

СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА СТРУКТУРА СВІТОВОГО РИНКУ НАНОПОРОШКІВ

DOI: 10.36994/2707-4110-2019-3-24-06

Малишев В.В., *д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та соціальної безпеки Університету «Україна», м. Київ*

Кущевська Н.Ф., *д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Університету «Україна», м. Київ*

Брускова Д.-М.Я., *канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Університету «Україна», м. Київ*

Метою даного дослідження є всебічний аналіз світового ринку нанопорошків. **Матеріали та методи.** У дослідженні використовувались такі методи дослідження, як системно-логічний метод, метод статистичного узагальнення, порівняльного і факторного аналізу. **Результати досліджень.** Як відомо, нанопорошки одержують хімічними, фізичними, фізико-хімічними і механічними способами. 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. Згідно з оцінками консалтингової компанії Lux Research, у 2012 році обсяг ринку нанотехнологій складав 190,3 млрд. дол. Його щорічний приріст становить 15-17%. 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 році) і патентів у галузі нанотехнологій (45% патентів). За підсумками 2015 року 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. 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.). 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 рік у розмірі 1,46 млрд. дол. Основним видом продукції на світовому ринку нанопорошків є порошки оксидів металів. 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. Серед складних оксидів і сумішей найбільше виробляють: сурм'яно-олов'яний оксид, титанат барію, карбід кобальту, нітрид силіцію та індіє-олов'яний оксид. Аналіз представлених патентів, які присвячено дослідженням у галузі нанопорошків показав, що найбільш перспективним напрямком наукових розробок є нанопорошки алюмінію та дорогоцінних металів. **Висновки.** Аналіз світового ринку нанопорошків дає змогу виділити такі показники, що характеризують його розвиток: загальна проблема на ринку наноматеріалів – висока вартість продукції, низький обсяг виробництва та доступність для кінцевого споживача; найрозвиненіші ринки нанопорошків: США, Європа та Азіатсько-Тихоокеанський регіон; прогнозовані темпи зростання протягом 2015-2020 р.р. трьох найбільших складових ринку наноматеріалів: енергетика, виробництво каталізаторів, конструкційних матеріалів – 60%, 13% і 30% відповідно; на світовому ринку нанопорошків переважає виробництво продукції з оксидів металів; найпоширеніші види сировини: кремнезем) – більше половини від усього виробництва, диоксид титану – 10% і глинозем – 18%;

Ключові слова: маркетинг, ринок, нанопорошок, структура ринку, виробництво, ціни.

STATE, TRENDS, AND STRUCTURE OF THE WORLD NANO-POWDER MARKET

Malyshev V, Dr. Sciences, Professor, Head of the Department of Road Transport and Social Security Ukraine University, Kyiv.

Kushchevska N., Dr. Sciences, Professor, Head of the Department of Modern Engineering and Nanotechnology Ukraine University, Kyiv.

Bruskova D.-M., PhD in Chemical, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Modern Engineering and Nanotechnology Ukraine University, Kyiv.

The purpose of this study is to provide a comprehensive analysis of the global nanopowder market. Materials and methods. The study used such research methods as system-logical method, method of statistical generalization, comparative and factor analysis. Research results. It is known that nanopowders are obtained by chemical, physical, physico-chemical and mechanical methods. One of the major problems in the

