

Лукашенко Т., сарший викладач кафедри хімії та новітніх хімічних технологій,
 Куцевська Н., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою сучасних нанотехнологій та наноматеріалів,
 Малишев В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою хімії та новітніх хімічних технологій,
 Університет «Україна», м. Київ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА – ОСОБЛИВІ АСПЕКТИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ НАНОТЕХНОЛОГІЙ І НАНОМАТЕРІАЛІВ

Вступ

Особливим аспектом стандартизації є рішення задач забезпечення ресурсо- та енергозбереження, небезпечності технологічних процесів, здоров'я і безпеки операторів, які взаємодіють із продукцією нанотехнологій на всіх етапах її виробництва, випробування, дослідження та застосування, а також екологічної безпеки навколишнього середовища [1, 2]. Найбільш активні країни, що беруть участь в міждержавній програмі по виявленню потенційної небезпеки наноматеріалів – це США, Японія, Великобританія. Між ними намітилася спеціалізація: у США досліджують токсичність наноматеріалів, забруднення навколишнього середовища; у Японії вивчають токсичність наноматеріалів; у Великобританії ведеться розробка стандартів безпеки наноматеріалів [3-5].

ТК299 «Нанотехнології» ISO опублікував технічну доповідь ISO/TR 12885, яка є оглядом рекомендації по запобіганню шкідливої для здоров'я дії наноматеріалів, особливо наночастинок, на людину та дотримання норм безпеки в процесі виробництва, обробки, використання і зберігання наноматеріалів [6, 7].

Забезпечення здоров'я і безпеки, охорона навколишнього середовища – особливі аспекти стандартизації.

1. Наноматеріали: характеристика і виробництво. Приведено деякі характеристики і вказано області застосування фуллеренів, сажі, вуглецевих нановолокон, вуглецевих нанотрубок і вуглецевих напоблаштованих, металевих оксидних наноструктурних матеріалів у формі агломерованих і агрегованих наночастинок, золотих і срібних наночастинок, металевих нанопроводів на основі кобальту, золота і міді, квантових крапок із провідникових матеріалів, органічних полімерних матеріалів (дендримерів, волокон), біополімерних наноматеріалів. Дано короткий опис типових методів виготовлення наноматеріалів: аерозольних (полум'яного піролізу, високотемпературного випаровування і плазмового синтезу); рідкофазних (колоїдного, самооб'єднання, гель-золь-метода); осадження пари; електрополімеризації і електроосадження; електроцентрифування (синтезу полімерних нановолокон); механічних (атриторних) процесів (помелу, змішування і легування) [8-16].

2. Характеристика небезпеки. Обговорюються проблеми безпеки, яка пов'язана з впливом наноматеріалів (в першу чергу, випадкових або природних наночастинок і нановолокон) на здоров'я людей. Наводяться результати епідеміологічних досліджень, пов'язаних із захворюваннями в результаті шкідливої дії наночастинок. Дається оцінка небезпеки виробництва наноматеріалів [17- 9].

3. Оцінка шкідливої дії наноматеріалів. Обговорюються шляхи шкідливої дії наноматеріалів (при інгаляції, ковтанні, контакті із шкірою). Приведено огляд інструментарію і методів визначення схильності дії наночастинок (прямого вимірювання концентрації, розмірного розподілу в аерозолях і вимірювання активної поверхні, гравіметричного і хімічного аналізу тощо). Приводяться відомості про дозову оцінку (внутрішня схильність) [17-19].

4. Оцінка небезпеки у виробничому оточенні. Вказано на компоненти процесу оцінки безпеки – ідентифікація небезпеки, оцінка схильності, оцінка дії, характеристика небезпеки. Наголошується, що в даний час нормативні документи по кількісних методах

оцінки небезпеки для здоров'я і дані про дію більшості наноматеріалів практично відсутні [17-19].

5. Методи контролю. Розглядаються існуючі відомості щодо принципів і методів контролю (регулювання) для зменшення або запобігання дії наноматеріалів, що виготовляються, на робочому місці. Показано, що основними засобами запобігання їх дії являється: усунення джерел небезпеки; заміна джерел небезпеки (сировини – на менш токсичне, аерозольні продукції – на пасти, гранули, «сухи» технологічних операцій – на «вологих»); адекватне використання технічних засобів запобігання небезпеки (висока небезпека – локалізація процесу, середня – місцева вентиляція, низька, – загальна вентиляція); адміністративні системи контролю (навчання та інструктаж, скорочення робочого часу, загальна і особиста гігієна); використання персональних засобів захисту [17].

Таким чином, нинішній рівень вивчення безпеки нанотехнологій і наноматеріалів характеризується розробкою норм, тренувань, методологій, стандартів, застосування яких в ході вивчення фізико-хімічних і фармако-токсикологічних властивостей нанопродукції, екологічних наслідків і, власне, нанотехнологічних процесів дозволить на основі обґрунтованих і об'єктивних результатів захистити здоров'я і забезпечити надійний рівень безпеки людей, які працюють із наноматеріалами.

