

УДК 621.762

**Пушкар Г. О.,**

*pushkar-h@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8347-4727,*

*Researcher ID: F-5651-2019*

*к.т.н., доц., Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

**Пахолюк О. В.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*к.т.н., доц., завідувачка кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

**Галик І. С.,**

*к.т.н., проф., професор кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

**Семак Б. Д.,**

*д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

## **КЛЮЧОВА РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ НАНОПРОДУКЦІЇ В ПРОЦЕСІ ЇЇ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ**

**Анотація.** Як свідчить аналіз літературних джерел [1–21], розвиток нанотехнологій у світі та Україні нерозривно пов'язаний із розвитком ринку отриманої на їх основі нанопродукції. Тому ці процеси необхідно розглядати взаємопов'язано. У літературі підкреслюється, що для подальшого просування України на світовий ринок нанопродукції існує нагальна потреба поглиблення наукових досліджень у галузі комерціалізації нанопродукції в Україні та світі. У цій роботі ми обмежилися розглядом тільки одного з аспектів цієї багатопланової проблеми – розкриттям ролі стандартизації у розвитку нанонауки, нанотехнологій та ринку нанопродукції у світі та Україні. Необхідність вирішення цих проблем диктувалася низкою причин, а саме: недостатньою ув'язкою та гармонізацією вітчизняної та міжнародної системи стандартизації у галузі нанотехнологій та ринку нанопродукції; потребою більш детального розгляду систем стандартизації в галузі розвитку нанотехнологій та ринку нанопродукції у відповідних підручниках і навчальних посібниках для студентів різних спеціальностей і спеціалізацій; важливістю створення більш досконалих видів освітніх стандартів з описом у них необхідних ключових компетентностей для фахівців, пов'язаних із виробництвом та реалізацією нанопродукції різного цільового призначення; необхідністю більш широкого використання стандартизації наноматеріалів з метою вдосконалення системи класифікації та оптимізації структури їх видового асортименту. В роботі обґрунтовано доцільність широкого використання системи стандартизації нанопродукції для подальшого вдосконалення методики тестування нанопродукції як нових товарів на сучасних товарних ринках. Обґрунтовано доцільність поглиблення досліджень у галузі наоосвіти щодо подальшої оптимізації структури асортименту і властивостей, вдосконалення методів оцінки рівня якості та безпечності нанопродукції різного цільового призначення. Досягнення в галузях розвитку нанотехнологій, нанонауки та наоосвіти необхідно націлити на подальший розвиток вітчизняної економіки.

**Ключові слова:** стандартизація, нанонаука, нанотехнології, наоодяг, нанопродукція, ринок, тестування нанотекстилю, державна підтримка.

**Pushkar G. O.,**

*pushkar-h@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8347-4727,*

*Researcher ID: F-5651-2019,*

*Ph.D., Associate Professor, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

**Pakholiuk O. V.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*Ph.D., Associate Professor, Head of Department of Commodity Studies and Customs Expertise,*

*Lutsk National Technical University, Lutsk*

**Galyk I. S.,**

*Ph.D., Professor, Professor of the Department of Commodity Research and Expertise in Customs Business,*

*Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

**Semak B. D.,**

*Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Research*

*and Expertise in Customs Business, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

## **THE KEY ROLE OF NANOPRODUCTS STANDARDIZATION IN THE PROCESS OF THEIR COMMERCIALIZATION IN UKRAINE**

**Abstract.** *According to the analysis of literature sources [1–21], the development of nanotechnologies in the world and in Ukraine is inextricably linked with the development of the market of nanoproducts based on them. Therefore, these processes need to be considered in conjunction. The literature emphasizes that for the further promotion of Ukraine on the world market of nanoproducts there is an urgent need to deepen scientific researches in the field of commercialization of nanoproducts in Ukraine and the world. In this article, we have limited ourselves to considering only one aspect of this multifaceted problem – the disclosure of the role of standardization in the development of nanoscience, nanotechnologies and the market for nanoproducts in the world and in Ukraine. The need to solve these problems was conditioned by a number of reasons, namely: insufficient linkage and harmonization of domestic and international standardization systems in the field of nanotechnologies and the market of nanoproducts; the need for a more detailed consideration of standardization systems in the field of nanotechnologies and the market of nanoproducts in the relevant textbooks and manuals for students of various specialties and specializations; the importance of creating more advanced types of educational standards with a description of the necessary key competencies for professionals involved in the production and sale of nanoproducts for various purposes; the need for greater use of standardization of nanomaterials in order to improve the classification system and optimize the structure of their species range. The expediency of wide use of the system of standardization of nanoproducts for further improvement of the method of testing nanoproducts as new goods in modern commodity markets is substantiated in the article. The expediency of deepening research in the field of nanoeducation to further optimize the structure of the range and properties, improving methods for assessing the level of quality and safety of nanoproducts for various purposes is substantiated. Achievements in the development of nanotechnologies, nanoscience and nanoeducation need to be aimed at further development of the domestic economy.*

