

УДК 378.147: 372.853

DOI 10.18372/2786-5487.1.17717

Ковачов Сергій 

науковий співробітник,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна

essfero@gmail.com

Попова Анастасія 

кандидат педагогічних наук, доцент,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна

kovaleva.anastasia.45@gmail.com

Богданов Ігор 

доктор педагогічних наук, професор,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна

bogdanovbdpu@gmail.com

Сичікова Яна 

доктор технічних наук, професор,

Бердянський державний педагогічний університет,

м. Бердянськ, Україна

yanasuchikova@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПІДГОТОВКИ НАНОТЕХНОЛОГІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. Розробка наноматеріалів подвійного призначення для військових і цивільних застосувань вимагає мультидисциплінарного підходу, який поєднує досвід у матеріалознавстві, інженерії та військовій науці. Нанотехнологи, які працюють у цій галузі, повинні мати міцну основу в науці та інженерії, зосереджуючись на матеріалознавстві та нанотехнологіях.

Крім того, вони повинні мати практичний дослідницький досвід, базове розуміння військової науки та знати про етичні міркування та міркування безпеки, пов'язані з розробкою наноматеріалів для військових цілей. У цій статті подано огляд концептуальних засад підготовки нанотехнологів до створення наноматеріалів подвійного призначення.

Ключові слова: *нанотехнології, наноматеріали подвійного призначення, підготовка нанотехнологів*

Annotation. *The development of dual purpose nanomaterials for military and civilian applications requires a multidisciplinary approach that combines expertise in materials science, engineering, and military science. Nanotechnologists involved in this field should have a strong foundation in science and engineering, with a focus on materials science and nanotechnology. In addition, they should have hands-on research experience, a basic understanding of military science, and be aware of the ethical and safety considerations associated with the development of nanomaterials for military purposes. This article provides an overview of the conceptual principles of training nanotechnologists for the creation of dual purpose nanomaterials.*

Key words: *nanotechnologies, nanomaterials for dual purposes, training of nanotechnologists*

Актуальність теми. Розпочата росією війна проти України, а також інші існуючі чи можливі збройні конфлікти в світі, дали суспільству чітке розуміння необхідності розвивати критично важливі технологічні сектори, особливо технології, що пов'язані з подвійним призначенням та воєнним спорядженням.

Сьогодні Україна опинилася у ситуації, коли умовою перемоги є наявність сучасного озброєння та оснащення армії.

Окрім високотехнологічної зброї, є значна потреба у портативних сонячних батареях, тепловізорах, приборах нічного бачення тощо.

Для створення таких приладів необхідно виготовляти новітні наноматеріали, що є основою для створення сучасної електроніки.

Науковий потенціал українських дослідників дозволяє впроваджувати відповідні розробки у промисловий сектор, однак існує значний дефіцит у відповідних фахівцях.

Підготовка таких фахівців вимагає наявності значних ресурсів: висококваліфікованого професорсько-викладацького складу, матеріально-технічної бази із сучасним високотехнологічним обладнанням, доступ до лабораторних приміщень для проведення дослідів, безперебійної роботи електромереж та інтернету для проведення складних технологічних розрахунків.

Маємо констатувати, що сьогодні наявний дефіцит кожного з перелічених ресурсів. Також варто розуміти, що для післявоєнного відновлення України потреба у відповідних фахівцях зростає в десятки разів. Вже сьогодні надважливо робити принципові кроки, які забезпечать розвиток української промисловості у перші роки після перемоги та допоможуть зберегти людський капітал для забезпечення конкурентоспроможності України у світовому економічному та промисловому просторах.

Тож актуальність виконання поставлених у дослідженні завдань вимагає негайної розробки та впровадження систем та механізмів забезпечення безперервної підготовки наноінженерів для створення наноматеріалів подвійного призначення.

Мета статті – розкрити концептуальні засади підготовки нанотехнологів до створення наноматеріалів подвійного призначення.

Результати дослідження. Нанотехнології відіграють важливу роль у матеріалах і системах для військового використання, таких як покращення медичної допомоги та допомоги пораненим солдатам, виробництво легких і міцних матеріалів, створення нових електронних девайсів для воєнних потреб, дозиметричні розробки тощо [1 - 3].

З оглядом на це наноматеріали мають потенціал революціонізувати різні аспекти військових технологій та обладнання. Деякі приклади таких застосувань включають:

- захисний одяг: наноматеріали можна використовувати для створення легших і міцніших бронежилетів для солдатів, що забезпечує покращений захист у бою [4];

- зберігання енергії: наноматеріали можна використовувати для розробки легких акумуляторів великої ємності для портативних електронних пристроїв, таких як окуляри нічного бачення та комунікаційне обладнання, зменшуючи навантаження на солдатів [5; 6];

- датчики: наноматеріали можна використовувати для розробки високочутливих датчиків для виявлення хімічної та біологічної зброї, саморобних вибухових пристроїв (IED) та інших загроз [7];

- стелс-технологія: наноматеріали можна використовувати для розробки стелс-покриттів для військових транспортних засобів, зменшуючи їх радіолокаційну помітність і ускладнюючи їх виявлення [8].

