорозмірні магнітні частинки для накопичувачів високої щільності; захист від внутрішніх радіозавад; електронні схеми; технології для дисплеїв	Феромагнітні рідини; пристрої оптоелектроніки; електропровідні покриття	Покриття та сполучні матеріали

Примітка: розроблено на основі прогнозованих даних [2, 3, 41]

Основними галузями практичного використання нанопорошків на сьогодні є: електроніка (функціональні покриття, сполучені та композиційні матеріали), енергетика (автомобільні каталізатори), охорона здоров'я та медицина (хірургія та онкологія), інженіринг (полімерні матеріали та композити). Поки що, в меншій мірі, досягнення наноіндустрії використовуються у виробництві споживчих товарів та екологічних технологіях.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. У даній роботі одночасно проведено систематизацію та аналіз літературних даних, як в галузі сучасного виробництва нанопорошків та перспектив їх одержання, так і маркетингового дослідження ринку нанопорошків. Поєднання цих даних дозволяє більш обґрунтовано розкрити питання сучасного стану та перспектив ринку наноматеріалів та нанотехнологій.

Weaknesses. Відсутність звітів з даної тематики у відкритому доступі.

Opportunities. Подальші дослідження будуть спрямовані на використання результатів проведеного у роботі аналізу світового ринку нанопорошків для

формування українського ринку нанопорошків. Досягнення в галузі нанотехнологій є результатом досліджень багатьох країн. Тому досвід окремої країни є дуже корисним для розвитку власної наноіндустрії.

Threats. Швидкий розвиток нанотехнологій вносить окремі корективи в різні аспекти маркетингових досліджень нанопорошків.

8. Висновки

1. Проведено пошук країн за виробництвом нанопорошків. Показано, що найбільш розвиненими ринками нанопорошків є США (обсяг ринку нанотехнологій – 60 млрд. дол.), Європа (47 млрд. дол.) та Азіатсько-Тихоокеанський регіон (10 млрд. дол.).

2. Узагальнено стан і тенденції розвитку світового ринку нанопорошків. На світовому ринку нанопорошків переважає: США (2/3 світового випуску), Азія (в основному, Японія) та Європа (Німеччина і Велика Британія). У країнах із високим сировинним потенціалом (Бразилія, Мексика) виробництво практично не розвинено. Специфікою світового ринку нанопорошків є те, що в Європі виробляється більше за обсягом порошоків оксидів металів (більше 90 %), а в Азії – порошоків чистих металів (до 25 %), асортимент американських виробників, як правило, перевищує аналогічний в європейських та азіатських країнах.

3. Проведений ціновий аналіз світового ринку нанопорошків дає змогу виділити такі показники, що характеризують його розвиток:

- наноматеріали – найбільший комерційний сектор сучасного ринку нанотехнологій з обсягом близько 100 млрд. дол.; у структурі виробництва нанопродукції лідирує хімічна галузь, наукові дослідження (проміжні продукти, як правило, не серійні) та електроніка;

- загальна проблема на ринку наноматеріалів – висока вартість продукції, низький обсяг виробництва та доступність для кінцевого споживача;

- обсяг лише трьох найбільших складових ринку наноматеріалів – енергетика, виробництво каталізаторів, конструкційних матеріалів – становить 375 млн. дол.; прогнозовані темпи зростання протягом 2015–2020 рр. – 60 %, 13 % і 30 % відповідно;

- на світовому ринку нанопорошків переважає виробництво продукції з оксидів металів; найпоширеніші види сировини: кремнезем (SiO_2) – більше половини від усього виробництва, диоксид титану (TiO_2) – 10 % і глинозем (Al_2O_3) – 18 %;

- серед нанопорошків чистих металів більше 30 % припадає на виробництво порошоків нікелю та міді; до лідерів за цим показником відносять залізо, алюміній і титан (13–14 %);

- більше половини всіх нанопорошків має розмір частинок менше 60 нм, а більше, ніж 40 % – менше 30 нм;

- попит на нанопорошки формує, в основному, електроніка та обробна промисловість; найбільший обсяг має ринок нанопорошків у медицині та косметології.