**Key words:** standardization, nanoscience, nanotechnologies, nanoclothes, nanoproducts, market, nanotextiles testing, state support.

**JEL Classification:** L67; L67; I29

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-03>

**Постановка проблеми.** Судячи з аналізу літературних джерел [1–7], для розкриття ролі стандартизації в розвитку вітчизняного ринку нанопродукції виникає потреба всебічного вивчення пріоритетних чинників в успішному функціонуванні такого ринку. При цьому особлива увага

повинна бути приділена вивченню та обґрунтуванню специфіки комерціалізації нанопродукції, особливостям розвитку асортименту, якості та безпеці цієї продукції. Першочергова увага повинна приділятися оцінці ролі вітчизняної системи стандартизації у розвитку та забезпеченні

інформаційного забезпечення ринку нанопродукції України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З цією метою дамо коротку анотацію вибраних нами літературних джерел, що стосуються досліджень проблеми стандартизації нанопродукції в Україні [1–7].

Автором роботи [1] дано аналіз основних тенденцій розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції на їх основі. Виявлено пріоритетні напрями розвитку цього ринку.

Автором роботи [2] розглянуто основні тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції останніми роками. Визначено структуру витрат на розвиток окремих нанотехнологій. Дано оцінку динаміки витрат в окремих секторах світового ринку. Виявлено існування окремих проблем у розвитку ринку нанопродукції в Україні.

Авторами роботи [3] розроблено рекомендації для проведення екологічної експертизи наноматеріалів. Обґрунтована доцільність проведення названої експертизи протягом усього життєвого циклу нанопродукції.

Автори роботи [4] відзначають, що особливим аспектом стандартизації у галузі розвитку нанотехнологій і наноматеріалів необхідно вважати вирішення завдань, пов'язаних із безпекою здоров'я людини та охороною довкілля. Відзначається, що найбільш суттєві досягнення у вирішенні цих проблем здобуті у США, Японії, Китаї.

Авторами роботи [5] розглянуто зарубіжний і вітчизняний досвід використання міжнародних стандартів для оцінки безпечності використання нанотехнологій і нанопродукції. Основна увага приділена оцінці безпечності нанотехнологій і нанопродукції для здоров'я людини та охорони навколишнього середовища.

Автори роботи [6] відзначають суттєвий вплив нанотехнологій і наноматеріалів на здоров'я людини та стан довкілля і обґрунтовують доцільність використання стандартизації для оцінки названих чинників. У роботі розкрито напрями розвитку вітчизняної та міжнародної стандартизації в галузі розвитку нанотехнологій і нанопродукції у світі та Україні. Основна увага приділена пошуку шляхів невирішених проблем у галузі стандартизації нанотехнологій і наноматеріалів.

Авторами роботи [7] детально розглянуто проблеми формування та оцінки безпечності нанотехнологій і наноматеріалів різного цільового призначення. Особлива увага приділена розробленню та стандартизації методів оцінки токсич-

ності наноматеріалів різного цільового призначення та обґрунтуванню на цій основі сфер їх найбільш раціонального використання.

**Постановка завдання.** Мета роботи – виявити та обґрунтувати доцільність використання тих видів національних стандартів, які максимально сприятимуть розвитку комерціалізації нанопродукції в Україні та світі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою реалізації заданої у цій роботі програми дослідження впливу стандартизації в галузі нанотехнологій і ринку нанопродукції вважаємо за доцільне, на наш погляд, націлити систему стандартизації на вирішення таких пріоритетних завдань:

- уніфікацію та визначення основних термінів і положень у галузях розвитку нанонауки, нанотехнологій та ринку нанопродукції;

- обґрунтування основних питань щодо номенклатури видового асортименту наноматеріалів різного цільового призначення та способів виробництва;

- класифікацію та особливості будови стандартів у галузі нанотехнологій і ринку нанопродукції;

- класифікацію та характеристику основних властивостей наноматеріалів різних способів виробництва та цільового призначення;

- класифікацію та характеристику основних методів оцінки якості та безпечності наноматеріалів різного цільового призначення та способів виробництва;

- класифікацію та характеристику основних методів тестування наноматеріалів на товарних ринках України.