production of nanopowders is the tendency of nanoparticles to form aggregates and agglomerates that complicate the production of compact materials. To overcome the forces of agglomeration, a mechanical force or an increase in the sintering temperature must be applied. According to estimates from the consulting company Lux Research, in 2012, the nanotechnology market was \$ 190.3 billion. Its annual growth is 15-17%. The world market leaders are the United States (\$ 59 billion), Europe (\$ 47 billion) and the Asia Pacific region (\$ 9.4 billion). The US is the leader in both the commercial market and the number of publications (about 25,000 in 2015) and patents in nanotechnology (45% of patents). Following the results of 2015, more than \$1.4 trillion worth of nanotechnology products were manufactured. In the structure of production of nanoproducts the chemical industry, scientific researches (intermediary products, as a rule, not serial) and electronics are leading. Global investments in nanotechnology in 2015 totaled \$ 18.1 billion. This indicator increased by 18% compared to 2013. Corporate investments (\$ 8.6 billion) became the main source of financing (public - only \$ 8.3 billion). The leaders in terms of public investment are the US and the EU. Experts estimate that, by 2020, investment leadership may shift to Japan. Today, the leader in the nanomaterials market is the United States with a projected revenue level of 2018 of \$ 1.46 billion. The main products on the world market for nanopowders are metal oxide powders. In the product group of metal oxides 4/5 the production volume accounts for the three most common types of raw materials: silica (SiO_2), titanium dioxide (TiO_2) and alumina (Al_2O_3). At the same time, silica occupies more than half of all production, alumina - 18% and titanium dioxide - 10%. The most available oxides are oxides of iron, zinc, cerium, zirconium, cuprum, magnesium, yttrium. The most complex oxides and mixtures are: tin oxide, barium titanate, cobalt carbide, silicon nitride and indium tin oxide. An analysis of the patents presented for nanopowder research has shown that the most promising area of scientific development is aluminum and precious metal nanopowders. **Conclusions.** Analysis of the world nanopowder market makes it possible to identify the following indicators that characterize its development: the common problem in the nanomaterials market is high cost of production, low volume of production and accessibility for the end consumer; the most developed nanopowder markets: USA, Europe and Asia-Pacific; projected growth rates during 2015-2020 The three largest components of the nanomaterials market: energy, production of catalysts, structural materials - 60%, 13% and 30% respectively; production of metal oxide products prevails in the world market of nanopowders; the most common types of raw materials: silica) - more than half of all production, titanium dioxide - 10% and alumina - 18%.

Keywords: marketing, market, nanopowder, market structure, production, prices.

Постановка проблеми в загальному вигляді. 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.

Аналіз останніх досліджень а публікацій. Досягнення в розробці та виготовленні наноструктур значною мірою визначаються рівнем розвитку технологій, які дають змогу отримувати наноструктури необхідної конфігурації і розмірності, а також методів комплексної діагностики властивостей наноструктур, включаючи контроль у процесі виготовлення (*in situ*) і управління на його основі технологічними процесами. За багатьма прогнозами саме розвиток нанотехнологій визначить прогрес в XXI столітті, подібно до того, як відкриття атомної енергії, винахід лазера і транзистора визначили прогрес в XX столітті [1-3].

В даний час ця галузь потужно розвивається за трьома напрямками:

- виготовлення електронних схем (у тому числі і об'ємних) з активними елементами, розміри яких є співставними з розмірами одиничних молекул або атомів;
- розробка і виготовлення наномашин, тобто механізмів та роботів молекулярних розмірів;
- виробництво нанопорошків [4-6].

Мета статті. Метою даного дослідження є всебічний аналіз світового ринку нанопорошків.

Основний матеріал. Нанопорошок складається з маси сухих наночастинок, твердих об'єктів із зовнішніми розмірами у всіх трьох вимірах у нанодіапазоні, від 1 нм до 100 нм. Розрізняють такі основні види наночастинок [7]:

- 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;

- наночастинки безкисневих керамік – наночастинки 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. При цьому, нанопорошки можуть мати подібні з вихідною сировиною характеристики, а також особливі властивості, обумовлені їх розміром і будовою.

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

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.

Складні оксиди і суміші наночастинок складають відносно невелику частку виготовлених нанопорошків. На відміну від чистих металів та їх оксидів, складні нанопорошки мають, зазвичай, обмежену сферу застосування. Існують такі види сумішей і складних оксидів [8]:

- 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, зазвичай, мають низьку температуру спікання, хімічно активні, мають надлишкову енергію.