Література

1. Наноматеріали. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения / Балоян Б. М., Колмаков А. Г., Алымов М. И., Кротов А. М. Москва, 2007. 124 с.

2. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии. М.: Биномная лаборатория знаний, 2008. 431 с.
3. Маркетинговое исследование рынка нанопорошков (версия 4. Хронология исследования: 2005–2009 годы с прогнозами до 2018 года). Аналитический отчет, 2010. 130 с.
4. Коротеева А. В., Кущевська Н. Ф., Малишев В. В. Дослідження ринку нанопорошків // Маркетинг в Україні. 2015. № 5 (92). С. 29–33.
5. Головин Ю. И. Введение в нанотехнологию. М.: Машиностроение, 2003. 112 с.
6. Третьяков Ю. Д., Гудилин Е. А. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. 2009. Т. 78, № 9. С. 867–869.
7. Фейнман Р. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики // Химия и жизнь. 2002. № 12. С. 20–26.
8. Таланчук П., Малишев В., Липова Л. Освіта ХХІ століття. Самовизначення особистості в контексті інтеграції України до європейського інтелектуального простору // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації. 2009. № 3. С. 206–213.
9. Salata O. V. Applications of nanoparticles in biology and medicine // Journal of Nanobiotechnology. 2004. Vol. 2, Issue 3. P. 1–6. doi: <http://doi.org/10.1186/1477-3155-2-3>
10. Bhushan B. Springer handbook of nanotechnology. Springer, 2007. 1221 p. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-540-29857-1>
11. Bhushan B. Springer handbook of nanotechnology. Springer-Verlag GmbH, 2017. 1221 p. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-662-54357-3>
12. Волков С. В., Ковальчук Є. П., Огенко В. М. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали, 2008. К.: Наукова думка, 423 с.
13. Izutsu K. Electrochemistry in Nonaqueous Solutions. Wiley-VCH, 2009. 432 p. doi: <http://doi.org/10.1002/9783527629152>
14. Nitta K., Masatoshi M., Inazawa S. Electrodeposition of molybdenum from molten salts // Electronics. 2010. Issue 7. P. 75–78.
15. Dieter G. E., Kuhn H. A., Semiatin S. L. Handbook of Workability and Process Design. ASM International, 2003. 389 p.
16. Handbook of Metallurgical Process Design / ed. by Xie L., Funatani K., Totten G. NYBasel. MarcelDekkerInc, 2004. 973 p. doi: <http://doi.org/10.1201/9780203970928>
17. Palmer M., Truong Y. Introduction to the special issue on the nature of industrial marketing work // Industrial Marketing Managment. 2019. Vol. 2. P. 350–368. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.02.004>
18. Naudé P., Sutton-Brady C. Relationships and networks as examined // Industrial Marketing Managment. 2019. Vol. 1. P. 256–269. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.03.006>
19. Johnsen T. E. Purchasing and supply management in an industrial marketing perspective // Industrial Marketing Management. 2018. Vol. 69. P. 91–97. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.01.017>
20. Keränen J. Inspiring future generations of industrial marketing scholars // Industrial Marketing Management. 2018. Vol. 69. P. 127–128. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.01.011>