Зупинимося на більш детальному розгляді деяких видів стандартів, в яких регламентовані вимоги до асортименту, властивостей, якості та безпечності наноматеріалів різного цільового призначення та особливостей їх комерціалізації в Україні та світі.

1. Класифікація стандартів у галузі нанотехнологій та нанопродукції [8; 9].

Як свідчить аналіз літературних джерел [1–9], нині у світі в галузях нанотехнологій і нанопродукції вже створено та опубліковано значну кількість міжнародних та галузевих стандартів. Розроблені стандарти мають різні рівні дії – галузеві, корпоративні, національні, міжнародні, регіональні. Класифікація названих стандартів в основному визначається їх призначенням. При цьому слід підкреслити, що формування нових видів стандартів у галузі нанотехнологій

натепер відбувається досить інтенсивно [9]. Найбільших успіхів у вирішенні цих питань досягнуто у США, Японії, Китаї.

У табл. 1 для прикладу наведена класифікація стандартів за умовами їх використання у галузях окремих нанотехнологій [8].

Таблиця 1

**Класифікація наностандартів**

№ з/п	Сфера застосування наностандартів
1	Конструкційні наноматеріали
2	Наноелектричні матеріали
3	Функціональні наноматеріали
4	Нанокпозиційні матеріали

2. Роль міжнародних стандартів у розвитку нанотехнологій і нанопродукції в Україні та світі [1–9].

З метою виявлення ключової ролі міжнародних стандартів у розвитку нанотехнологій та нанопродукції розглянемо конкретні приклади. Так, наприклад, у 2005 році в Міжнародній організації стандартизації (ISO) було створено технічний комітет ISO/TC 229 «Нанотехнології», який взяв на себе роль координатора [9].

Для прикладу дамо характеристику деяких міжнародних стандартів у галузі нанотехнологій і нанопродукції, створених останніми роками в межах роботи ISO/TC 229 [1–9].

Як відомо, основним напрямом розвитку міжнародної системи стандартизації у галузі нанотехнологій і нанопродукції є оцінка безпеки нанопродукції для людини та оцінка безпечності в експлуатації нанопродукції на забруднення навколишнього середовища [1–9]:

ISO/TR 13014 Нанотехнологии. Руководство по физико-химическому описанию наноразмерных материалов для токсической оценки [5];

ISO/TR 12885 Нанотехнологии. Техника безопасности и защита здоровья в нанотехнологическом производстве [5];

ISO/TR 13329 Наноматериалы. Подготовка паспорта безопасности матриала [5];

ISO/TR 10801 Наноматериалы. Формирование методом испарения/ конденсации металлических наночастиц для тестирования ингаляционной токсичности [5].

3. Обґрунтування доцільності створення серії освітніх стандартів для забезпечення потреб різних галузей нанонауки та техніки фахівцями різного профілю у сферах нанотехнологій і нанопродукції на їх основі.

Необхідність та актуальність вирішення такого питання диктується низкою причин, а саме:

– відсутністю необхідних освітніх стандартів у сфері розвитку нанотехнологій і ринку нанопродукції в Україні, а також недосконалістю вже наявних освітніх наностандартів;

– потребою створення нових підручників і навчальних посібників у різних галузях економіки, медицини та інших галузей, пов'язаних із використанням нанотехнологій і нанопродукції різного цільового призначення.

Як свідчить аналіз літературних джерел [10–15], у світі та Україні наявний прямий зв'язок між розвитком нанотехнологій і ринком отриманої на їх основі нанопродукції та кадровим забезпеченням названих галузей, включаючи розроблення та постійне вдосконалення системи освітніх стандартів, що регламентують вимоги до підготовки у вишах необхідних для галузей фахівців.

Спочатку зупинимося на формуванні та обґрунтуванні вимог ринку нанотехнологій та нанопродукції до загального змісту та будови цих освітніх стандартів, враховуючи специфіку окремих нанотехнологій та отриманої на їх основі нанопродукції та спеціальностей у вишах, за якими будуть готуватися потрібні окремим галузям фахівці.