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

Галузі застосування нанопорошків металів і оксидів

Сполука	Формула	Галузь застосування нанопорошків
Оксид силіцію	SiO ₂	Електроніка; оптика; обробна промисловість (абразив); виробництво ЛФМ; 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 ₂ O ₃	Обробна промисловість (абразив, струмінне очищення); електроніка (притирання, полірування, виробництво конденсаторів); оптика (протирання, полірування); очистка повітря (каталізатор); виробництво конструкційної кераміки.
Оксид феруму	Fe ₂ O ₃ Fe ₃ O ₄	Виробництво скла та кераміки, каталізаторів хімічних реакцій, магнітів і запам'ятовуючих пристроїв, очищення води.
Оксид цинку	ZnO	Виробництво полімерів; водневих паливних елементів; сонячних батарей; косметологія; текстильне виробництво.
Оксид церію	CeO ₂	Виробництво водневих паливних елементів; скла; оптика (протирання, полірування).
Оксид цирконію	ZrO ₂	Виробництво кераміки; водневих паливних елементів.
Оксид ітрію	Y ₂ O ₃	Вогнетривка кераміка; виробництво люмінесцентних ламп; водневих паливних елементів; дисплеї та монітори; датчики в автомобілебудуванні.
Оксид міді	CuO	Електроніка; оптика; біологія; медицина.
Оксид магнію	MgO	Виробництво антибіотиків; покриттів; пов'язок; полімерів; сплавів; 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 диспро-зію	Dy ₂ O ₃	Електроніка; оптика; виробництво магнітів і запам'ятовуючих пристроїв; галогенних ламп.

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, голчасті, 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 $1,04-1,06 \cdot 10^8$ А/м². 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 (TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂) із розміром частинок до 100 нм.

Застосування нанопорошків металів у різних галузях

Метал	Формула	Галузь застосування нанопорошків	Розповсюдження
Нікель	Ni	Дешевший замітник платини; виробництво водневих паливних елементів; покриттів; полімерів; текстилю; електроніка; оптика; медицина.	Високе
Мідь	Cu	Біологія; медицина; електроніка; оптика.	
Залізо	Fe	Очистка води; виробництво магнітів і запам'ятовуючих пристроїв, покриттів, полімерів; оптика; біологія, медицина.	
Алюміній	Al	Дешевший замітник титану; каталізatori; біологія; медицина.	
Титан	Ti	Біологія; медицина; добавки для стабільності при дії УФ-променів; виробництво покриттів.	
Кобальт	Co	Виробництво скла, кераміки; оптика; медицина	
Цинк	Zn	Біологія; медицина; виробництво полімерів; текстилю; водневих паливних елементів; сонячних батарей	Середнє
Вольфрам	W	Виробництво покриттів; полімерів.	
Молібден	Mo	Каталізatori (вуглецеві нанотрубки); виробництво покриттів; полімерів; інгібіторів; лубрикантів.	
Срібло	Ag	Біологія; медицина; фармацевтика; текстильна галузь; покриття; повітряні фільтри (каталізatori).	
Золото	Au	Електроніка (дротові контакти, гальванопокриття, захист від інфрачервоного випромінювання); каталізatori; медицина; біологія; фармацевтика.	Низьке
Платина	Pt	Електроніка (каталізатор); виробництво водневих паливних елементів, скловолокна; автомобілебудування; нафтогазова галузь; медицина; біологія; фармацевтика.	
Кремній	Si	Електроніка (головний компонент напівпровідників, мікро-схем і сонячних елементів); металургія (добавки для забезпечення жароміцності); виробництво кераміки; піротехніки; цементу; абразивів	

Механічні методи – це подрібнення матеріалів у млинах (кульових, планетарних, відцентрових, вібраційних), гіроскопічних та інших пристроях. Механічне подрібнення, зазвичай, 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.

Світовий ринок нанопорошків. 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 [9].

Так, згідно з оцінками консалтингової компанії Lux Research, у 2012 році обсяг ринку нанотехнологій складав 190,3 млрд. дол. 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 року. 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 році) і патентів у галузі нанотехнологій (45% патентів).

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

Попит на нанопродукти, згідно з оцінками Lux Research, буде розподілено до 2020 року між напрямками наноринку, як показано на

Серія: економіка, менеджмент, маркетинг

рис. 2. Видно, що найбільшим попитом будуть користуватися наноматеріали і продукція наноелектроніки. Найбільшим споживачем нанопродукції буде Азіатсько-Тихоокеанський регіон, США та Європа.

За підсумками 2015 року 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. Також буде спостерігатися тенденція до подвійного зростання у сфері електроніки.