- медичне обладнання: наноматеріали можна використовувати для розробки нового медичного обладнання, такого як портативні діагностичні пристрої та системи доставки ліків, покращуючи здоров'я та безпеку солдатів у польових умовах [9].

Підготовка нанотехнологів для створення наноматеріалів для військових цілей потребує мультидисциплінарного підходу, який поєднує досвід у матеріалознавстві, інженерії та військовій науці [11; 12].

Профілізована підготовка нанотехнологів для розробки технологій подвійного призначення повинна базуватися на таких основоположних засадах:

1. *Якісна освіта:* нанотехнологи повинні мати міцну підготовку в науці та інженерії, зосереджуючись на матеріалознавстві та нанотехнологіях. Сьогодні в Україні здійснюється підготовка за такими суміжними спеціальностями: 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», 132 «Матеріалознавство», 153 «Мікро- та наносистемна техніка» [13].

2. *Досвід досліджень:* нанотехнологи повинні мати практичний досвід досліджень у розробці та характеристиках наноматеріалів. Цього можна

досягти за допомогою лабораторних досліджень і стажування в академічних або промислових колах [14].

3. *Військові знання*: нанотехнологи повинні мати базове розуміння військової науки, включаючи знання військового обладнання, тактики та вимог. Це можна отримати через програми військової підготовки або через цивільну освіту та підготовку у відповідних галузях, таких як військова інженерія [15].

4. *Етичні міркування та міркування безпеки*: нанотехнологи повинні знати про етичні міркування та міркування безпеки, пов'язані з розробкою наноматеріалів для військових цілей. Вони повинні бути навчені відповідальній дослідницькій практиці та бути знайомими з міжнародними договорами та угодами, такими як Конвенція про хімічну зброю, які регулюють використання певних матеріалів у військових цілях [16, 17].

З урахуванням цього існує нагальна потреба розробки методичної системи профілізованої підготовки майбутніх фахівців у галузі наноматеріалознавства до розробки нових наноматеріалів подвійного призначення. В основу цієї системи повинні бути покладені адаптовані до нових реалій механізми та технології профільної фундаментальної підготовки фахівців з урахуванням наявних ресурсів: в умовах обмеження доступу до інтернету, обладнання та світла - на основі застосування технологій синхронного та асинхронного навчання дистанційної освіти, а також використання нових підходів, що включатимуть роботу в центрах колективного користування обладнанням як офлайн так і при віддаленому доступі.

Також існує потреба у розробленні методики використання сучасних баз даних та програмних продуктів, що дозволяють оцінювати властивості наноструктур, моделювати склад нових наноматеріалів та прогнозувати їхнє використання у технологіях подвійного призначення.

З метою подальшого практичного використання в освітньому процесі та професійній діяльності результати методичних розробок потребують відтворення у комплектах навчально-методичного забезпечення та рекомендаціях щодо їх використання. Крім того, необхідно напрацювати масив

нормативно-технічних документів щодо проєктування наукового обладнання для створення наноматеріалів, а також рекомендації до використання наявного обладнання, баз даних, програмного забезпечення та синхронізації всіх цих засобів навчання між собою з метою підготовки конкурентоспроможного фахівця.

Висновки. Таким чином, вищої ефективності та інтенсифікації підготовки фахівців у галузі наноматеріалознавства до розробки наноматеріалів подвійного можна досягти шляхом профілізації її змісту на основі філософських, природничо-математичних законів, теорій і категорій, які є основою нанотехнологій військового призначення, розробки методів та засобів навчання конструювання пристроїв для синтезу наноструктур, формування наноструктур, застосування спеціалізованого програмного забезпечення для дослідження їхніх властивостей і прогнозування реального практичного застосування в оборонній галузі.

У цьому контексті постає необхідність в цілеспрямованому системному розвитку особистості наноінженера, здатного до самостійного облаштування лабораторії синтезу наноматеріалів, підбору відповідного технічного оснащення, аналізу і синтезу наноструктур, дослідження їхніх властивостей, показників якості та передбачення можливого їх застосування для розробки матеріалів для пристроїв подвійного призначення.

Фінансування. Робота виконана за підтримки Міністерства освіти і науки України за такими держбюджетними проєктами:

- 0123U100110 «Система дистанційної та змішаної профілізованої підготовки майбутніх наноінженерів до розробки нових наноматеріалів подвійного призначення»;

- 0122U000129 «Пошук оптимальних умов синтезу наноструктур на поверхні напівпровідників A3B5, A2B6 і кремнію для фотоніки і сонячної енергетики»;

• 0121U109426 «Теоретико-методичні засади системної фундаменталізації підготовки майбутніх фахівців у галузі наноматеріалознавства до продуктивної професійної діяльності».

