УДК 57.043:63:37.022

Герасимов О.І., Андріанова І.С., Кільян А.М. (Україна, Одеса)

НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ В ЗАДАЧАХ ДЕЗАКТИВАЦІЇ: ГРАФЕНУ ТОПОЛОГІЧНИХ ФАЗАХ

Графеном називають конфігурацію атомів вуглецю, зібраних в плоску сітку із поєднаних шестикутників одноатомної товщини. Його унікальні властивості відкривають можливості його ефективних технологічних застосувань [1]. В останні два десятиліття були синтезовані численні топологічні фази вуглецевих наноматеріалів, такі, наприклад, як фулерени, вуглецеві нанотрубки і графенові кулі. Вони є перспективними матеріалами для спеціальних галузей наноіндустрії, так як мають унікальні маніпулюємі електронні, електромагнітні, теплові, оптичні та сорбційні властивості. Особливий клас новітніх матеріалів складають оксиди графена (частки графена з приєднаними по краях або всередині вуглецевої сітки кісневоємними функціональними групами та/або молекулами), які є нестійкими і потребують додаткової стабілізуючої домішки. Саме такими є оксиди графена доповнені полімерами, такими як поліетиленгліколь, поліефіри, полівінілом, поліакрили, поліаніліни [2]. Оксид графену, хоча й поступається чистому графену за деякими характеристиками але є більш простим при отриманні і, відтак, більш дешевим та доступним для отримання у промислових масштабах [3]. Кисневовмісні функціональні групи на краях і в площині оксидів графена здатні як до ковалентних, так і до не ковалентних взаємодій з різними молекулами. Більш того, значна за величиною питома поверхня оксидів графена дозволяє поглинати істотні кількості іонів важких металів і органічних сполук. Ступінь окиснення оксиду графену визначає багато його властивостей в т.ч. і адсорбційні, що представляє особливий інтерес при дезактивації. Відтак, їх можна розглядати як ефективний матеріал для знезараження повітря, грунту і рідких відходів. За адсорбційною спроможністю оксиди графену суттєво перевершують активне вугілля, що так добре себе зарекомендувало в індивідуальних фільтрувальних пристроях [2].

Сучасні технології дезактивації використовують метод розчину графену з поверхнево-активними речовинами (ПАР) (які мають стійкість до іонізуючого випромінювання) наприклад з поліанілінами [4].Аніонні ПАР у водному розчині розпадаються з утворенням негативно заряджених іонів та дають вихід у вигляді пінної фракції із складною топологією поверхні, яка сама по собі володіє помітними абсорбційними властивостями. До того ж, придання графеновій сполуці топологічної ступені свободи дозволяє збільшити ефективність адсорбції за рахунок появи відповідного поверхневого потенціалу.Такі графенові сполуки при потраплянні, скажімо, у забруднену радіонуклідами воду перемішується з нею і адсорбують важкі метали і радіонукліди, а в подальшому, випадають в осад, який підлягає промисловому захороненню, або переробці.

Технології з використанням піни для дезактивації забруднених грунтів, розчинених у воді з додаванням ПАР вже використовуються на практиці при дезактивації забрудненого грунту на Фукусімі [5]. Додавання оксиду графену до піни, яка використовується для видалення радіоактивних речовин, важких металів та інших забруднювачів, з поверхонь та розчинів, може істотно підвищити ефективність використання таких методів. Виділення довгоживучих радіонуклідів з водних розчинів різного складу є важливою проблемою, вирішення якої необхідно як для розвитку технологій замкнутого ядерного паливного циклу, так і реабілітації територій, забруднених радіонуклідами.

Література

1. Елецкий А.В., Искандарова И.М., Книжник А.А., & Красиков Д.Н. (2011). Графен: методы получения и теплофизические свойства. *Успехи физических наук*, ***181***(3), 233-268.

2. Romanchuk A.Y., Slesarev A.S., Kalmykov S.N., Kosynkin D.V., & Tour J.M. (2013). Graphene oxide for effective radionuclide removal. *Physical Chemistry Chemical Physics*, ***15***(7), 2321-2327.

3. Тесленко В. Оксид графена – первый двумерный материал, достигший стадии коммерческого применения //Журнал "Коммерсантъ Наука" №3 от 21.04.2015, стр.32-36. URL: https://www.kommersant.ru/doc/2718283

4. Sun Y., Shao D., Chen C., Yang S., & Wang X. (2013). Highly efficient enrichment of radionuclides on graphene oxide-supported polyaniline. *Environmental science & technology*, ***47***(17), 9904-9910.

5. В Фукусиме применена французская технология дезактивации загрязненной почвы.[Електронний ресурс]. Дата публікації: 17 квітня 2018.URL: http://www.atomic-energy.ru/news/2018/04/17/85040.