

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

завідуючого науково-дослідною лабораторією аероекології
кафедри екології Національного авіаційного університету

Міністерства освіти і науки України

доктора фізико-математичних наук, професора

Ващенко Володимира Миколайовича

*на дисертаційну роботу Ярошенко Костянтина Костянтиновича
«Екологічна безпека процесів вилучення радіонуклідів з рідких
радіоактивних відходів природними та модифікованими сорбентами»
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі
спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.*

Актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє визначити, що ідея дисертаційної роботи полягає у припущенні, що застосування сорбційних методів вилучення радіонуклідів в комбінації з озонолітичною деструкцією органічних компонентів рідких радіоактивних відходів є перспективним для вирішення проблеми екологічно безпечного поводження з зазначеними відходами. Актуальною проблемою, що вирішена в роботі є створення наукових основ для розробки та впровадження нової, ефективної схеми дезактивації трапних вод атомних електростанцій з використанням методів сорбції та озонолізу, яка дозволяє зменшити об'єм таких відходів та перевести їх в стан, придатний до довгострокового зберігання і захоронення.

Актуальність теми дисертаційного дослідження у достатній мірі обґрунтована дисертантом в роботі та підтверджується тим, що виконана відповідно до «Стратегії поводження з радіоактивними відходами в Україні» від 19.08.2009 № 990-р, «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» від 18.08.2017 № 605, «Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року», Закону України «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII; і стратегічним напрямом Законів України «Про поводження з РАВ» та «Про основи національної безпеки України». Робота виконувалась відповідно до плану наукових досліджень відділу радіогеохімії Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» і

є складовою НДР за бюджетними темами: «Геохімія техногенних радіонуклідів та мікроелементів природно-антропогенних екосистем» (№ ДР 0106U000133, 2005 - 2010 рр.); «Геохімія радіонуклідів у природно-техногенних екосистемах» (№ ДР 0111U000206, 2011 - 2015 рр.); «Розробка наукових та технологічних засад створення бар'єрних матеріалів для захисту навколишнього природного середовища від впливу сховищ зберігання і захоронення РАВ» (№ ДР 0116U000161, 2016 - 2020 рр.) та договором «Розробка оптимальної методики іон-селективного вилучення радіонуклідів з РРВ» (№ К-10-60, 2010 р.), у яких здобувач брав участь як виконавець.

Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження паспорту спеціальності.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека у контексті формули спеціальності щодо пошуку та створення оптимальних форм управління екологічною безпекою, та за напрямком досліджень – обґрунтування наукових засад безпечного видобування, зберігання, технології переробки, транспортування, захоронення, знешкодження радіоактивних та інших шкідливих речовин (п. 6).

Ступінь обґрунтованості і достовірність основних наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечуються відповідністю поставлених завдань обраній методології, методикам досліджень і теоретичною послідовністю. Обґрунтованість основних результатів дослідження засвідчується публікаціями у наукометричних, вітчизняних та закордонних фахових виданнях, а також представленням їх на конференціях. Дослідження забезпечувалось відтворюваністю результатів експериментів, репрезентативною вибіркою експериментальних зразків, використанням класичних методів досліджень β-спектрометрії, атомно-адсорбційної спектроскопії, електронної мікроскопії, рентген-дифрактометрії та ін., а також шляхом порівняння теоретичних положень із результатами експериментальних досліджень.

Підтвердженням достовірності досліджень є також практичне впровадження їх результатів у вигляді актів впровадження.

Наукова новизна роботи. Основними з одержаних в роботі нових наукових результатів є такі:

✓ встановлено, що для найбільш ефективної деструкції органічних компонентів рідких радіоактивних відходів озоном необхідне постійне підтримування значень рН у сильно лужному діапазоні шляхом безперервного підлугування, а сам процес деструкції відбувається в два етапи: швидкий та повільний;

✓ визначено, що за всіма дослідженими параметрами (ступінь сорбції, швидкість встановлення сорбційної рівноваги, переважання міцно фіксованих форм сорбції – кислоторозчинної та залишкової) найефективнішим серед досліджених сорбентів щодо Sr, Co та Mn є Na-модифікований бентоніт Черкаського родовища при сорбції з модельних розчинів. Встановлено, що найбільш ефективним сорбентом щодо ^{137}Cs є лужно-модифікований цеоліт Сокирницького родовища;

✓ показано, що в умовах модельних розчинів із збільшенням ступеню сорбції досліджуваних радіонуклідів зростає відносна частка міцно фіксованих форм сорбції (кислоторозчинної та залишкової) і зменшується частка іонообмінної форми сорбції. Тобто найефективніші сорбенти міцніше фіксують радіонукліди. Визначено, що частка водорозчинної форми сорбції радіонуклідів усіма досліджуваними сорбентами є мінімальною;

✓ оцінено адекватність математичних моделей кінетики сорбції Cs, Sr, Co, Mn найефективнішими сорбентами за сукупністю параметрів адекватності та визначено, що найбільш адекватною та універсальною моделлю серед представлених є модель кінетики складних хімічних процесів;

✓ створено наукові основи для розробки нової, ефективної схеми дезактивації рідких радіоактивних відходів з використанням сорбційного методу вилучення радіонуклідів та озонолітичної деструкції органічних компонентів.