ТК 229 опублікував план робіт в області стандартизації наноматеріалів і нанотехнологій. Намічена розробка 35 стандартів, із них найближчим часом буде опубліковано такі стандарти: ISO/TS 10867 «Nanotechnologies – Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy»; ISO/TR 11811 «Nanotechnologies – Guidance on methods for nanotribology measurements».

Вирішення питань стандартизації в рамках Державної науково-технічної програми

У 2009р. Кабінет Міністрів України затвердив Державну науково-технічну програму «Нанотехнології і наноматеріали». Займаються програмою Міністерство освіти і науки України і Національна академія наук України. Програма передбачає створення Центру стандартизації нанопорошків і консолідованих наноматеріалів. До основних проблем, які вирішуватиме Центр, відносяться:

1. Стандартизація, метрологія і сертифікація в нанотехнологіях. У цій сфері першочерговими є:

- стандартизація термінології і номенклатури в області наноматеріалів і нанотехнологій;
- стандартизація методів вимірювання і визначення параметрів наноматеріалів;
- специфікація наноматеріалів;
- стандартизація аспектів нанотехнологій, які пов'язані з безпекою навколишнього середовища і здоров'я;
- стандартизація методології сертифікації та сертифікація нанотехнологій і наноматеріалів;
- накопичення та аналіз інформації щодо стандартів в області наноматеріалів і нанотехнологій, що діють в розвинених краї-

нах світу (США, Японії, Європейських країн, Росії та ін.), а також перспективних планів стандартизації, неформальних стандартів типу TS (технічні умови) і TR (технічна доповідь).

2. Створення і координація діяльності Технічного комітету стандартизації України 'Нанотехнології'.

3. Організаційна робота, направлення на отримання Україною членства в технічному комітеті ISO/TC 229 Nanotechnologies.

По мірі розвитку виробництва і реалізації нанопродукції значна увага приділятиметься виробленню визнаної у всьому світі єдиної термінології, методик оцінки споживчих властивостей, якості і безпеки такої продукції, постійно зростатиме актуальність проблеми стандартизації в області нанотехнологій і наноматеріалів. В Україні значна увага приділяється організаційним питанням, які буде використано для розвитку цього науково-технічного напрямку.

Майбутнє за «зеленою хімією» та «зеленими технологіями»

Досягнення фундаментальної хімії та сучасних технологій значною мірою обумовлюють відповідний рівень розуміння будови матеріального світу, а хімічні підходи та технології відіграють ключову роль у розв'язанні глобальних проблем сталого розвитку та збереження навколишнього середовища, в забезпеченні населення планети чистою водою, їжею, ефективними ліками, енергією [20, 21]. Розуміння цього повинно сприяти створенню та впровадженню нових екологічно безпечних, енерго- та ресурсозберігаючих процесів хімії та хімічної технології, сприяючи модернізації економіки країни, подоланню її сировинного характеру та переведенню на сучасний високотехнологічний шлях розвитку багатьох екологічних і природоохоронних проблем.

Серйозним спонукальним та об'єднуючим моментом у боротьбі за ці цілі є, так звані, «зелені» рухи та «зелені» технології. Початок «зеленого» руху було покладено ще в 60-і роки ХХ століття, коли громадськість Північної Америки та Західної Європи, яка виступає за збереження навколишнього середовища, добилися посилення природоохоронного законодавства та посилення контролю за використанням токсичних хімікатів у різних галузях економіки та соціальної сфери. Окрім штрафних санкцій та заборони застосування ряду особливо небезпечних хімікатів, посилилась увага до пошуку менш токсичних заміщуючих хімічних речовин, альтернативних технологій енерго- та ресурсозбереження. Більш того, законодавчо був введений токсикологічний контроль отриманих і застосовуваних хімічних речовин та матеріалів.

Визначення «зеленої» хімії («зелених» технологій), прийняте ІЮПАК [22], таке: «Зелена хімія та зелені технології – відкриття, розробка та використання хімічних продуктів та процесів, які зменшують або виключають використання та утворення шкідливих речовин». Визначення прямо вказує на необхідність урахування можливих негативних явищ ще на стадії створення нових сполук, про що раніше дослідники часто не задумувалися. Поль Анастас та Джон Корнер сформулювали 12 принципів «зеленої» хімії та «зелених» технологій, які стали нині класичними [23]. Ці принципи, які розкривають практичні аспекти визначення ІЮПАК, наводяться нижче.

- Запобігання (краще не допускати утворення відходів, ніж займатися їх переробкою або знищенням).
- Раціональне (ефективне) використання вихідних реагентів (методи синтезу повинні розроблятися таким чином, щоб у складі кінцевого продукту входило якомога більше атомів використовуваних вихідних реагентів).
- Зниження загрози процесів і продуктів синтезу (у всіх можливих випадках потрібно прагнути до використання або синтезу речовин, нетоксичних або малотоксичних для людини та навколишнього середовища).
- Конструювання «зелених» матеріалів (технології повинні забезпечувати створення нових матеріалів з найкращими функціональними характеристиками та мінімальною токсичністю).
- Виключення використання небезпечних допоміжних реагентів (слід по можливості уникати використання в процесі синтезу допоміжних реагентів (розчинників, екстрагентів і т.д.): якщо це можливо, ключовим є параметр токсичності).