Свою чергою успішне вирішення цього завдання пов'язане з таким:

– це вимагає вивчення та обґрунтування конкретного попиту споживачів на конкретні види нанопродукції;

– вивчення попиту на нанопродукцію є неможливим без попередньої організації в Україні державної та галузевої звітності, яка дозволить забезпечити облік виробництва та реалізації на ринку конкретних видів нанопродукції;

– окрім цього, потрібна інформація має враховувати державну потребу та фінансову доцільність організації виробництва та збуту в Україні окремих видів нанопродукції, а також доцільність їх імпорту;

– після виявлення потрібної кількості конкретних видів нанопродукції та оцінки можливостей їх виробництва в Україні чи імпорту повинні бути встановлені потреби у підготовці необхідних фахівців із технологій виробництва та реалізації відповідних видів нанопродукції у встановлених Міністерством освіти і науки України університетах;

– саме названі університети повинні взяти на себе відповідальність за підготовку фахівців різного профілю для названих галузей та розробку необхідної науково-технічної бази (підручників, посібників, практикумів, навчальних програм та ін.).



4. Потреба більш детального вивчення та узагальнення розвитку наоосвіти в Україні.

Насамперед, на наш погляд, вважаємо за доцільне розглянути потребу більш глибокого розвитку наоосвіти в Україні. Це стосується необхідності вирішення таких проблем у цій галузі, як [6]:

- ліквідація відставання України у розвитку наоосвіти порівняно з розвинутими країнами світу;

- потреба в більш глибокому вивченні та узагальненні наявного зарубіжного досвіду розвитку наоосвіти у світі;

- суттєве гальмування темпів розвитку різних галузей науки та техніки (економіки, медицини та ін.);

- нагальна потреба державного планування розвитку та контролю якості основних галузей наоосвіти в Україні.

Дамо коротку характеристику досліджень окремих авторів, пов'язаних із розвитком наоосвіти в Україні за останні десятиріччя [10–21].

Автором роботи [10] наведено зміст та вступ його монографії, присвяченої висвітленню теоретико-методологічних засад введення нанотехнологічних знань предметом освітньої галузі. У цій роботі розглянуто такі питання:

- узагальнено досвід використання нанотехнологічних знань у закладах середньої та вищої освіти України;

- описано методичні особливості вивчення нанотехнологій;

- розглянуто основи нанонауки та нанотехнологій у процесі підготовки вчителів фізики в університетах України.

Автори роботи [11] підкреслюють, що нанотехнологія – це сукупність методів і прийомів, що забезпечують контрольовані нанооб'єкти розміром від 1 до 100 нм. Автори цієї роботи виділяють такі основні напрями розвитку нанотехнологій, як:

- молекулярний дизайн: препарування і синтез нових молекул у дуже неоднорідних електромагнітних полях;

- матеріалознавство: створення нових наноматеріалів із заданими властивостями;

- приладобудування: створення скануючих тунельних мікроскопів, мініатюрних надчутливих датчиків, нанороботів;

- медицина: виробництво нових нанопрепаратів та наноінструментів.

Автори роботи [12] обґрунтовують доцільність вивчення нанотехнологій у загальноосвіт-

ньому процесі середньої та вищої освіти України. В роботі описано шляхи більш ефективного вивчення нанотехнологій у навчальному процесі. Обґрунтовується доцільність створення елективних курсів із різних нанотехнологій. Описується історія розвитку нанонауки і нанотехнологій в Україні. Значна увага приділена розвитку наоосвіти у вищій школі України.

Автором роботи [13] дано визначення та обґрунтування основних понять, що стосуються наоосвіти. Основна увага приділена визначенню таких ключових понять, як «компетенції» та «компетентності». Показані шляхи подальшого вдосконалення змісту освітніх стандартів у різних галузях освіти. Значна увага приділена вивченню та узагальненню зарубіжного досвіду в галузі стандартизації освітніх процесів. Особлива увага приділена формулюванню та обґрунтуванню сучасних вимог до діючих освітніх стандартів, включаючи і наностандарти.

Автори роботи [14] обґрунтовують доцільність вивчення основ нанотехнологій у середніх школах і вишах. При цьому підкреслюється перелік набуття учнями та студентами предметних компетентностей. Відзначається, що фахівці у галузі нанотехнологій повинні мати широкий спектр професійних компетентностей, що сприятиме їхній фаховій підготовці. Вивчено та узагальнено зарубіжний досвід розвитку наоосвіти.