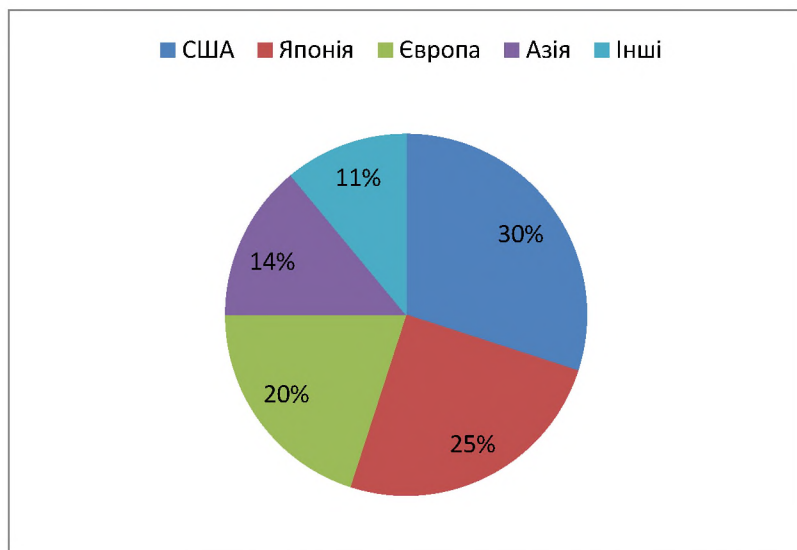


Рис. 1. Прогнозована питома вага різних країн на ринку нанотехнологій у 2020 році

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 рік у

розмірі 1,46 млрд. дол. Другий за величиною сектор – Західна Європа. Найбільш швидкозростаючим і перспективним сегментом є Азіатсько-Тихоокеанський регіон.

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

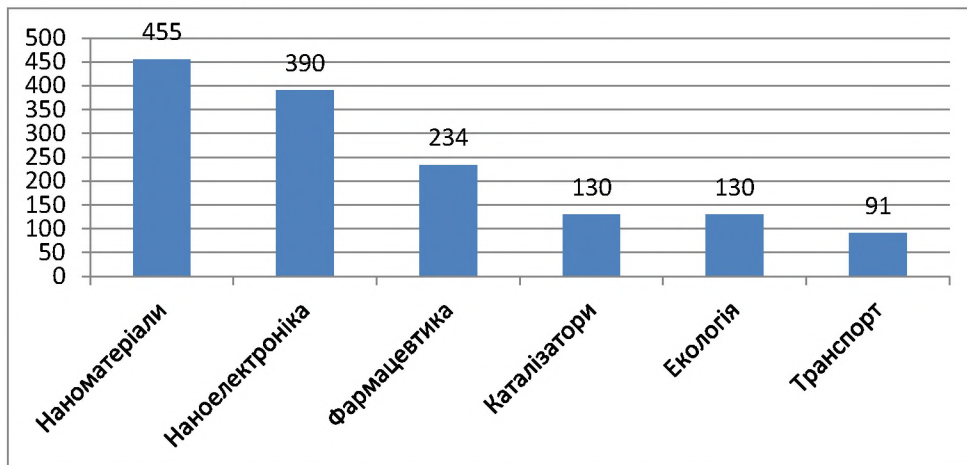


Рис. 2. Потенційний попит на нанопродукти у 2020 році (млрд. дол.)

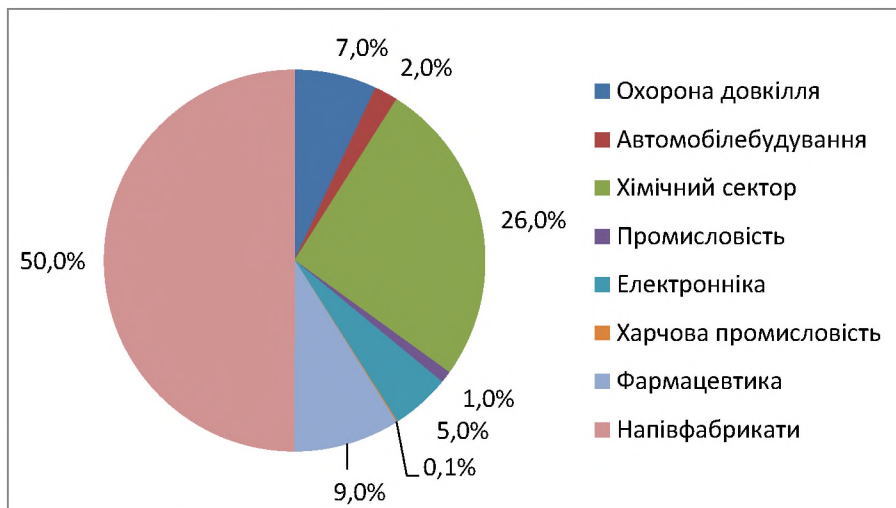


Рис. 3. Структура інвестицій за галузями промисловості.