- Енергозбереження (слід сповна враховувати економічні та екологічні наслідки, пов'язані із затратами енергії в хімічних процесах: бажано здійснювати процеси синтезу при кімнатній температурі та нормальному атмосферному тиску).
- Використання відновлюваної сировини (у більшості випадків, коли це технічно можливо та економічно вигідно, слід віддавати перевагу відновлюваній сировині).
- Зменшення числа проміжних стадій (потрібно мінімізувати або зовсім відмовитися від непотрібних проміжних стадій (блокуючі групи, протектори, проміжні модифікатори фізичних та хімічних процесів), оскільки проміжні стадії зазвичай поєднанні з додатковими відходами та збільшенням кількості реагентів, які використовують).
- Використання каталітичних процесів (каталітичні процеси з максимально можливою селективністю прийнятніші стехіометричних реакцій).
- Біорозклад (потрібно прагнути до легкого біорозкладу вихідних та отриманих із них продуктів, які не призводять до небезпечних для навколишнього середовища сполук).
- Забезпечення аналітичного контролю в реальному часі (для попередження утворення небезпечних відходів потрібно розвивати аналітичні методи, які забезпечують можливість моніторингу та контролю в реальному часі).
- Попередження можливості аварій (хімічні сполуки, які використовують в технологічних процесах, повинні бути присутні в формах, які мінімізують можливість хімічних аварій, таких, як викиди сильнодіючих отруйних речовин, вибухи, пожежі).

Література:

1. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктуры материалы // Москва: Academia, 2005. – 187с.
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 431с.
3. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 256с.
4. Drexler E.K. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. N.Y.Quill Books. 1993. 263p.
5. Regis E. and Chinsky M. Nano: The emerging science of nanotechnology. Little Brown and Co. 1996. 416p.
6. Нанотехнології у ХХІ столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження / Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк та ін.: монографія.- К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 275с.
7. Павлыго Т.М., Сердюк Г.Г., Шевченко В.И. Стандартизация в области нанотехнологий и наноматериалов. // Наноструктурное материаловедение. – 2010. – №3. – с. 70-80.
8. Раков Э.Г. Нанотрубки неорганических веществ // Журнал неорганической химии. – 1999. – Т. 44, №11. – с. 1827-1840.
9. Раков Э.Г. Химия и применение углеродных нанотрубок // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, №10. – с. 936-953.
10. Штанский Д.В., Левашов Е.А. Многокомпонентные наноструктурные тонкие пленки: проблемы и решения // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2001. – №3. – с. 52 – 62.
11. Сергеев Г.Б. Нанохимия металлов // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, №10. – с. 916-936.
12. Андриевский Р.А. Получение и свойства нанокристаллических тугоплавких соединений // Успехи химии. – 1994. – Т. 63, №5. – с. 431-456.
13. Андриевский Р.А. Наноматериалы на основе тугоплавких карбидов, нитридов и боридов // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, №12. – с. 1164 – 1176.
14. Панов В.С. Нанотехнологии в производстве твердых сплавов // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2007. – №2. – с. 63 – 68.
15. Раков Э.Г. Углеродные нанотрубки в новых материалах // Успехи химии. – 2011. – Т. 80, №8. – с. 805-839.
16. Грайфер Е.Д., Макотченко В.Г., Назаров А.С., Ким С.-Дж., Федоров В.Е. Графен: химические подходы к синтезу и модифицированию // Успехи химии. – 2011. – Т. 80, №8. – с. 770-804.
17. Гмошинский И.В., Хотимченко С.А., Попов В.О., Дзантиев Б.Б., Жердев А.В. Наноматериалы и нанотехнологии: методы анализа и контроля // Успехи химии. – 2013. – Т. 82, №1. – с. 48-76.
18. Перепелица О.П. Екохімія та ендоекологія елементів. К.: Національний університет харчових технологій. Екохім., 2004. – 736с.
19. Лукашенко Т.Ф., Малишев В.В. Екологічна хімія. К.: Університет «Україна», 2012. – 269с.
20. Тарасова Н.П., Нефедов О.М., Луин В.В. Химические проблемы устойчивого развития и сохранения окружающей среды // Успехи химии. 2010. – Т. 79, № 6. – С. 491-492.
21. Перепелица О.П. Властивості та екологічний вплив хімічних елементів // К.: Вентурі, 1997. – 192с.
22. Tundo P., Anastas P., Black D.StC., Breen J., Collins T., Memoli S., Miyamoto J., Polyakoff M., Tumas W. Pure Appl. Chem. 72. 1210 (2000).
23. Anastas P.M., Warner J.C. In Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press. New York. 1998. P. 30.