У роботі [15] обґрунтовано систему формування професійної компетентності на прикладі вчителя фізики в процесі навчання у середній школі курсу нанотехнологій. Обґрунтовано вітчизняний та зарубіжний досвід поглиблення освіти у галузі нанотехнологій різного цільового призначення. Обґрунтовано методичні основи поглиблення розвитку наоосвіти у середній та вищій школах України.

Автори роботи [16] обґрунтовують необхідність формування в Україні сучасної системи наоосвіти та її тісної ув'язки з розвитком економіки країни. Значна увага приділена проблемі кадрового забезпечення названої галузі освіти. Відзначено роль нанотехнологій і потребу виходу економіки України із затяжної кризи. Наголошено на значенні нанотехнологій у розвитку різних галузей промисловості. Сформульовані та обґрунтовані невирішені питання у галузі наоосвіти України. Підкреслюється нагальна потреба підготовки фахівців різного профілю не тільки для розвитку нанотехнологій, але й нанонауки та наоосвіти в Україні з урахуванням зарубіжного досвіду вирішення цих проблем.

Автори роботи [17] розглядають сучасний стан викладання у загальноосвітніх навчальних закладах нанотехнологій у формі елективних курсів. Обґрунтована доцільність розробки та впровадження в навчальний процес основ нанотехнологій. Дано обґрунтування особливостей методики викладання такого курсу. Сформульовані та обґрунтовані основні вимоги до методики викладання такого курсу. Узагальнено зарубіжний досвід вивчення нанотехнологій у галузі nanoосвіти.

Авторами роботи [18] розглянуто основні поняття та визначення нанотехнологій, методи аналізу та принципи конструювання об'єктів на нанорівні. Наведено відомості про методи дослідження наноструктурних матеріалів. Розглянуто основні напрями практичного використання нанотехнологій та наноматеріалів у різних сферах. Автори відзначають, що досвід вивчення нанотехнологій у школах різних країн світу (США, Німеччині, Австралії, Росії) дає можливість виділити два основні шляхи в цьому напрямі:

1. Предмет розбивається на частини, що вводяться в курси хімії, фізики та біології без виділення окремої дисципліни.

2. Вивчається окремий курс нанотехнологій, при цьому орієнтуються на розвиток в учнів інтересу до пізнання фізичних природних явищ та закономірностей, одержання навичок самостійно вивчати фундаментальні основи наук.

На думку авторів, оптимальним варіантом вирішення зазначеної проблеми є розробка та впровадження в навчальний процес основ нанотехнологій у формі елективного курсу.

Авторами роботи [19] викладено аналіз пріоритетів науково-технічної діяльності і нанодосліджень в Україні. Представлена прогнозна оцінка

застосування нанотехнологій і наноматеріалів в економіках провідних країн світу. Проведено аналіз досліджень зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості України. На основі форсайт-прогнозування обґрунтовано методичні підходи до визначення пріоритетних напрямів нанотехнологічних досліджень і розвитку нанотехнологій в економіці України. Автори відзначають, що в Україні проводяться фундаментальні і прикладні дослідження у сфері нанотехнологій у таких напрямах, як: медицина, біологія, сільське господарство, екологія, енергетика, промисловість, освоєння космосу, кібернетика, електроніка та інші. Попри все, пріоритети цих досліджень потребують уточнення відповідно до глобальних проблем, які необхідно вирішувати будь-якій країні, з урахуванням національної специфіки цих проблем, а також відповідно до наявного потенціалу і можливостей проведення нанотехнологічних досліджень.

Крім того, порівняно низька результативність виконання українських програм у попередні роки з погляду комерціалізації результатів досліджень суттєво сповільнює формування шостого технологічного укладу і не дозволяє швидко та ефективно підвищити конкурентоспроможність й інвестиційну привабливість держави у світі та реформувати на цій основі українську економіку загалом.

Практично в усіх розвинутих країнах періодично формуються спеціальні програми, що визначають пріоритетні галузі розвитку науки і техніки. Для розробки цих програм використовуються форсайт-методи – визначення (прогнозування) стратегічних напрямів розвитку науки, які через 15–20 років стануть визначальними для всього світового співтовариства.