Перспектива ринку нанотехнологій виглядає оптимістично. При цьому, експерти по-різному оцінюють його ємність і динаміку зростання. Прогнозований обсяг ринку нанотехнологій наведено в табл. 3.

Видно, що прогноз обсягу глобального наноринку відрізняється. По-перше, не вивчено ризики, пов'язані з виробництвом нанопродукції.

Серія: економіка, менеджмент, маркетинг

По-друге, оцінка перспектив ринку ґрунтується на положенні про можливий «прорив» у деяких галузях, наприклад, винаходи нанокomp'ютерів, нанороботів, вдосконалення та збільшення обсягів випуску нанотрубок, продукції для біомедицини тощо [10].

Таблиця 3.

Прогнозований обсяг ринку нанотехнологій, трлн. дол.

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

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 порівняно з виробництвом інших наноматеріалів. Незважаючи на великий асортимент порошків, які є доступними, лише деякі з них виробляють у промислових масштабах [8, 10, 111]. Обсяг світового ринку нанопорошків, які використовують в енергетиці, як каталізатори, у виробництві конструкційних матеріалів, у 2016 році склав, за оцінкою BCC Research (www.bccresearch.com), 474,4 млн. дол.

Таблиця 4.

Структура ринку нанопорошків за напрямками використання

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

Приріст порівняно з 2015 роком – 17%. При середньому щорічному темпі зростання (CAGR) 38,7%, до 2020 року обсяг ринку буде на рівні 1,7 млрд. дол. На ринку виділяють три основних сфери застосування наночасток: використання в електричних приладах, в якості каталізаторів і в конструкційних матеріалах (табл. 4). Крім цих галузей, важливим сегментом ринку є використання нанопорошків у електроніці, оптиці тощо.

Структура ринку. 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 розвинуто наноіндустрію в Німеччині та Великій Британії. Основною проблемою в Європі в недалекому майбутньому може стати дефіцит сировини, оскільки, зокрема, поклади рідкісноземельних металів у регіоні обмежені.

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, купрум, магнію, ітрію.

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 представлених патентів, які присвячено дослідженням у галузі нанопорошків показав, що найбільш перспективним напрямком

Серія: економіка, менеджмент, маркетинг наукових розробок є нанопорошки алюмінію та дорогоцінних металів [12, 13].

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%).

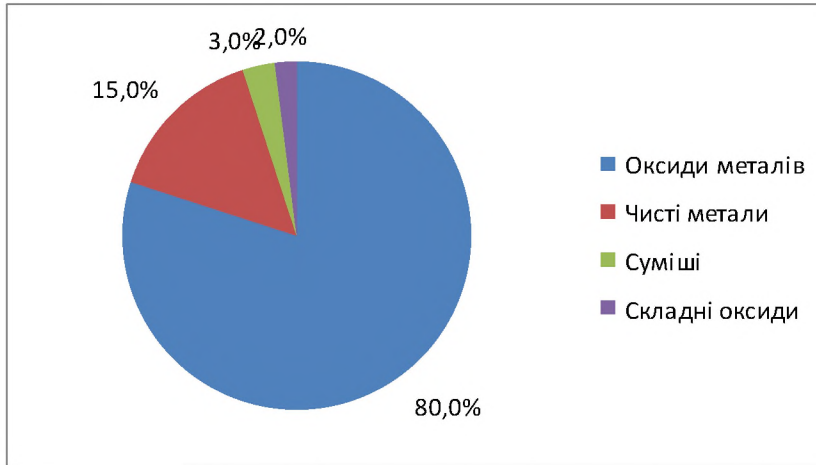


Рис. 4. Структура нанопорошків на світовому ринку

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).

