

## ВІДГУК

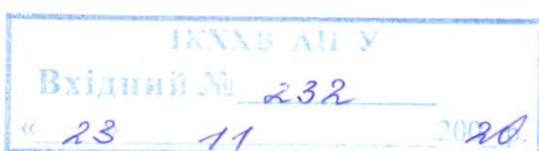
офіційного опонента на дисертаційну роботу Пузирної Любові Миколаївни «Поліфункціональні високоселективні сорбційні матеріали для очищення вод від радіонуклідів та інших неорганічних екотоксикантів», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук (спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека)

**Актуальність роботи.** На сьогодні вирішення проблем радіаційного та хімічного забруднення водних об'єктів довкілля набуло надзвичайно важливого значення, оскільки загроза порушення екологічної рівноваги, спричинена техногенним впливом на навколишнє середовище, часто викликає незворотні зміни та створює загрозу життєдіяльності екосистем. У зв'язку з цим однією з найважливіших проблем екологічної безпеки є дослідження, направлені на визначення шляхів та розробку методів вилучення з вод радіонуклідів та інших неорганічних екотоксикантів.

Значна увага вченими приділяється ефективному (особливо на стадії глибокого доочищення екотоксикантів), легкокерованому сорбційному методу. У порівнянні з іншими класами сорбційних матеріалів неорганічним сорбентам властивий ряд переваг: механічна, хімічна та частково радіаційна стійкість, а також висока селективність при вилученні екотоксикантів з вод різного складу. Шаруваті подвійні гідроксиди (ШПГ) та гексаціаноферати перехідних металів являють собою класи сполук, які заслуговують особливої уваги у вирішенні даної проблеми. Однак дослідженню поліфункціональності вказаних сорбентів щодо вилучення радіонуклідів та інших неорганічних екотоксикантів катіонної та аніонної природи з водних середовищ приділяється недостатньо уваги. Тому дисертаційна робота Пузирної Л.М., присвячена створенню наукових засад цілеспрямованого отримання екологічно безпечних поліфункціональних матеріалів на основі ШПГ, їх магнітних форм та магнітного калійцинкового гексаціаноферату з високоселективними властивостями та науковому обґрунтуванню умов їх використання для очищення водних середовищ від радіонуклідів та інших неорганічних екотоксикантів, є особливо важливою для екологічної безпеки.

Високий рівень актуальності роботи за формальними ознаками також підтверджується й наведеним у дисертації значним переліком державних та конкурсних програм, тем та проектів по вирішенню проблем радіаційного та хімічного забруднення.

**Короткий аналіз змісту роботи.** Дисертаційна робота Пузирної Л.М. містить: анотацію; список опублікованих робіт автора; зміст; перелік умовних позначень; вступ; шість розділів; висновки та список використаних джерел наукової літератури; два додатки.



У *вступі* автором дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації та відображено власний внесок автора.

У *першому розділі* розглянуто сучасні аспекти радіаційного та хімічного забруднення водних середовищ. Також обґрунтовано на підставі основних положень гіпотези аналогій Кузнецова В.І. регулювання цілеспрямованого синтезу високоефективних та селективних сорбційних матеріалів. Проведено критичний аналіз із застосування ШППГ та гексаціанофератів у сорбційних методах водоочищення.

У *другому розділі* обґрунтовано вибір основних об'єктів, наведено методики отримання поліфункціональних сорбентів, визначення їх хімічного складу та дослідження їх фізико-хімічних та сорбційних характеристик, а також описано методи аналітичного контролю вмісту неорганічних екотоксикантів.

*Третій розділ* присвячено узагальненню результатів дослідження сорбційних властивостей інтеркальованих неорганічними та органічними лігандами Zn,Al- та Mg,Al-ШППГ та їх магнітних композитів при вилученні катіонних та аніонних форм радіонуклідів і інших неорганічних екотоксикантів з вод різного хімічного складу.