Таблиця 2

**Найважливіші напрями наукових досліджень та розробок НАН України щодо глобальних проблем людства**

№ з/п	Глобальна проблема людства	Напрямок наукових досліджень
1	Депопуляція і старіння населення	Новітні біотехнології для охорони здоров'я, фармакології та АПК
2	Нестача продовольства	Високопродуктивне сільське господарство
3	Екологічні проблеми	Раціональне використання природно-ресурсного потенціалу
4	Нова енергетика та енергозбереження. Вичерпання запасів низки видів сировини і палива	Паливно-енергетичний комплекс та енергозбереження Ядерна енергетика
5	Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	Наноматеріали і нанотехнології Інформаційні технології та ресурси Нові матеріали, методи їх з'єднання та обробки Машинобудування та приладобудування

Авторами роботи [20] підкреслюється, що одним із ключових питань методики викладання технічних дисциплін є обґрунтований відбір змісту курсів цих дисциплін з урахуванням переліку необхідних компетентностей, потрібних для майбутніх фахівців. Обґрунтована доцільність створення регіональних наукових методичних центрів при окремих галузевих університетах, які б забезпечували постійне вдосконалення методики викладання не тільки нанотехнологій, але й інших технічних дисциплін.

Автори роботи [21] розглядають перспективи практичного застосування нанотехнологій у різних галузях промисловості (медицина, сільське господарство, будівництво та ін.). Особлива увага приділена вдосконаленню методик викладання нанотехнологій у навчальному процесі під час підготовки фахівців різного профілю.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Доведено, що використання освітніх стандартів для оцінки асортименту та властивостей нанопродукції сприяє не тільки поглибленню вивчення її фізичних, хімічних, біологічних властивостей, але й рівня надійності в експлуатації, новизни та оригінальності. Виявлено потребу подальшого вдосконалення системи видового асортименту та стандартизації ключових властивостей наноматеріалів різного цільового призначення. Обґрунтовано доцільність поглиблення досліджень у галузі nanoосвіти щодо подальшої оптимізації структури асортименту і властивостей, вдосконалення методів оцінки рівня якості та безпечності нанопродукції різного цільового призначення. На основі аналізу літературних джерел визначено доцільність тісного зближення розвитку систем nanoосвіти та нанонауки в Україні. Досягнення в галузях розвитку нанотехнологій, нанонауки та nanoосвіти необхідно націлити на подальший розвиток вітчизняної економіки.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Черницька Т.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій у глобальному середовищі. *Вісник Чернігівського державного технічного університету*. 2013. № 1(64). С. 154–158.
2. Бутко Б.О. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Економіка і управління»*. 2019. Т. 30(69). № 4(1). С. 7–12.
3. Аналіз шляхів забезпечення екологічної безпеки продуктів нанотехнологій протягом їх життєвого циклу / С.О. Вамболь, В.В. Вамболь, Я.О. Сичікова, Н.В. Дейнеко. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2017. № 1/10. С. 27–36.
4. 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. С. 8–9.
5. Павлиго Т.М., Сердюк Г.Г., Павлиго І.Ю. Небезпека наноматеріалів і стандартизація методів її оцінки. *Наукові нотатки*. Луцьк, 2015. Вип. 49. С. 114–118.
6. Завражна О.М., Шевченко Є.С. Нанотехнології: вплив на суспільство, проблеми стандартизації. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2015. Вип. 127. С. 53–55.
7. До проблеми стандартизації наноматеріалів / О.В. Демецька, О.Б. Леоненко, Т.Ю. Ткаченко, Н.С. Леоненко. *Сучасні проблеми токсикології*. 2012. № 3–4. С. 101–103.
8. Скарлат Д.М., Годяев А.В., Невмятуллина Х.А. Стандартизація в наноіндустрії. *Успехи в химии и химической технологии*. 2017. Т. XXI. № 5. С. 101–104.
9. Павлиго Т.М. Уніфікація термінології у галузі нанотехнологій на міжнародному рівні. *Наукові нотатки*. Луцьк, 2011. Вип. 31. С. 240–244.
10. Нанотехнології в освітній галузі : монографія / за заг. ред. І.О. Мороза. Сумський державний педагогічний університет ім. А.С. Макаренка. Суми : СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2016. 236 с.
11. Розвиток nanoосвіти – один із чинників забезпечення переходу на шостий технологічний уклад / О.Д. Стадник, І.О. Мороз, Ю.О. Шкурдода, О.В. Яременко. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки : збірник наукових праць*. Вип. 3. Бердянськ, 2015. С. 324–330.
12. Методичні особливості вивчення нанотехнологій у шкільній фізичній освіті / С.П. Величко, В.С. Іваній, І.О. Мороз, Ю.А. Ткаченко. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія «Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти»*. 2016. Вип. 9(1). С. 62–70.
13. Лісова С.В. Професійна педагогічна освіта: компетентнісний підхід : монографія / за ред. О.А. Дубасенюк. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011. С. 34–53.
14. Ткаченко Ю.А., Мороз І.О. Компетентнісний підхід до викладання основ нанотехнологій. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2017. Вип. 146. С. 192–195.
15. Іваній В.С., Мороз І.О., Ткаченко Ю.А. Система формування професійної компетент-