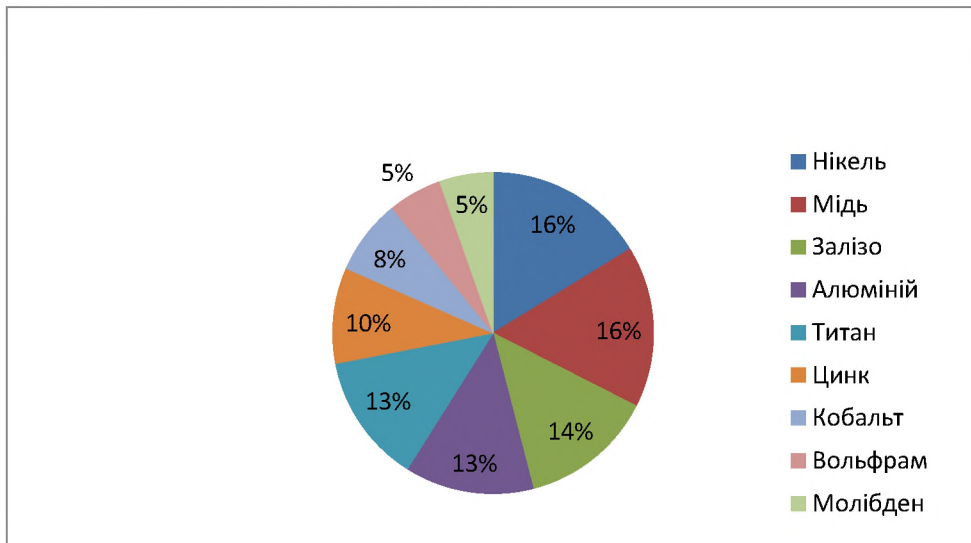


Рис. 5. Світовий обсяг виробництва порошків чистих металів

Велику частину порошків випускають в обмеженій кількості через замовлення, зазвичай, 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)

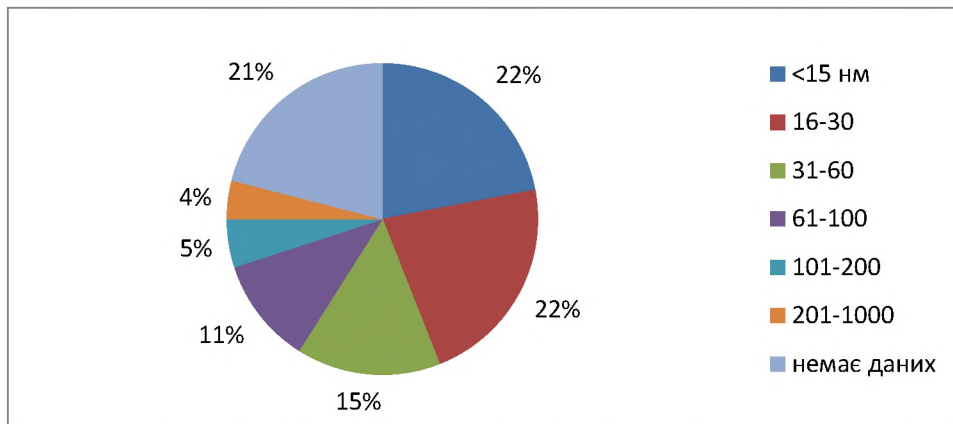


Рис. 6. Структура виробництва нанопорошків за розміром наночастинок

Ціновий аналіз. Ринок нанопорошків є складним для цінового аналізу, що пояснюється такими причинами [9, 14]:

1) виробники, зазвичай, співпрацюють з певними галузями промисловості, тому випускають нанопорошки з різними характеристиками (фракція, чистота тощо);

2) 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.

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.

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

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.

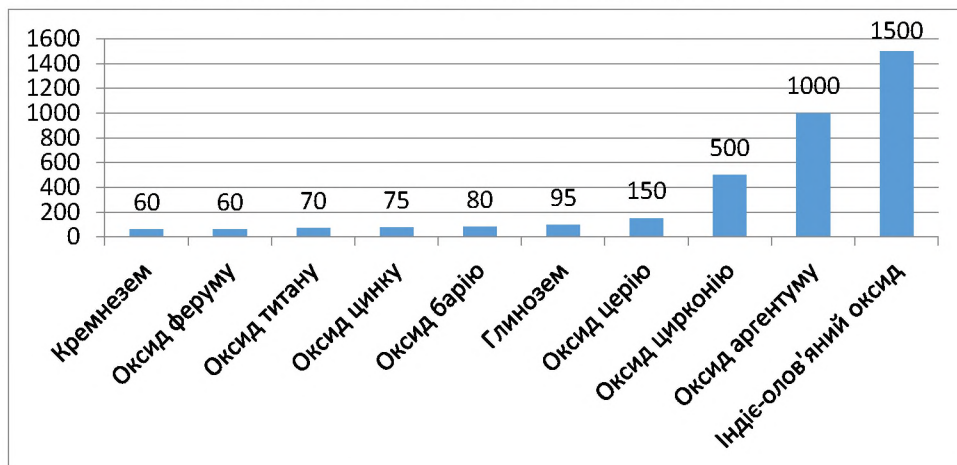


Рис. 7. Середня вартість нанопорошків, дол./кг

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.