У *розділі 4* розглянуто сорбційні властивості кальцинованих Zn,Al-, Mg,Fe- та Mg,Al-ШППГ для сорбційного очищення вод від катіонних та аніонних форм радіонуклідів і інших неорганічних екотоксикантів, хромат- та фосфат-аніонів.

Результати дослідження сорбційних властивостей магнітного калійцинкового гексаціаноферату (II) для сорбційного очищення вод від катіонних та аніонних форм радіонуклідів і інших неорганічних екотоксикантів наведені у *розділі 5*.

*Розділ 6* присвячений узагальненню результатів дослідження з сорбційного концентрування радіонуклідів, токсичних металів та фосфат-іонів з природних вод для їх подальшого аналітичного визначення.

Наукові положення, теоретичні узагальнення та висновки достатньо обґрунтовані.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 44 наукових праці, у тому числі 25 статей у наукових виданнях (22 – у фахових виданнях України (категорія «А») та іноземних держав, 3 – у інших наукових виданнях), з них 21 індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, а також 1 патент України на корисну модель та тези 18 доповідей у збірниках матеріалів конференцій. Наведений у публікаціях матеріал повністю відображає результати та наукові положення дисертації.

### Найбільш вагові наукові результати:

- запропоновано новий науково обґрунтований підхід до цілеспрямованого отримання поліфункціональних матеріалів, що містять у складі органічні та неорганічні ліганди з функціонально-аналітичними угрупованнями на основі ШППГ, їх магнітних композитів та магнітного калійцинкового гексаціаноферату з високоселективними властивостями для відновлення якості гідросфери шляхом очищення (доочищення) водних середовищ з різним солевмістом від широкого спектру екологічно небезпечних компонентів катіонної та аніонної природи: радіонуклідів – U(VI),  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , та інших неорганічних екотоксикантів – Cu(II), Co(II), Cd(II), Ni(II), Pb(II), Zn(II) та Mn(II), хромат- та фосфат-аніонів;

- показано можливість регулювання селективності поліфункціональних сорбентів до неорганічних екотоксикантів шляхом варіювання природи і співвідношення катіонів M(II)/M(III) бруситоподібних шарів та інтеркальованого ліганду, що спричиняє зміну розмірів міжшарового простору (збільшення відстані між бруситоподібними шарами) та заряду поверхні сорбентів. Також обґрунтовано вибір функціонально-аналітичних угруповань міжшарового ліганду ШППГ залежно від природи та форм існування екотоксикантів у водному середовищі, що дозволяє забезпечувати високу сорбційну здатність вказаних матеріалів щодо неорганічних екотоксикантів, а наявність магнітної складової – технологічність застосування в процесах водоочищення;

- показано, що сорбція радіонуклідів та важких металів, а також хромат- та фосфат-аніонів поліфункціональними сорбентами на основі ШППГ, інтеркальованих органічними та неорганічними лігандами, кальцинованих та магнітних форм, обумовлена комплексоутворенням з лігандами в міжшаровому просторі сорбентів та на їх поверхні з гідроксильними та феринольними групами, а також аніонним обміном, ізоморфним заміщенням та осадженням гідроксидів та гідроксокарбонатів металів;

- вилучення  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Cs}^+$ ) магнітним калійцинковим гексаціанофератом (II) відбувається переважно за рахунок іонообмінного характеру поглинання та електростатичної взаємодії катіону даного радіонукліду з негативно зарядженими центрами на поверхні магнітного поліфункціонального матеріалу; вилучення Cu(II), Co(II), Ni(II) та Cd(II) відбувається внаслідок їх комплексоутворення із  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ -аніонами у структурі поліфункціонального сорбенту та взаємодії з депротонованими поверхневими гідроксильними та феринольними групами вказаного поліфункціонального сорбенту.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі одержаних у даній дисертаційній роботі результатів запропоновано використання поліфункціональних

