

7. Про інноваційну діяльність: Закон України від 07.09.2021 № 1714-IX / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/40-15>.

8. Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 10.07.2019 № 526-р / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80#Text>.

9. Про внесення змін до деяких законів України щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та інноваційної діяльності: Закон України від 01.02.2022 № 2031– IX. / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2623-14#n3>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-228-9-72>

## STEM EDUCATION OF FUTURE CHEMISTRY TEACHERS IN THE CONTEXT OF THE LATEST ADVANCES IN NANOTECHNOLOGY

### STEM-ОСВІТА МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ХІМІЇ У КОНТЕКСТІ НОВІТНІХ ДОСЯГНЕНЬ НАНОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ГАЛУЗІ

**Cherniuk O. A.**    **Чернюк О. А.**

*Postgraduate student*    *аспірантка*  
*Chuiko Institute of Surface Chemistry of*    *Інститут хімії поверхні імені О. О. Чуйка*  
*National Academy of Sciences of Ukraine*    *Національної академії наук України*  
*Kyiv, Ukraine*    *м. Київ, Україна*

**Hrebelska Yu. V.**    **Гребельна Ю. В.**

*Postgraduate Student*    *аспірантка*  
*Chuiko Institute of Surface Chemistry of*    *Інститут хімії поверхні імені О. О. Чуйка*  
*National Academy of Sciences of Ukraine*    *Національної академії наук України*  
*Kyiv, Ukraine*    *м. Київ, Україна*

**Tolmachova V.S.**    **Толмачова В. С.**

*PhD, Associate Professor,*    *кандидат хімічних наук, доцент,*  
*Head of the Department of Chemistry*    *завідувачка кафедри хімії*  
*National Pedagogical Dragomanov*    *Національний педагогічний університет*  
*University*    *імені М.П. Драгоманова*  
*Kyiv, Ukraine*    *м. Київ, Україна*

Нанонаука та нанотехнології є предметом досліджень численних наукових робіт упродовж останніх років і поєднують міждисциплінарні  
266

фундаментальні знання з фізики, хімії, біології, інженерних наук та математичного моделювання. Значний інтерес досліджень обумовлений особливими властивостями матерії на рівні наномасштабу, серед яких – розмірний ефект, який проявляється в якісній зміні фізичних і хімічних властивостей, реакційній здатності і залежить від кількості атомів або молекул у матеріалах розмірами 1-100 нм. Серед галузей використання нанотехнологій – створення та застосування матеріалів високої механічної якості, компонентів мастильних матеріалів, клеєвих композитів, енергетичних установок із поліфункціональними можливостями для опто- та наноелектроніки, електродів електрохімічного каталізу і носіїв каталізатора, вимірювальної техніки, інформаційних технологій, очищення води та повітря, в аграрному секторі, як модифікуючі добавки в будівельні матеріали, в медицині тощо [1].

Враховуючи швидкий розвиток нанотехнологій та їх значення для світової економіки, актуальним є впровадження STEM-освіти в освітній процес педагогічних закладів вищої освіти з метою орієнтації на дослідження в нанотехнологічній галузі здобувачів освітніх ступенів бакалавра і магістра хімії. Згідно з Концепцією розвитку STEM-освіти [2] нині спостерігається підвищений інтерес до підготовки фахівців у галузі нанотехнологій. Запроваджуючи наоосвіту для майбутніх учителів і здійснюючи підготовку педагогічних кадрів відповідної кваліфікації, можна очікувати, що в майбутньому такий підхід сприятиме розвитку дослідницької та пошукової діяльності серед учнів (саме вчитель є провідником для передачі знань), стимулюватиме мотивацію до ознайомлення з новітніми досягненнями нанонауки, і в перспективі стане рушійною силою під час вступу до закладів вищої освіти та вибору наукової кар'єри надалі.

Для вчителів хімії завдання наоосвіти полягає в опануванні базових понять нанонауки, ознайомленні з розвитком сучасних тенденцій і досягнень у цій галузі, що відомі у світі [3] та Україні, формуванні міжпредметних компетентностей, професійній орієнтації серед учнів щодо вибору майбутньої професії з нанотехнологічною компонентою.