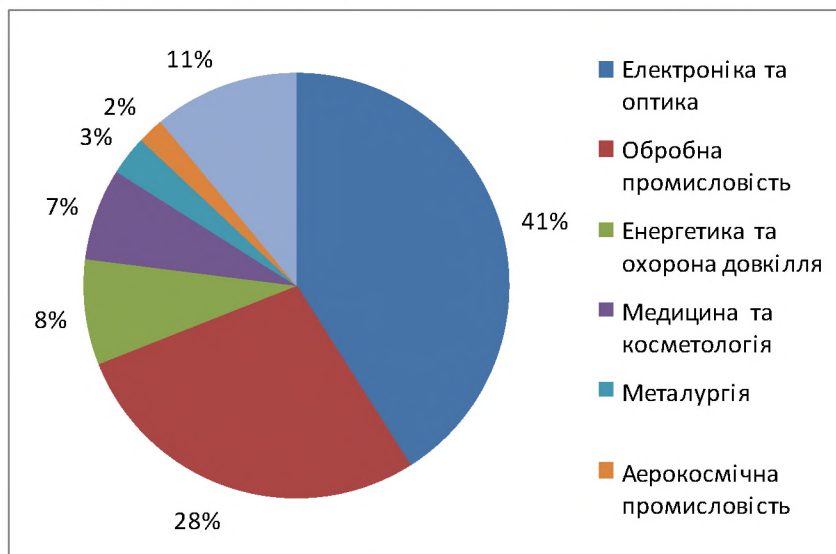


Рис. 8. Споживання нанопорошків за галузями

Також значний обсяг використання нанопорошків має місце в медицині та косметології (табл. 5).

Галузі практичного використання нанопорошків

Галузь застосування	Стадія розробки	Форми, пропонувані на ринку	Використання
Енергетика	Нанокристалічні нікель, мідь і гідриди металів для хімічних джерел струму; сонячні батареї; акумулятори водню; твердооксидні паливні елементи.	Каталізатори навколишнього середовища, оксидцерію в дизелях.	Автомобільні каталізатори.
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;	Феромагнітні рідини; пристрої оптоелектроніки; електропровідні покриття.	Покриття та сполучні матеріали.

Висновки та напрямки подальших досліджень. 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;

- виробництво нанопорошків – найбільш розвинена галузь ринку наноматеріалів; найрозвиненіші ринки нанопорошків: США (обсяг ринку нанотехнологій - 60 млрд. дол.), Європа (47 млрд. дол.) та Азіатсько-Тихоокеанський регіон (10 млрд. дол.);

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

- основні виробники нанопорошків: 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;

- 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.

Список використаних джерел

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии / В.В. Старостин. – М.: «Бином. Лаборатория знаний», 2008. – 431 с.

2. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию / Ю.И. Головин. – М.: Машиностроение, 2003. – 112 с.

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

4. Фейнман Р. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики / Р. Фейнман // Химия и жизнь. – 2002. – № 12. – С. 20-26.

5. Бучаченко А.Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века / А.Л. Бучаченко // Успехи химии. – 2003. – Т. 72, № 5. – С. 419-437.

6. Таланчук П. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку / П. Таланчук, В. Малишев // Газета «Університет «Україна». – 2009. – № 10-11. – С. 3-5.

7. Балоян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. М.: 2007. 124 с.

8. Малишев В.В., Куцевська Н.Ф., Заблоцька О.І., Гладка Т.М. Стандартизація в галузі нанотехнологій та наноматеріалів: напрямки розвитку, характеристика стандартів, термінологія // Строительные материалы и изделия. – 2013. - № 3. – С. 6-10.

9. Коротеєва А.В., Куцевська Н.Ф., Малишев В.В. Дослідження ринку нанопорошків // Маркетинг в Україні – 2015. – №5 (92). – С. 29-33.