Оцінка висновків здобувача щодо значущості його праці для науки та практики. Одержані дисертантом результати безперечно мають важливе значення для науки, оскільки вони розширюють наукові знання відносно екологічно безпечного поводження з не упареними рідкими радіоактивними відходами атомних електростанцій, детального вивчення нових методів дезактивації зазначених відходів з використанням природних та модифікованих сорбентів, дослідження озонолітичної деструкції їх органічних компонентів.

Практичне значення і цінність дисертаційної роботи полягає у тому, що отримані дані можуть бути використані для розробки стратегії екологічної безпеки поводження з не упареними рідкими радіоактивними відходами атомних електростанцій, зменшення об'єму таких відходів, переведення їх в стан, придатний до екологічно безпечного довгострокового зберігання і захоронення. Удосконалено методики визначення активності техногенних і природних радіонуклідів у водних розчинах та твердих пробах за допомогою β -спектрометра; систему радіаційно-екологічної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у ДП «Бар'єр» (акт впровадження від 12.09.2012 р.); на Смолінській шахті ДП «Східний ГЗК» (4 акти впровадження від 01.09.2017 р. та 16.07.2018 р.); на Новокостянтинівській шахті ДП «Східний ГЗК» (3 акти впровадження від 21.09.2017 р. та 16.07.2018 р.); на Сафонівському урановому родовищі, ТОВ «Атомні енергетичні системи України» (3 акти впровадження від 14.02.2018 р., 15.03.2018 р., 14.02.2019 р.).

Оцінка змісту дисертації (по розділах), її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

Щодо завершеності дисертації в цілому, то слід зауважити, що дисертація – це завершена наукова робота, яка складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Матеріали дисертації викладено на 149 сторінках друкованого тексту. Список використаних джерел містить 151 найменування.

У **Вступі** обґрунтовано тему дисертації, її мету та основні задачі для вирішення, стисло охарактеризовано фактичний матеріал та методи досліджень, показано її наукову новизну і практичну значимість, наведено інформацію про практичне впровадження результатів роботи та її наукову апробацію.

Перший розділ присвячено огляду й аналізу наукової літератури та стан розвитку досліджень проблем екологічної безпеки поводження з рідкими радіоактивними відходами та обґрунтовано необхідність вилучення радіонуклідів сорбційним методом. У розділі наведено інформацію про походження та характеристику зазначених відходів, класифікацію рідких відходів за ознаками, на основі яких у подальшому обирають технологію їх дезактивації. Наведено огляд та аналіз існуючих методів дезактивації цих відходів.

У другому розділі роботи запропоновано методологічну схему дисертаційних досліджень, проведено системний аналіз та розглянуто комплекс методів та методик для проведення досліджень з метою вирішення поставлених у роботі завдань. У розділі наведено методи та методики для проведення експериментальних досліджень, склад модельного розчину не упарених рідких радіоактивних відходів, перелік досліджених природних та модифікованих сорбентів, опис лабораторної модифікації цеолітів.

Третій розділ присвячено результатам експериментального дослідження процесу деструкції озonom органічних комплексоутворювачів (етилендіамінтетраацетату натрію (Na-EDTA), щавлевої кислоти, поверхнево-активних речовин), а також їх деструкцію в складі модельного розчину не упарених рідких радіоактивних відходів. При дослідженні деструкції окремих органічних складових таких відходів використовували 0,01N розчини EDTA та щавлевої кислоти. Встановлено, що під час деструкції органічних речовин озonom відбувається зниження величини рН розчину, що в результаті знижує ефективність процесу, тому для досягнення найвищої ефективності необхідним є підтримання величини рН у сильно лужному діапазоні шляхом постійного підлугування. Визначено, що процес деструкції озonom органічних компонентів модельного розчину відбувається в два етапи – швидкий та повільний.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень екологічної безпеки процесу сорбції радіонуклідів з модельного розчину не упарених рідких радіоактивних відходів природними та модифікованими сорбентами: цеолітами, бентонітами, палигорськітом та визначено форми їх знаходження. Дослідження проводили у статичних умовах з використанням модельного розчину. Проведено лабораторну кислотну та лужну модифікацію цеоліту Сокирницького родовища. Досліджено кінетику сорбції радіонуклідів природним та лужно-модифікованим цеолітами в динамічних умовах. Досліджено сорбцію радіонуклідів Na-модифікованим бентонітом та лужно-модифікованим цеолітом з модельного розчину, що містив органічні компоненти та попередньо пройшов обробку озonom.

Експериментально підтверджено, що найбільш ефективним сорбентом щодо Co, Mn та Sr серед представлених зразків є Na-модифікований бентоніт, а Cs – лужно-модифікований цеоліт. При чому, для цих сорбентів характерна найбільш міцна фіксація радіонуклідів та найменший час встановлення сорбційної рівноваги. Тобто, промислова модифікація бентонітів содою та лабораторна модифікація цеолітів лугом суттєво

підвищує ступінь сорбції та міцність фіксації досліджених радіонуклідів у порівнянні з їх природними кальцієвими формами.