Подяки. Ми дякуємо Збройним Силам України за забезпечення безпеки для виконання цієї роботи. Ця робота стала можливою лише завдяки стійкості та мужності Української Армії.

Список використаних джерел

1. Kumar, N., Dixit, A., Kumar, N., & Dixit, A. (2019). Nanomaterials-enabled lightweight military platforms. *Nanotechnology for defence applications*, 205-254.

2. Glenn, J. C. (2006). Nanotechnology: Future military environmental health considerations. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(2), 128-137.

3. Vambol, S. O., Vambol, V. V., Kovachov, S. S., Bogdanov, I. T., & Suchikova, Y. O. (2018). Correlation between technological factors of synthesis of por-GaP and its acquired properties. *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*, 16(4), 657-670.

4. Benzait, Z., & Trabzon, L. (2018). A review of recent research on materials used in polymer–matrix composites for body armor application. *Journal of Composite Materials*, 52(23), 3241-3263.

5. Suchikova, Y., Lazarenko, A., Kovachov, S., Usseinov, A., Karipbaev, Z., & Popov, A. I. (2022, February). Formation of porous Ga₂O₃/GaAs layers for electronic devices. *In 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)* (pp. 01-04). IEEE.

6. Wu, F., Zhang, D., Shang, S., Zhu, Y., Zhuang, S., & Xu, J. (2012). Developing quantum dot phosphor-based light-emitting diodes for aviation lighting applications. *Journal of Nanomaterials*, 2012, 9-9.

7. Amakubo, S. F. (2017). Carbon Electronics: Nano-carbons for the development of radiation sensors, image intensifiers and medical sensors (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).

8. Kumar, N., Dixit, A., Kumar, N., & Dixit, A. (2019). Camouflage and stealth technology based on nanomaterials. *Nanotechnology for Defence Applications*, 155-203.

9. Quesada-González, D., & Merkoçi, A. (2018). Nanomaterial-based devices for point-of-care diagnostic applications. *Chemical Society Reviews*, 47(13), 4697-4709.

10. Vambol, S. O., Vambol, V. V., Suchikova, Y. O., Mishchenko, I. V., & Kondratenko, O. M. (2017). Scientific and practical problems of application of ecological safety management systems in technics and technologies.

11. Suchikova, Y., Bohdanov, I., Kovachov, S., Bardus, I., Lazarenko, A., & Shishkin, G. (2021, August). Training of the Future Nanoscale Engineers: Methods for Selecting Efficient Solutions in the Nanostructures Synthesis. *In 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)* (pp. 584-588). IEEE.

12. Бардус І. О., Ковачов С. С., Богданов І. Т., Сичікова Я. О. Професійна діяльність фахівця в галузі наноматеріалознавства зі створення наноструктур на поверхні напівпровідників. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. пр.* Вип. 1. Бердянськ : БДПУ, 2022. С.55-64. doi: 10.31494/2412-9208-2022-1-1-55-64.

13. Бардус І.О., Ковачов С.С., Богданов І. Т. , Сичікова Я. О. Професійна компетентність фахівця у галузі наноматеріалознавства зі створення інноваційних наноструктур на поверхні напівпровідників. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. пр.* Вип. 3. Бердянськ : БДПУ, 2022. С.55-64.

14. Yana Suchikova, Sergii Kovachov, Ihor Bohdanov, Tetyana Nestorenko (2022). Formation of future nanotechnologists' ability to modify and adapt educational and methodical as well as scientific and methodological support for innovation. *VZDELÁVANIE A SPOLOČNOSŤ VII. Medzinárodný nekonferenčný zborník. PREŠOV*. p.113-118

15. Yana Suchikova, Sergii Kovachov, Ihor Bohdanov, Tetyana Nestorenko (2022). Crisis management during the implementation of scientific projects on critical

technologies during the war: the experience of a displaced universit. *ZESZYTY NAUKOWE WYŻSZEJ SZKOŁY TECHNICZNEJ W KATOWICACH.*, nr 15, p. 13-22

16. Бардус І.О., Ковачов С.С., Богданов І. Т. , Сичікова Я. О. Формування та розвиток когнітивних професіно важливих якостей майбутнього нанотехнолога в умовах фундаменталізації його професійної підготовки. *Актуальні проблеми в системі освіти: загальноосвітній заклад середньої освіти – доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти.* 2022. Вип. 2. С. 726-733.

17. Kovachov, S., Bogdanov, I., Pimenov, D., Bondarenko, V., Konovalenko, A., Skurska, M., ... & Suchikova, Y. (2021). Chemical evaluation of the quality of nanostructures synthesized on the surface of indium phosphide.