10. Романенко Л., Малишев В., Романенко О., Суцzenко А. Бізнес у нанотехнологіях // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації. – 2011. – №1. – С.242-252.

11. Павлыго Т.М., Сердюк Г.Г., Шевченко В.И. Стандартизация в области нанотехнологий и наноматериалов. // Наноструктурное материаловедение. – 2010. - №3. – С. 70-80.

12. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження / Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк: Монографія.- К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 275с.

13. Третьяков Ю.Д., Гудимин Е.А. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. – 2009. – Т. 78, № 9. - С. 867-888.

14. Фостер Я.Ю. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. / Я. Фостер [пер. с англ.]. – Москва: Техносфера. – 2008 – 352 с.

References

1. Starostin V.V. Materialy i metody nanotekhnologii / V.V. Starostin. - М.: «Binom. Laboratoriya znaniy», 2008. - 431 s.

2. Golovin YU.I. Vvedeniye v nanotekhnologii / YU.I. Golovin. - М.: Mashinostroyeniye, 2003. - 112 s.

3. Tret'yakov YU.D. Osnovnyye napravleniya fundamental'nykh i oriyentirovannykh issledovaniy v oblasti nanomaterialov / YU.D. Tret'yakov, Ye. Gudilin // Uspekhi khimii. - 2009. - T. 78, № 9. - S. 867-869.
4. Feynman R. Vnizu polnym polno mesta: priglasheniye v novyy mir fiziki / R. Feynman // Khimiya i zhizn'. - 2002. - № 12. - S. 20-26.
5. Buchachenko A.L. Nanokhymyya – pryamoy put' k vysokym tekhnolohyyam novoho veka / A.L. Buchachenko // Uspekhy khymyy. – 2003. – T. 72, № 5. – S. 419-437.
6. Talanchuk P. Stanovlennya y rozvytok nanotekhnolohiy u sviti i v Ukraini: vykorystannya intelektual'noho kapitalu, tendentsiyi rozvytku / P. Talanchuk, V. Malyshev // Hazeta «Universytet «Ukrayina». – 2009. – № 10-11. – S. 3-5.
7. Baloyan B.M., Kolmakov A.H, Alymov M.Y., Krotov A.M. Nanomateriyaly. Klassyfykatsyya, osobennosty svoystv, prymenenye y tekhnolohyy poluchennyi.M.: 2007. 124 s.
8. Malyshev V.V., Kushchevs'ka N.F., Zablots'ka O.I., Hladka T.M. Standartyzatsiya v haluzi nanotekhnolohiy ta nanomaterialiv: napryamky rozvytku, kharakterystyka standartiv, terminolohiya // Stroytel'nye materiyaly y yzdelya. – 2013. - № 3. – S. 6-10.
9. Korotyeyeva A.V., Kushchevs'ka N.F., Malyshev V.V. Doslidzhennya rynku nanoporoshkiv // Marketynh v Ukraini – 2015. – №5 (92). – S. 29-33.
10. Romanenko L., Malyshev V., Romanenko O., Sushchenko A. Biznes u nanotekhnolohiyakh // Osvita rehionu. Politolohiya, psykholohiya, komunikatsiyi. – 2011. – №1. – S.242-252.
11. Pavlyho T.M., Serdyuk H.H., Shevchenko V.Y. Standartyzatsyya v oblasti nanotekhnolohyy y nanomateriyalov. // Nanostrukturnoe materiyalovedenye. – 2010. - №3. – S. 70-80.
12. Nanotekhnolohiyi u KHKHI stolitti: stratehichni priorytety ta rynkovi pidkhody do vprovadzhennya / H.O. Androshchuk, A.V. Yamchuk, N.V. Bereznyak: Monohrafiya.- K.: UkrINTEI, 2011. – 275s.
13. Tret'yakov YU.D., Gudimin Ye.A. Osnovnyye napravleniya fundamental'nykh i oriyentovannykh issledovaniy v oblasti nanomaterialov // Uspekhi khimii. - 2009. - T. 78, № 9. - S. 867-888.
14. Foster YA.YU. Mir materialov i tekhnologiy. Nanotekhnologii. Nauka, innovatsii i vozmozhnosti. / YA. Foster [per. s angl.]. - Moskva: Tekhnosfera. - 2008 - 352 s.