

УДК 54+66]:005.334(06)

ISBN 978-966-695-653-1

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО**

**ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**ALGOL CHEMICALS SIA, RIGA, LATVIA**

**EMO FRITE COMPANY, CELJE, SLOVENIA**

**CM.PROJECT.ING GmbH, GERMANY**

**GOLDEN TILE CERAMIC GROUP**

**ПрАТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»**

**МАТЕРІАЛИ**

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«Актуальні питання хімії та інтегрованих  
технологій в умовах кризових ситуацій та  
сучасних викликів»**

*14–16 квітня 2026 р.*

**Харків – 2026**

УДК 54+66]:005.334(06)

A43

**Редакційна колегія:**

**Христич О. В.** – канд. техн. наук, доцент, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

**Скрипинець А. В.** – канд. техн. наук, доцент, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

**Смирнова Ю. О.** – канд. техн. наук, старша викладачка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

*Рекомендовано до видання Вченою радою Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова,  
протокол № 10 від 5 червня 2026 р.*

A43 **Актуальні** питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Algol Chemicals SIA (Riga, Latvia), EMO Frite Company (Celje, Slovenia) [та ін.] ; [редкол. : О. В. Христич, А. В. Скрипинець, Ю. О. Смирнова]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 266 с.

ISBN 978-966-695-653-1

У збірнику надані матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів», що відбулася 14–16 квітня 2026 року в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова. Збірник може становити інтерес для наукових співробітників, аспірантів та студентів, які займаються дослідженнями у області хімічної технології та інженерії, матеріалознавства та нанотехнологій, тенденціями розвитку та вдосконалення виробництв хімічної галузі, питаннями екологічного моніторингу, нафтогазової, вугільної промисловості, корозії та захисту матеріалів, сучасними тенденціями розвитку освіти за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

УДК 54+66]:005.334(06)

© Колектив авторів, 2026

© Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2026

ISBN 978-966-695-653-1

## КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ РАДІАЦІЙНИХ ВОД ПІСЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

**Соколов Андрій Олексійович**,

здобувач освіти першого (бакалаврського) рівня;

**Кустов Максим Володимирович**,

доктор технічних наук, професор, начальник лабораторії РХБЗ

Національний університет цивільного захисту України

*sokolov.andrii 2024b@nuczu.edu.ua*

Унаслідок широкомасштабних руйнувань транспортної інфраструктури України, спричинених військовою агресією, актуалізувалося питання екологічної та техногенної безпеки на ділянках автомобільних шляхів, залізничних вузлів та промислових площадок. Відновлення таких об'єктів супроводжується проведенням робіт із деконтамінації – процесу очищення територій, конструкцій і техніки від небезпечних забруднювальних речовин, унаслідок яких утворюється значний обсяг забрудненої води. За даними ДСНС України, під час проведення деконтамінаційних заходів, спрямованих на очищення техніки, технологічного обладнання, інженерних конструкцій та засобів індивідуального захисту персоналу, утворюється від 20 до 120 м<sup>3</sup> деконтамінаційної води щодоби. Неконтрольоване потрапляння такої води у ґрунт або водойми може призвести до вторинного забруднення довкілля та тривалого токсичного впливу.

Метою роботи є розробка процедури очищення радіаційнозабруднених вод, що утворюються під час проведення деконтамінаційних робіт після ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Радіаційна вода є багатокомпонентним та високонебезпечним середовищем, у якому поєднуються радіаційні, хімічні, органічні та фізичні фактори небезпеки. Вона належить до активних рідких радіоактивних відходів, безпосереднє скидання яких у довкілля є неприпустимим [1]. Основними небезпечними компонентами є радіонукліди: Цезій-137 (<sup>137</sup>Cs), Стронцій-90 (<sup>90</sup>Sr) та Тритій (<sup>3</sup>H). Саме ці радіонукліди є типовими продуктами поділу і часто зустрічаються у рідких радіоактивних відходах [1]. Додаткове екологічне навантаження створюють важкі метали (свинець, кадмій, цинк) і нафтопродукти, що надходять із поверхонь аварійно-рятувальної техніки, захисних споруд та захисного одягу [2].

