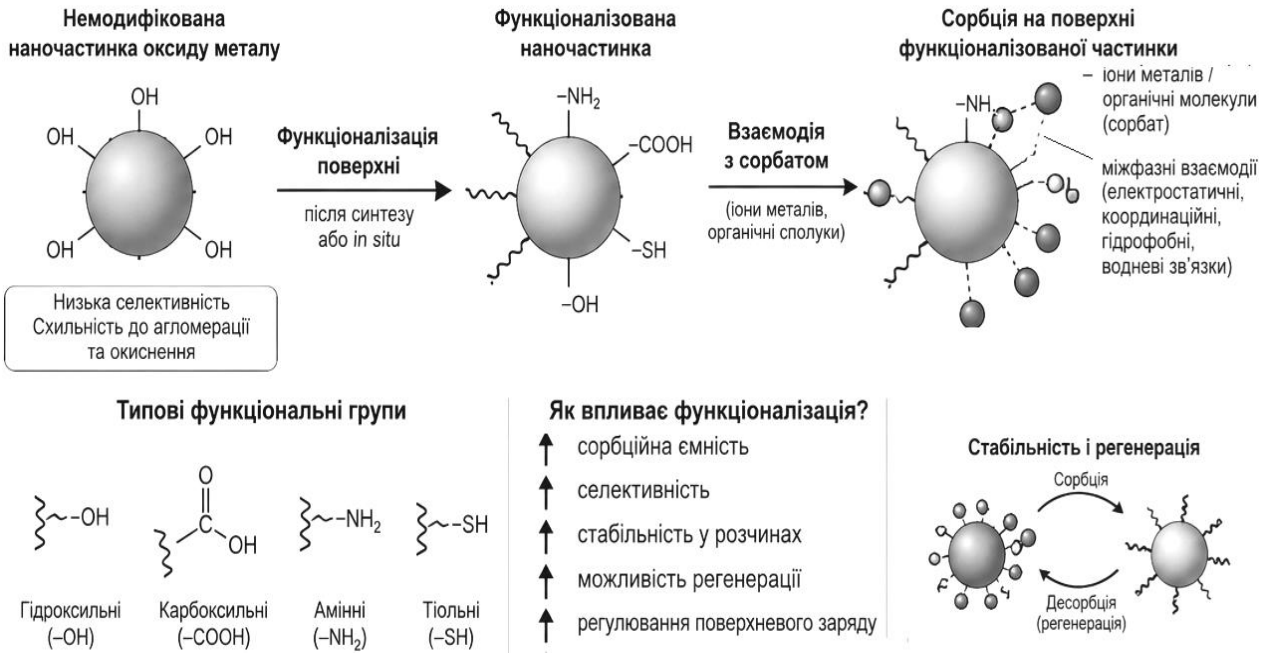
Шаран Т.О.
здобувач вищої освіти магістерського рівня, спеціальність Е3 Хімія
Науковий керівник – к.х.н., доц. Н.В.Кусяк
Житомирський державний університет імені Івана Франка

ВПЛИВ ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЇ ПОВЕРХНІ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДІВ МЕТАЛІВ НА ЇХ СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Функціоналізація поверхні наночастинок є ключовим інструментом підвищення їх сорбційної ємності, селективності та стабільності в розчинах і відіграють домінуючу роль у визначенні адсорбційної здатності частинок. Здатність маніпулювати поверхневими функціональними групами є життєво важливою для розробки ефективного адсорбенту для очищення води [1,2]. Поверхневі функціональні групи — гідроксильні, карбоксильні, амінні, тіольні — визначають характер міжфазних взаємодій між сорбентом, розчинником і сорбатом. Як клас типових адсорбентів, оксиди металів розроблялися протягом тривалого часу та продовжують привертати широку увагу, оскільки вони мають унікальні фізико-хімічні властивості, включаючи велику кількість поверхнево-активних центрів, високу хімічну стабільність та регульовану форму та розмір.

Поверхневі функціональні групи визначають сорбційну здатність оксидів металів, оскільки є активними центрами взаємодії з іонами. Модифікування поверхні органічними сполуками дає змогу регулювати заряд, стабільність і сорбційні властивості частинок. Функціоналізацію проводять після синтезу або безпосередньо під час нього (*in situ*), що забезпечує рівномірніший розподіл активних груп. Сорбційні процеси на функціоналізованих оксидах переважно пов’язані з хемосорбцією та можуть описуватися моделлю Ленгмюра.

Модифіковані матеріали послідовно перевершують немодифіковані аналоги за сорбційною ємністю, причому ємність зростає зі ступенем функціоналізації. Позитивно заряджене покриття поліетиленіміном (PEI) на



залізооксидних нанокристалах забезпечує надвисоку сорбцію PFOA та PFOS завдяки електростатичним і гідрофобним взаємодіям, а також високій густині прищеплення полімеру [3]. Подвійна модифікація нано-глини APTES та оксидом заліза дає 95–100% видалення Pb^{2+} і As^{5+} завдяки синергії амінних і Fe–OH груп.

Фактори, що впливають на сорбцію

- Питома площа поверхні зменшується зі ступенем функціоналізації, тоді як сорбційна ємність зростає.
- Незахищені оксиди заліза схильні до окиснення та агломерації, що вимагає поверхневого капсування для стабільної роботи в розчинах .
- pH розчину критично впливає на сорбцію: при низьких значеннях протони конкурують з іонами металів за активні центри, а при вищих pH функціональні групи звільняються, підвищуючи сорбцію
- Тип функціональної групи визначає селективність: тіольні ліганди, наприклад на ZnO забезпечують спорідненість до Pb^{2+} та Hg^{2+}, а амінні групи на SiO_2 — до Cr(VI).
- Функціоналізовані сорбенти зберігають високу ефективність після кількох циклів сорбції–десорбції, що підтверджено для багатьох оксидних нанокристалів.

Таким чином, функціоналізація поверхні наночастинок оксидів металів є ключовим чинником підвищення сорбційної ємності, селективності, стабільності та можливості регенерації сорбентів, що забезпечує ефективне видалення з води іонів важких металів, органічних барвників і перфторалкільних сполук.

Використана література:

1. Wu B., Lo I. M. C. Surface Functional Group Engineering of CeO_2 Particles for Enhanced Phosphate Adsorption. Environmental Science & Technology. 2020. Vol. 54, No. 7. P. 4601–4608. DOI: 10.1021/acs.est.9b07287.

2. Yu H., Pan Y., Zhang Y., Gong L., Lou Z., Shan W., Xiong Y. Surface functional group nanoarchitectonics of TiO_2 nanoparticles for enhanced adsorption Ge(IV). Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2023. DOI: 10.1016/j.jtice.2023.104675.

3. Wang L., Shi C., Wang L., Pan L., Zhang X., Zou J.-J. Rational design, synthesis, adsorption principles and applications of metal oxide adsorbents: a review. *Nanoscale*. 2020. Vol. 12, No. 8. P. 4790–4815. DOI: 10.1039/C9NR09204A.