Під час проведення науково-педагогічної практики аспірантів Інституту хімії поверхні імені О.О. Чуйка на кафедрі хімії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова було реалізовано STEM-проект «Епоха алотропів Карбону» як складову освітнього процесу підготовки бакалавра і магістра хімії.

Теоретична частина проекту представлена лекційним матеріалом про алотропні модифікації хімічних елементів (Оксигену, Сульфуру, Фосфору, Стануму) та алотропів Карбону на прикладі алмазу, графіту, карбіну, графену, фулеренів та вуглецевих нанотрубок (ВНТ).

Практична частина, яка полягала у ознайомленні майбутніх вчителів хімії з сучасними вітчизняними нанотехнологіями, передбачала

відвідування науково-виробничого підприємства ТОВ «ТМСпецмаш» (Київ). Студенти мали змогу побачити зразки терморозширеного графіту (ТРГ) і щільні матеріали на його основі, ознайомитися з природним графітом та способами його окиснення, технологічною лінією виробництва пресованих матеріалів. Для закріплення теоретичних знань в рамках STEM-проєкту розроблено і впроваджено у освітній процес лабораторні роботи: «Метод очищення ВНТ від домішок та каталізатора», «Визначення зольності ВНТ», «Окиснення та інтеркалювання графіту», «Отримання ТРГ». Здобуті теоретичні знання, практичні навички і вміння дозволяють розширити методи наукових досліджень, опанувати роботу з приладами та матеріалами, набувати професійного досвіду для подальшого застосування його під час створення власних STEM-проєктів.

Варто зазначити, що особлива увага у лабораторних дослідженнях приділялася ВНТ та ТРГ, що обумовлено перспективністю їх застосування в композиційних матеріалах. Такий вибір об'єктів дослідження був теоретично обґрунтований науковими результатами міжнародної спільноти і власними доробками аспірантів-дослідників.

Так, механічні та термічні властивості ВНТ є унікальними і визначаються кількома факторами: високою міцністю  $sp^2$ -зв'язків C–C; надщільною упаковкою атомів в графеновій площині; відсутністю чи малою густиною дефектів структури. Розрахований середній модуль пружності багат шарових ВНТ складає понад 1,8 ТПа, а виміряна величина – 1,3 ТПа. Враховуючи особливий чинник форми – відношення довжини до діаметру, що складає  $\sim 10^3$ , ВНТ використовують для одержання нових надміцних композиційних матеріалів [4].

ТРГ найкраще реалізує унікальні властивості графену під час виробництва матеріалу в промисловому масштабі. Явище термічного розширення графіту відоме з кінця ХІХ століття. Так, після взаємодії із кислотами Бренстеда та нагрівання спостерігали збільшення об'єму вуглецевого зразка, тобто його розширення. Але тільки з середини 60-х рр. ХХ століття розпочалося дослідження та промислове використання ТРГ в світовій практиці. В Україні відповідної промислової технології не існувало до початку ХХІ століття.

ТРГ – група матеріалів із графітоподібною структурою (рис. 1), які одержують у разі швидкого нагрівання (термоударі) сполук інтеркалювання графіту (СІГ) або їхніх гідролізованих форм за температур 800–1100°C [5]. Розкладання та випаровування інтеркалantu приводить до сильного розширення уздовж осі, перпендикулярної до графенових площин. Цей ефект спостерігається для СІГ із різними інтеркалантами – кислотами, хлоридами металів, галогенами тощо, однак найсильніше він виражений для солей графіту з аніонами мінеральних кислот, молекули яких легко утворюють газоподібні

продукти та дозволяють одержувати порошок ТРГ з питомою поверхнею 50–100 м<sup>2</sup>/г.