Фізико-хімічна різномірність таких вод унеможлиблює застосування одного універсального методу очищення. Коагуляція та флокуляція ефективно видаляють завислі частинки, однак малоефективні щодо розчинених іонних форм. Сорбційні методи забезпечують вилучення радіонуклідів, проте їх

ефективність знижується за високої мутності води. У зв'язку з цим актуальним є застосування комбінованих багатоступневих технологій очищення [1].

На основі аналізу світового досвіду ліквідації техногенних аварій запропоновано технологічну схему очищення радіаційної води, що включає послідовні етапи: коагуляцію з флокуляцією, сорбційне очищення та хімічне осадження [2].

Загальну послідовність технологічного процесу очищення радіаційної води представлено на рисунку 1.

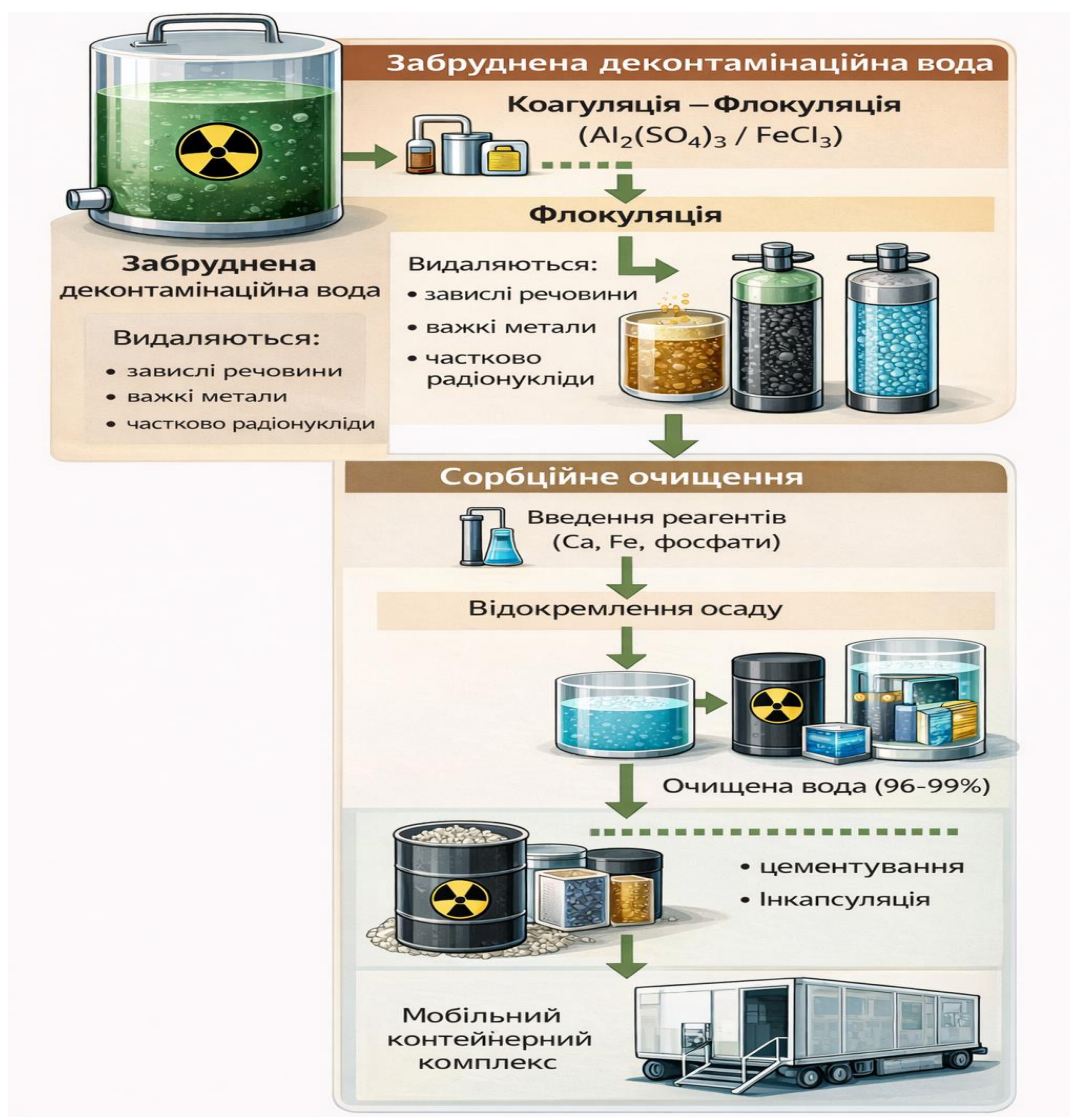
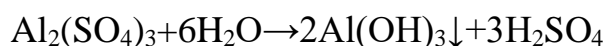