ності майбутнього вчителя фізики у галузі навчання нанотехнологій. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія «Педагогічна»*. 2016. Вип. 22. С. 80–83.

16. Стадник А.Д., Мороз І.А., Ткаченко Ю.А. Стратегические приоритеты изучения нанофизики и нанотехнологий как фактора экономического развития. *Збірник наукових праць Херсонського державного університету. Педагогічні науки*. 2016. Вип. 71(1). С. 78–82.

17. Пасько О.О., Аврамчук О.Є. Місце нанотехнологій у навчальних програмах з фізики та стандартах загальної середньої освіти – перспективи розвитку. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2015. Вип. 127. С. 160–162.

18. Завражна О.М., Пасько О.О., Салтикова А.І. Основи нанотехнологій : навчально-методичний посібник для вчителів та студентів педагогічних університетів. Суми : Вид-во СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2016. 184 с.

19. Перспективи форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів у країнах світу і Україні : монографія / М.О.Кизим, І.Ю.Матюшенко, І.В.Шостак, М.О.Данова. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2015. 272 с.

20. Методика формування у студентів знань про стан сучасної фізики та нанотехнології / О.М.Завражна, Л.В.Однорець, О.О.Пасько, А.І.Салтикова. *Науковий журнал. Педагогічні науки*. СумДПУ ім. А.С.Макаренка. 2018. № 1. С. 196–208.

21. Даньшева С.О., Череднік Д.Л., Подус Г.В. Особливості викладання нанотехнологій у технічному університеті. *Новий Колегіум*. 2019. № 1. С. 76–80.

#### REFERENCES:

1. Chernyts'ka, T.V. (2013), Suchasni tendentsii rozvytku svitovoho rynku nanotekhnolohij u hlobal'nomu seredovyschi, *Visnyk Chernihivs'koho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*, № 1(64), pp. 154–158.

2. Butko, B.O. (2019), Tendentsii rozvytku svitovoho rynku nanotekhnolohij ta nanoproduktsii, *Vcheni zapysky Tavrijs'koho natsional'noho universytetu imeni V.I. Vernads'koho, Seriiia Ekonomika i upravlinnia*, T. 30(69), № 4(1), pp. 7–12.

3. Vambol', S.O. Vambol', V.V., Sychikova, Ya.O., and Dejnego, N.V. (2017), Analiz shliakhiv zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky produktiv nanotekhnolohij protiahom ikh zhyttievoho tsyклу, *Vost.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnolohij*, № 1/10, pp. 27–36.

4. Lukashenko, T. Kushchevska, N. and Malyshev, V. (2014), Zabezpechennia zdorovia ta bezpeky, okhrona navkolyshnoho seredovyscha – osoblyvi aspekty standartyzatsii nanotekhnolohii i nanomaterialiv, *Stroitelnye materialy i izdeliya*, № 2, pp. 8–9.

5. Pavlyho, T.M. Serdiuk, H.H. and Pavlyho, I.Yu. (2015), Nebezpeka nanomaterialiv i standartyzatsiia metodiv yii otsinky, *Naukovi notatky*, Lutsk, Vyp. 49, pp. 114–118.

6. Zavrazhna, O.M. and Shevchenko, Ye.S. (2015), Nanotekhnolohii: vplyv na suspilstvo, problemy standartyzatsii, *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriiia Pedahohichni nauky*, Vyp. 127, pp. 53–55.

7. Demetska, O.V. Leonenko, O.B., Tkachenko, T.Yu., and Leonenko, N.S. (2012), Do problemy standartyzatsii nanomaterialiv, *Suchasni problemy toksykolohii*, № 3–4, pp. 101–103.