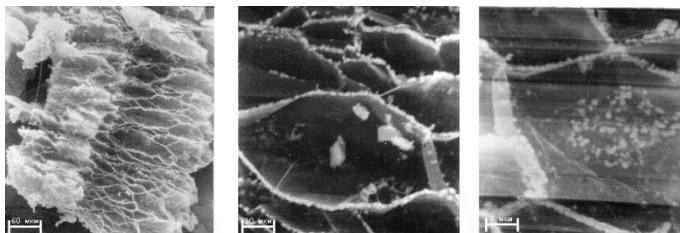


Рис. 1. Зображення поверхні ТРГ

Природний графіт в стані ТРГ набуває здатності формуватися в суцільний матеріал без в'язучих речовин, що дозволяє використовувати його як основу широкого класу вуглецевих матеріалів: ущільнювальних, електротехнічних, антифрикційних, конструкційних, наповнювачів полімерів і гум. Зокрема, із СІГ та ТРГ створюють ефективні джерела струму, які мають тривалий термін роботи і призначені для виготовлення різноманітних виробів мікроелектроніки. Їх використовують також як каталізatori хімічних реакцій, теплоносії, для виготовлення вибухозахисних мембран, звукоізоляційних матеріалів, наповнювачів для фільтрів, діамагнітних підвісів та екранів, датчиків магнітного поля і температури, неметалічних нагрівачів будь-якої форми тощо.

Прогрес у науці та техніці нанорозмірних матеріалів має вирішальне значення для національної безпеки, процвітання економіки та покращення якості життя для суспільства вцілому. Тому актуальним є вдосконалення наукової підготовки майбутніх педагогів, зокрема вчителів хімії, адже вчитель виступає своєрідним наставником, людиною, яка допомагає пояснити, як використовувати потенціал технології для користі суспільства. Отримані спеціальні знання та уміння під час вивчення нанорозмірних матеріалів на прикладі ТРГ достатні для виконання професійних завдань та робіт інноваційного характеру. STEM-освіта сприяє підготовці компетентних фахівців для високотехнологічних виробництв і забезпечує високий науковий потенціал будь-якої держави.

### Література:

1. Spyrtou A., Manou L., Peikos G. Educational Significance of Nanoscience–Nanotechnology: Primary School Teachers' and Students'

Voices after a Training Program. *Educ. Sci.* 2021. Vol. 11. P. 724.  
<https://doi.org/10.3390/educsci11110724>

2. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 р. (5 серпня 2020 р.).  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#n8>

3. Jackman J.A., Cho D.-J., Lee J., Chen J.M., Besenbacher F., Bonnell D.A., Hersam M.C., Weiss P.S., Cho N.-J. Nanotechnology Education for the Global World: Training the Leaders of Tomorrow. *ACS Nano*. 2016. Vol. 10. P. 5595. <https://doi.org/10.1021/acsnano.6b03872>

4. Sementsov Yu., Cherniuk O., Dovbeshko G., Zhuravskiy S., Makhno St.M., Bo Wang, Kartel M. Glass-Reinforced Plastic Filled by Multiwall Carbon Nanotubes and Their Modified Forms. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. 2019. Vol.7. P.26-35.  
<https://doi.org/10.4236/msce.2019.77004>

5. Kartel M., Sementsov Yu., Dovbeshko G., Karachevtseva L., Makhno St.M., Aleksyeyeva T., Grebel'na Yu., Styopkin V., Bo Wang, Stubrov Yu. Lamellar structures from graphene nanoparticles produced by anode oxidation. *Advanced Materials Letters*. 2017. Vol. 8. P.212-216.  
<http://dx.doi.org/10.5185/amlett.2017.1428>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-228-9-73>

**MODERN APPROACHES AND METHODS  
IN TEACHING ARCHEOLOGY AND FIELD RESEARCH  
METHODS IN HIGH SCHOOLS**

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ У ВИКЛАДАННІ  
АРХЕОЛОГІЇ ТА МЕТОДИКИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
У ВИЩІЙ ШКОЛІ**

**Shevtsova Ye. S. Шевцова Є. С.**

*Assistant at the Department  
of History of Ukraine  
State Institution «Luhansk Taras  
Shevchenko National University»  
Poltava, Ukraine*

*асистент кафедри історії України  
Державний заклад «Луганський  
національний університет імені Тараса  
Шевченка»  
м. Полтава, Україна*

Викладання курсу «Археологія та методика польових досліджень» у здобувачів історичної освіти закладів вищої освіти України охоплює коло теоретичних і практичних питань з археології України та має на меті навчити використанню пам'яток матеріальної культури як об'єкту для