У п'ятому розділі наведено математичне моделювання кінетики сорбції радіонуклідів експериментально визначеними найефективнішими сорбентами – модифікованим содою бентонітом Черкаського родовища та лужно-модифікованим цеолітом Сокирницького родовища, оцінено адекватність використання хімічних і дифузійних моделей. Обрано модель кінетики складних хімічних процесів, як найбільш адекватну та універсальну серед розглянутих.

На основі результатів роботи запропоновано, обґрунтовано та наведено концептуальну технологічну блок-схему екологічно безпечної дезактивації не упарених рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій з використанням в її основі описаних в попередніх розділах методів.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко. Вони впливають зі змісту роботи, відповідають головній меті та завданням дисертаційної роботи.

У цілому, дисертаційна робота *Ярошенко Костянтина Костянтиновича «Екологічна безпека процесів вилучення радіонуклідів з рідких радіоактивних відходів природними та модифікованими сорбентами»*, в якій наведено вирішення актуальної наукової проблеми розробки наукових основ нових, ефективних та екологічно безпечних методів дезактивації не упарених рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, вирішення якої дає можливість скоротити об'єм зазначених відходів та перевести їх у стан, придатний до довгострокового зберігання і захоронення.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих наукових працях.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 17 наукових робіт у вітчизняних, наукометричних та закордонних виданнях, серед них 9 статей у фахових виданнях з переліку МОН України, 1 стаття – у виданні, що індексуються міжнародною наукометричною базою даних SCOPUS, 7 статей та тез доповідей у збірниках науково-практичних конференцій.

Дисертаційна робота написана ясною та зрозумілою для фахівців в галузі екологічної безпеки мовою. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Стиль, мова, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам до кандидатських дисертацій та демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням та матеріалам дисертаційної роботи.

Загальні зауваження до дисертаційної роботи

1. У розділі 2 потрібно було б надати перелік обладнання, яке використане для визначення активності радіонуклідів, концентрації катіонів, рН розчинів, що характеризує експериментальні дослідження.

2. У розділі 3 концентрації Na-EDTA та щавлевої кислоти вказані у нормальностях (0,01N), хоча в решті роботи використовується молярність або концентрація у масі на об'єм. Так само в роботі використовуються значення об'єму у мілілітрах та у кубічних сантиметрах одночасно. Варто було б привести ці одиниці до стандартних.

3. У розділі 4 викладено дослідження кінетики сорбції радіонуклідів дев'ятьма сорбентами, проте у підрозділі 4.2 наведено знімки електронного мікроскопа, рентген-дифрактограми, дериватограми та інфра-червоні спектрограми лише шести сорбентів.

4. Розділ 4 перевантажений матеріалом, його розмір значно більший за розмір аналогічних розділів 3 та 5, що вносить певний дисбаланс у роботу.

5. У розділі 5 доцільно було б привести блок-схему, за якою визначали адекватність математичних моделей за приведеними в таблиці 5.2 параметрами та роль кожного параметра в цій оцінці.

6. В дисертаційній роботі мають місце граматичні помилки, описки, неправильно розставлена пунктуація.

Вказані зауваження не принижують наукового рівня роботи.

Загальні висновки опонента.

Дисертаційна робота *Ярошенко Костянтина Костянтиновича «Екологічна безпека процесів вилучення радіонуклідів з рідких радіоактивних відходів природними та модифікованими сорбентами»*, є завершеною науковою працею, що в сукупності вирішує актуальну

наукову проблему в галузі екологічної безпеки – розробки наукових основ нових, ефективних та екологічно безпечних методів дезактивації не упарених рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, вирішення якої дає можливість скоротити об'єм зазначених відходів та перевести їх у стан, придатний до довгострокового зберігання і захоронення. Не зважаючи на зазначені недоліки та зауваження, які суттєвим чином не принижують цінність та високий науковий рівень роботи в цілому, дисертація повністю відповідає формулі та паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека та вимогам до пп.9,10,12-14 положення «Про порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 576 із змінами, має беззаперечну наукову новизну та практичну цінність і може бути використана у багатьох галузях народного господарства, науки і освіти, зокрема у екології та екологічній безпеці суб'єктів господарювання регіонального рівня, а її автор **Ярошенко Костянтин Костянтинович** заслуговує присудження ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент,

завідуючий науково-дослідною
лабораторією агроекології кафедри екології
Національного авіаційного Університету
доктор фіз.-мат. наук за спеціальністю
01.04.01 – фізика приладів, елементів, систем



V.M. Vashenko

Підпис Вашенко В.М. засвідчую:



Vashenko V.M.
свідчую
начальник сектору
фізико-математичного факультету
національного авіаційного університету
А.М. Меньшій

*Відгук опінії по
опонента з.ф.-м. н. Вашенко В.М.
надійшов до секретаря Д 26 850 21.
10.02.21.*

*Голове секретаря: *А.М. Меньшій*
Ермолов В.М.*