8. Skarlat, D.M., Godyaev, A.V., and Nevmyatulina, Kh.A. (2017), Standartyzatsiia v nanoindustrii, *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*, T. XXI, № 5, pp. 101–104.

9. Pavlyho, T.M. (2011), Unifikatsiia terminolohii u haluzi nanotekhnolohii na mizhnarodnomu rivni, *Naukovi notatky*, Lutsk, Vyp. 31, pp. 240–244.

10. Nanotekhnolohii v osvittinij haluzi : monohrafiia / za zah. red. I.Yu. Moroza. 2016, Vyd-vo Sum DPU im. A.S. Makarenka, Sumy, 244 s.

11. Stadnyk, O.D., Moroz, I.O., Shkurdoda, Yu.O., and Yaremenko, O.V. (2015), Rozvytok nanoosvity – odyz chynnykiv zabezpechennia perekhodu na shostyj tekhnolohichnyj ukhad, *Naukovi zapysky Berdians'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu, Pedahohichni nauky: zb. nauk. pr.*, Vyp. 3, Berdians'k, pp. 324–330.

12. Velychko, S.P., Ivanij, V.S., Moroz, I.O., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Metodichni osoblyvosti vyvchennia nanotekhnolohij u shkil'nij fizychnij osviti, *Naukovi zapysky Kirovohrads'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka, Seriiia Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity*, Vyp. 9(1), pp. 62–70.

13. Lisova, S.V. (2011), Profesijna pedahohichna osvita: kompetentnisnyj pidkhd : monohrafiia / za red. O.A. Dubaseniuk, Vyd-vo ZhDU im. I. Franka, Zhytomyr, pp. 34–53.

14. Tkachenko, Yu.A. and Moroz, I.O. (2017), Kompetentnisnyj pidkhd do vykladannia osnov nanotekhnolohij, *Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu, Seriiia Pedahohichni nauky*, Vyp. 146, pp. 192–195.

15. Ivanij, V.S., Moroz, I.O., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Systema formuvannia profesijnoi kompetentnosti majbutn'oho vchytelia fizyky u haluzi navchannia nanotekhnolohiiam. *Zbirnyk naukovykh prats' Kam'ianets'-Podil's'koho natsional'noho universytetu im. Ivana Ohienka, Seriiia Pedahohichna*, Vyp. 22, pp. 80–83.

16. Stadnyk, A.D., Moroz, Y.A., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Strategicheskie prioritety izuchennia nanofiziki i nanotekhnologii kak faktora ekonomicheskogo razvitiia. *Zbirnyk naukovykh prats' Kherson's'koho derzhavnoho universytetu, Pedahohichni nauky*, Vyp. 71(1), pp. 78–82.



17. Pas'ko, O.O. and Avramchuk, O.Ye. (2015), Mistse nanotekhnolohij u navchal'nykh prohramakh z fizyky ta standartakh zahal'noi seredn'oi osvity – perspektyvy rozvytku, *Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu, Serii Pedahohichni nauky*, Vyp. 127, pp. 160–162.

18. Zavrazhna, O.M., Pas'ko, O.O., and Saltykova, A.I. (2016), Osnovy nanotekhnolohij : navchal'no-metodychnyj posibnyk dlia vchyteliv ta studentiv pedahohichnykh universytetiv, Vyd-vo SumDPU im. A.S. Makarenka, Sumy, 184 s.

19. Kyzym, M.O., Matiushenko, I.Yu., Shostak, I.V., and Danova, M.O. (2015), Perspektivy

forsajt-prohnozuvannia priorytetnykh napriamiv rozvytku nanotekhnolohij i nanomaterialiv u krainakh svitu i Ukraini: monohrafiia, Kharkiv: VD "INZhEK", 272 s.

20. Zavrazhna, O.M., Odnodvoret's', L.V., Pas'ko, O.O., and Saltykova, A.I. (2018), Metodyka formuvannia u studentiv znan' pro stan suchasnoi fizyky ta nanotekhnolohii, *Naukovyj zhurnal, Pedahohichni nauky, SumDPU im. A.S. Makarenka*, № 1, pp. 196–208.

21. Dan'sheva, S.O., Cherednik, D.L., and Podus, H.V. (2019), Osoblyvosti vykladannia nanotekhnolohij u tekhnichnomu universyteti, *Novyj Kolehium*, № 1, pp. 76–80.

*Стаття надійшла до редакції 19.12.2021*