21. 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>
22. 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>
23. Hung S.-C., Chu Y.-Y. Stimulating new industries from emerging technologies: challenges for the public sector // *Technovation*. 2006. Vol. 26, Issue 1. P. 104–110. doi: <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.07.018>
24. A Brief Literature and Patent Review of Nanosuspensions to a Final Drug Product / Lim Chin W. W., Parmentier J., Widzinski M., Tan E. H., Gokhale R. // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2014. Vol. 103, Issue 10. P. 2980–2999. doi: <http://doi.org/10.1002/jps.24098>
25. Extended characteristics of dispersed composition for nanopowders of plasmachemical synthesis / Sinaiskii M. A., Samokhin A. V., Alekseev N. V., Tsvetkov Y. V. // *Nanotechnologies in Russia*. 2016. Vol. 11, Issue 11-12. P. 805–814. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078016060185>
26. Popok V. N., Bychin N. V. Impact of metallic and nonmetallic nanopowders on the combustion characteristics of energetic materials based on ammonium nitrate // *Nanotechnologies in Russia*. 2014. Vol. 9, Issue 9-10. P. 541–548. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078014050127>
27. Investigation of combustion of HEM with aluminum nanopowders / Sakovich G. V., Arkhipov V. A., Vorozhtsov A. B., Bondarchuk S. S., Pevchenko B. V. // *Nanotechnologies in Russia*. 2010. Vol. 5, Issue 1-2. P. 91–107. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078010010106>
28. Polymer-liquid crystal composites doped by inorganic oxide nanopowders / Zharkova G. M., Zobov K. V., Romanov N. A., Syzrantsev V. V., Bardakhanov S. P. // *Nanotechnologies in Russia*. 2015. Vol. 10, Issue 5-6. P. 380–387. doi: <http://doi.org/10.1134/s1995078015030210>
29. Thermoelectric Skutterudite/oxide nanocomposites: Effective decoupling of electrical and thermal conductivity by functional interfaces / Moure A., Rull-Bravo M., Abad B., Del Campo A., Rojo M. M., Aguirre M. H. et. al. // *Nano Energy*. 2017. Vol. 31. P. 393–402. doi: <http://doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.11.041>
30. Carbon monoxide sensing at room temperature via electron donation in boron doped diamond films / Joshi R. K., Weber J. E., Hu Q., Johnson B., Zimmer J. W., Kumar A. // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2010. Vol. 145, Issue 1. P. 527–532. doi: <http://doi.org/10.1016/j.snb.2009.12.070>
31. Petrunin V. F. Development of Nanomaterials for Nuclear Energetics // *Physics Procedia*. 2015. Vol. 72. P. 536–539. doi: <http://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.09.046>
32. 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>
33. Concepts, Discoveries and the Rapid Development of Nanotechnologies / ed. by Lacaze P. C., Favennec P.-N. // *Nanotechnologies*. John Wiley & Sons, 2012. P. 1–2. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118580165.part1>

34. 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
35. 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>
36. 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>
37. Musee N. Nanowastes and the environment: Potential new waste management paradigm // Environment International. 2011. Vol. 37, Issue 1. P. 112–128. doi: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2010.08.005>
38. Advances in carbon nanotube based electrochemical sensors for bioanalytical applications / Vashist S. K., Zheng D., Al-Rubeaan K., Luong J. H. T., Sheu F.-S. // Biotechnology Advances. 2011. Vol. 29, Issue 2. P. 169–188. doi: <http://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.10.002>
39. 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>
40. 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>
41. Фостер Я. Ю. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. Москва: Техносфера, 2008. 352 с.
42. Бізнес у нанотехнологіях / Романенко Л., Малишев В., Романенко О., Сущенко А. // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації. 2011. № 1. С. 242–252.
43. Стандартизація в галузі нанотехнологій та наноматеріалів: напрямки розвитку, характеристика стандартів, термінологія / Малишев В. В., Кущевська Н. Ф., Заблоцька О. І., Гладка Т. М. // Строительные материалы и изделия. 2013. № 3. С. 6–10.
44. Павлыго Т. М., Сердюк Г. Г., Шевченко В. И. Стандартизація в області нанотехнологій і наноматеріалів // Наноструктурное материаловедение. 2010. № 3. С. 70–80.
45. Бучаченко А. Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века // Успехи химии, 2003. Т. 72, № 5. С. 419–437.
46. BCCResearch / Smart Decisions Start Here. URL: <https://www.bccresearch.com>
47. Андросчук Г. О., Ямчук А. В., Березняк Н. В. Нанотехнології у ХХІ столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження: монографія. К.: УкрІНТЕІ, 2011. 275 с.
48. Терехов А. И., Терехов А. А. Перспективы развития приоритетных направлений фундаментальных исследований (на примере нанотехнологий) // Наука и нанотехнология, 2005. № 2. С. 131–148.