Рисунок 1 – Схема комбінованого методу очищення радіаційної води

На першому етапі здійснюється коагуляційно-флокуляційна обробка шляхом введення коагулянтів (сульфату алюмінію або хлориду заліза), що забезпечує нейтралізацію заряду колоїдних частинок та утворення агрегатів [2]. Зокрема, у водному середовищі сульфат алюмінію гідролізує з утворенням гідроксиду алюмінію, який формує флокули коагулянту:



Додавання полімерних флокулянтів сприяє формуванню флокулів, на поверхні яких концентруються іони важких металів і радіонукліди [2]. Це забезпечує зниження каламутності води та її підготовку до подальшого очищення.

Освітлена вода надходить на другий етап – сорбційне очищення, метою якого є вилучення розчинених радіонуклідів, органічних забруднюючих речовин і нафтопродуктів. Процес реалізується із застосуванням колон, заповнених активованим вугіллям, цеолітами та іонообмінними смолами [1]. Найбільш ефективним є поєднання динамічних і статичних сорбційних систем.

Завершальною стадією є хімічне осадження та іммобілізація залишкових радіонуклідів шляхом введення реагентів на основі кальцію, заліза або фосфатів. Передбачається, що такі реагенти сприяють переведенню радіонуклідів у малорозчинні сполуки, однак ефективність цього процесу може змінюватися залежно від складу води та умов його реалізації. Утворений осад піддається цементуванню або інкапсуляції у полімер-мінеральні матриці, що має забезпечити його стабілізацію та зменшення ризику вторинного вилуговування радіонуклідів [1]. Водночас довготривала надійність такої ізоляції потребує додаткового підтвердження.

Таблиця 1. Показники ефективності запропонованої процедури очищення деконтамінаційних вод.

Показник	До очищення	Після очищення
Каламутність води	Висока	Низька
Вміст завислих речовин	150–300 мг/л	< 10 мг/л
Концентрація важких металів	1,0–5,0 мг/л	< 0,1 мг/л
Вміст Cs-137	Високий рівень забруднення	Зниження на 96–99 %
Вміст Sr-90	Високий рівень забруднення	Зниження на 95–98 %
Органічні забруднюючі речовини	Присутні	Слідові концентрації
Нафтопродукти	2–10 мг/л	< 0,05 мг/л
Відповідність ДСанПіН	Не відповідає	Відповідає нормам [4]

Ефективність запропонованої процедури очищення радіаційної води, показники якої визначаються на основі аналізу проб води відповідно до рекомендацій щодо відбору та дослідження стічних вод [3], наведено в таблиці 1. Отримані результати дозволяють попередньо оцінити ступінь зниження концентрацій радіонуклідів, проте їх репрезентативність та відтворюваність потребують подальшої перевірки.

Окрему увагу приділено адаптації технології до умов воєнного стану. Запропоновано використання мобільних контейнерних установок, здатних до швидкого розгортання в польових умовах та роботи при обмеженому енергозабезпеченні.

Запропонована технологія комбінованого очищення, що поєднує коагуляцію, сорбцію та хімічне осадження, може забезпечити ефективне очищення радіаційної води. Перевірка ефективності та працездатності запропонованої схеми потребує додаткових експериментальних досліджень. Її застосування дозволяє знизити екологічні ризики, мінімізувати утворення вторинних відходів та забезпечити відповідність очищеної води нормативним вимогам ДСанПіН [4]. Технологія може бути придатна для використання мобільними підрозділами ДСНС України під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

#### **Список використаних джерел**

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). *Treatment of Liquid Radioactive Waste*. Vienna : IAEA, 2018. P. 23–41, 67–75.
2. Запольський А. К. *Водопостачання, водовідведення та якість води*. Київ : Вища школа, 2005. С. 210–235, 356–380.
3. ISO 5667-10:2020. *Water quality – sampling – Part 10: guidance on sampling of waste water*. ISO, 2020. P. 6–14.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010. Київ, 2010. С. 12–18, 25–30.